

**RELATÓRIO DE ATIVIDADES**  
**DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA**



**Rede Integrada de Monitoramento das  
Águas Subterrâneas - RIMAS**

---

**Serviço Geológico do Brasil - CPRM**  
**Dezembro 2021**

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
**DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT**  
**DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA**

# **Relatório de Atividades**

## **Departamento de Hidrologia**

---

### **Rede Integrada de Monitoramento das** **Águas Subterrâneas**

### **RIMAS**

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

Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021

---

#### **REALIZAÇÃO**

Divisão de Hidrologia Exploratória

#### **AUTORES**

Daniele Tokunaga Genaro

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Pedro Paulo Dias Mesquita

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Marcio José Remédio

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

## **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

### **Chefe do Departamento de Hidrologia**

Frederico Claudio Peixinho

### **Chefe da Divisão de Hidrologia Exploratória**

João Alberto Diniz

## **EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO**

Josias Barbosa de Lima

Ricardo Villafan

Bianka Pereira Andrade

Bruno Roberto Flores da Cunha

Marcello Siqueira Carvas

Rafael Neves da Silveira

Sandro Braga Maia

**PROJETO REDE DE INTEGRADA DE  
MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - RIMAS**

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

**REALIZAÇÃO**

Divisão de Hidrologia Exploratória

**AUTORES**

Daniele Tokunaga Genaro

**FOTOS DA CAPA:** Poços de monitoramento pertencentes a rede RIMAS e página de abertura da página web do SGB/CPRM da RIMAS.

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G324r Genaro, Daniele Tokunaga.  
Relatório de atividades Departamento de Hidrologia [recurso eletrônico] : Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas : RIMAS / Daniele Tokunaga Genaro. – Rio de Janeiro : CPRM, 2021.  
1 recurso online (PDF) : il. color. (Relatório de Atividades, 1)  
  
Área: recursos hídricos subterrâneos. Subárea: levantamento de recursos hídricos subterrâneos  
ISBN 978-65-5664-201-7  
  
1. Hidrologia. 2. Aquíferos. 3. Rede de monitoramento. I. Título.  
  
CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Gabriela Vieira Leitão CRB 1/1995

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - CPRM  
www.cprm.gov.br  
seus@cprm.gov.br

## APRESENTAÇÃO

---

O Serviço Geológico do Brasil-CPRM (SGB), em consonância com suas atribuições estabelecidas na Lei nº 8.970 de 28/12/1994 e diante da necessidade de ampliação do conhecimento hidrogeológico para os principais aquíferos do país coordena e operando a rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas.

Os resultados do monitoramento permanente e contínuo irão propiciar a médio e longo prazos, a identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos, a estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo, dentre outras informações.

A concepção e definição dos principais elementos estruturadores, a seleção dos locais adequados ao monitoramento bem como a escolha dos equipamentos apropriados de medição foram criteriosamente estabelecidos mediante amplas discussões envolvendo técnicos experientes do SGB e consultores externos provenientes de universidades, órgãos ambientais e companhias de saneamento. Foram feitas também apresentações em fóruns diversos envolvendo a comunidade técnico-científica ligada aos recursos hídricos e ao meio ambiente.

A rede de monitoramento proposta é de natureza fundamentalmente quantitativa, ou seja, tem o propósito de registrar as variações de nível d'água (NA). Instrumentos que permitem o registro automático do NA foram e continuam sendo instalados nos poços de observação e periodicamente é feita a coleta dos dados armazenados, os quais, posteriormente, são submetidos aos processos de consistência e tratamento e posterior disponibilização para consulta e download.

Entretanto, ainda que a rede não tenha como objetivo específico a avaliação qualitativa da água subterrânea, foi concebido um sistema de alerta e controle de qualidade com medições anuais da condutividade elétrica, pH, potencial de oxirredução além de atender parcialmente aos parâmetros mínimos fixados pela resolução CONAMA Nº 396 para o monitoramento. Na instalação do poço de observação e a cada cinco anos, ou ainda em casos em que se verifique, a partir dos parâmetros indicadores, variação significativa na química da água, serão feitas coletas para análises físico-químicas completas (relação mínima de 43 parâmetros inorgânicos) com inclusão de orgânicos voláteis e semivoláteis conforme as condições de uso e ocupação dos terrenos nas imediações da estação.

Considerando a grande variedade hidrogeológica do país, associada às significativas diferenças sociais e econômicas que se traduzem em demandas distintas por água tanto em natureza quanto em volume, tornou-se necessário estabelecer critérios de priorização de aquíferos a serem monitorados: 1) Aquíferos sedimentares; 2) Importância socioeconômica da água; 3) Uso da água para abastecimento público; 4) Aspectos de vulnerabilidade natural e riscos; 5) Representatividade espacial do aquífero; e 6) Existência de poços para monitoramento.

Utilizando-se desses critérios, e assimilando demandas específicas surgidas a partir da interação com órgãos gestores, foram selecionados para o programa de implantação da rede de monitoramento os seguintes aquíferos: Açu, Alter do Chão, Areado, Barreiras, Bauru-Caiuá, Beberibe, Boa Vista, Cabeças, Coberturas Cenozoicas, Costeiro, Furnas, Grajau, Guarani, Içá, Itapecuru, Litorâneo, Mauriti, Missão Velha, Parecis Indiviso, Parecis-Rio Ávila, Parecis-Ronuro Pirabas, Poti-Piauí, Prosperança, Ronuro, Salto das Nuvens, Serra do Tucano, Serra Grande, Solimões, Tacaratu, Trombetas, Tucunaré e Urucuia. Como a rede de monitoramento visa também atender a projetos de investigações hidrogeológica e hidrológica desenvolvidos pela CPRM, foram incluídos os aquíferos Areado, Fissurados e de Coberturas Cenozoicas no Estado de Minas Gerais. Ressalta-se que outros aquíferos serão gradativamente contemplados à medida que se promove o avanço do programa de monitoramento.

O programa da rede de monitoramento é composto de poços existentes (cedidos) e poços construídos de modo que a distribuição e densidade sejam suficientes para obtenção de valores representativos das condições hidrogeológicas e reflitam a intensidade do uso da água, as formas de ocupação do solo, a densidade demográfica e a extensão regional do aquífero.

O SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, mantido pela CPRM e criado para dar suporte ao gerenciamento de águas subterrâneas, está sendo adotado como o sistema para consistência e armazenamento dos dados contínuos que são gerados no monitoramento. Para que o SIAGAS cumprisse efetivamente esse papel foram efetuadas modificações em sua estrutura e elaborados os formatos de apresentação dos dados na web.

Os aspectos que se sobressaem na estrutura projetada para a rede de monitoramento são:

I - A preocupação de se implantar uma rede que permita a gestão integrada dos recursos hídricos de tal modo que os poços estão sendo construídos preferencialmente junto às estações da rede hidrometeorológica nacional e na ausência destas estações pluviométricas estão sendo instaladas. Muitos são os benefícios de se realizar o monitoramento integrado, podendo-se citar: cálculo do balanço hídrico com base em parâmetros mais consistentes; Estimativas de

recarga, porosidade eficaz e reservas renováveis para os aquíferos; Avaliação do tempo de residência das águas subterrâneas, partir das respostas do nível d'água e das vazões dos cursos d'água com referência a um evento de recarga, Determinação da relação dos cursos d'água e o fluxo subterrâneo (rios efluentes e influentes);

II - A não sobreposição da atribuição dos estados quanto à implantação e definição de sua própria rede de monitoramento em atendimento aos planos regionais de gestão, às políticas regionais e estratégias de proteção e conservação. Portanto, a rede possui um caráter complementar, podendo assimilar demandas regionais desde que atendam às diretrizes determinadas para a rede de âmbito nacional;

III - A cooperação com os órgãos gestores estaduais e companhias de saneamento possibilitando troca de experiências e informações, auxílio no planejamento da rede, assimilação de demandas estaduais, otimização dos recursos técnicos, financeiros e humanos, padronização de métodos de coleta e armazenamento e tratamento de dados e obtenção de poços passíveis de serem incorporados à rede.

O projeto, de caráter permanente, foi iniciado em 2009 e é mantido através de recursos institucionais. A RIMAS, atualmente, conta com dados de monitoramento de aproximadamente 400 poços (entre perfurados e cedidos) distribuídos pelo território nacional.

## RESUMO

---

A Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) faz o acompanhamento sistemático dos níveis d'água em diversos poços dedicados a esta finalidade, também faz um apoio na identificação de alterações qualitativas periódicas nos mesmos pontos de monitoramento. Mesmo sofrendo um grande impacto pelas dificuldades impostas pela Pandemia da COVID-19 vários dados armazenados em equipamentos automáticos foram recuperados e desta forma serão apresentados neste relatório, assim como uma compilação dos dados das séries históricas.

As informações aqui expostas se referem única e exclusivamente do período compreendido pelo monitoramento da RIMAS, da mesma forma não foram analisados os agentes (naturais ou antrópicos) que interferiram nos dados, tem, portanto, um caráter mais expositivo.

Destaque nesse relatório é o grande evento de estiagem para a qual foi declarada situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos até 30 de novembro de 2021, resolução ANA Nº 77 de 01 de junho de 2021, que impactaram também os recursos hídricos subterrâneos, sendo percebido no rebaixamento dos níveis d'água a patamares ainda não registrados na série no âmbito da RIMAS, principalmente nos aquíferos do centro oeste e sudeste.

Quanto a região nordeste, bastante carente de recursos hídricos superficiais (perenes) vem demonstrando que apesar de momentos de estabilidade dos níveis d'água os constantes períodos de rebaixamento, não são recuperados através das recargas, sendo importante o monitoramento contínuo, pois esse efeito traz consequências/impactos financeiros (custos mais elevados para perfuração de poços mais profundos), sociais (o desenvolvimento depende da disponibilidade hídrica) e ambientais (danos decorrentes da redução das águas como salinização, erosões, abatimento de solo etc.) a toda região.

Cabe novamente a ressalva de que a RIMAS monitora prioritariamente aquíferos livres (área de recarga) através de poços rasos, portanto as áreas mais "sensíveis" as alterações.

Esse acompanhamento é extremamente importante para balizar as políticas públicas, seja para incentivar o uso das águas subterrâneas como alternativa para a deficiência hídrica, quanto para elaborar ações que visem a preservação e uso sustentável deste recurso.



## ABSTRACT

---

The Integrated Groundwater Monitoring Network (RIMAS) is a systematic monitoring of water level variation in several wells dedicated, as well as providing support in identifying qualitative changes in the same monitoring points. Even suffering a great impact by the difficulties imposed by the COVID-19 Pandemic, several data stored in automatic equipment (dataloggers) were retrieved and will thus be presented in this report, also a compilation of data from the historical series.

The information presented here refers solely and exclusively to the period covered by the RIMAS monitoring, in the same way, the agents (natural or anthropic) that interfered in the data were not analyzed, therefore, it has a more expository character.

Highlighted in this report is the great drought event for which a critical situation of quantitative scarcity of water resources was declared until November 30, 2021, ANA Resolution No. 77 of June 1, 2021, which also impacted groundwater resources, being noticed in the lowering of water levels to levels not yet registered in the series within the scope of RIMAS, mainly in the aquifers of the center-west and southeast.

As for the northeast region, which is quite lacking in surface (perennial) water resources, it has been demonstrating that despite moments of stability in water levels, the constant periods of lowering are not recovered through recharges, and continuous monitoring is important, as this effect brings financial consequences/impacts (higher costs for drilling deeper wells), social (development depends on water availability) and environmental (damages resulting from water reduction such as salinization, erosion, reduction of soil, etc.) to the entire region.

It is worth mentioning again that RIMAS primarily monitors free aquifers (recharge area) through shallow wells, therefore the most “sensitive” areas to changes.

This monitoring is extremely important to guide public policies, whether to encourage the use of groundwater as an alternative to water deficit, or to develop actions aimed at the preservation and sustainable use of this resource.

## SUMÁRIO

---

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. O MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO SGB .....	15
3. MONITORAMENTO QUANTITATIVO .....	16
3.1. AQUÍFERO ALTER DO CHÃO.....	17
3.2. AQUÍFERO BARREIRAS .....	19
3.3. AQUÍFERO BAURU-CAIUÁ.....	20
3.4. AQUÍFERO CABEÇAS .....	24
3.5. AQUÍFERO GUARANI.....	26
3.6. AQUÍFERO MISSÃO VELHA – RIO DA BATATEIRA .....	28
3.7. AQUÍFERO PARECIS.....	30
3.8. AQUÍFERO PIRABAS .....	31
3.9. AQUÍFERO URUCUIA.....	32
3.10. AQUÍFERO AÇU .....	37
4. MONITORAMENTO QUALITATIVO.....	38
5. CONCLUSÕES .....	42
6. REFERÊNCIAS .....	42

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Aquíferos brasileiros monitorados pela RIMAS.....	14
Figura 2 – Prancha das estações de monitoramento quantitativo. ....	17
Figura 3 – Alçamento dos níveis d’água registrados no monitoramento dos poços em Manaus. ....	18
Figura 4 – Amplitude dos níveis d’água registrados no aquífero Alter do Chão. Detalhe na região de Manaus. ....	19
Figura 5 – Amplitude dos níveis d’água nos pontos de monitoramento, no aquífero Bauru-Caiuá.....	22
Figura 6 – Exemplos da variabilidade de curvas de comportamento do nível d’água no aquífero Bauru-Caiuá. ....	23
Figura 7 - Sutil alteração da tendência de rebaixamento de alguns poços do aq. Cabeças.....	25
Figura 8 – Amplitude do N.A. nos poços do aquífero Cabeças. ....	25
Figura 9 – Amplitude nos N.A. nos poços nas áreas de recarga do aq. Guarani, ao longo de toda a série . ....	27
Figura 10 – Amplitude dos poços de monitoramento no Aquífero o Missão Velha, durante toda série histórica .....	29
Figura 11 – Amplitude dos poços monitorados no aquífero Parecis .....	31
Figura 12 - Diferença máxima entre os níveis monitorados, em cada poço de monitoramento .....	32
Figura 14 – Poços no Urucuia com níveis mais rasos, mostrando de 2017/2018 uma estabilidade ou pequenas ascendências dos níveis. ....	36
Figura 13 – Distribuição das amplitudes da variação dos níveis d’água no aquífero Urucuia.....	35
Figura 15 - Poços no Urucuia com níveis profundos, mostrando comportamento descendente de forma contínua. ....	36
Figura 16 - Amplitudes do N.A. no aq. Açú.....	38

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 – Número de poços por aquíferos .....	15
Tabela 2 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Alter do Chão ...	18
Tabela 3 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Barreiras .....	20
Tabela 4 – Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Bauru-Caiuá ....	21
Tabela 5 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Cabeças .....	24
Tabela 6 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Guarani .....	26
Tabela 7 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Missão Velha ...	29
Tabela 8 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Parecis.....	30
Tabela 9 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Pirabas .....	32
Tabela 10 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Urucuia .....	33
Tabela 11- Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Açú.....	37
Tabela 12 – Distribuição dos pH's ao longo dos anos de monitoramento .....	39
Tabela 13 – Distribuição das C.E. ao longo dos anos de monitoramento.....	41

## 1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea é o recurso de água doce mais abundante do planeta: fornece quase metade de toda a água potável em todo o mundo, cerca de 40% da água para a agricultura irrigada e cerca de um terço da água necessária para a indústria. Sustenta ecossistemas e mantém o fluxo de base dos rios, é um elemento de armazenamento crítico para a adaptação às mudanças climáticas, evita o afundamento da terra e a intrusão da água do mar. No entanto, os aquíferos (sendo invisíveis) são muitas vezes insuficientemente compreendidos e/ou mal geridos (INTERNATIONAL GROUNDWATER RESOURCES ASSESSMENT CENTRE, 2006).

A legislação brasileira, complementada por aquelas instituídas por muitos estados da Federação, é bastante abrangente contemplando os vários aspectos que envolvem o uso, conservação e gestão das águas, inclusive as subterrâneas. A questão que se sobressai dessa discussão é como tornar efetivos os diversos instrumentos previstos na legislação para proteção e gestão das águas subterrâneas.

A resposta está no conhecimento amplo a respeito dos aquíferos e seu comportamento e capacidade de sustentação frente aos múltiplos usos. Nesse contexto, o monitoramento tem papel fundamental constituindo-se em uma demanda de caráter nacional e regional previsto em vários instrumentos legais.

A Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) do Serviço Geológico do Brasil, vem realizando o monitoramento sistemático dos principais aquíferos brasileiros e tem acompanhado eventos climáticos importantes. Destaca-se os meses de janeiro a março de 2014, em grande parte do sudeste brasileiro, cujas chuvas foram bem abaixo da média histórica, indicando que durante o período seco do ano, nos meses de maio a setembro, foram registrados níveis e vazões mínimas recordes nos principais rios da região, caracterizando este período como de estiagem.

No atual ano hidrológico, 2020/2021, observa-se uma estiagem bastante severa na Região Hidrográfica do Paraná, para a qual foi declarada situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos até 30 de novembro de 2021, resolução ANA Nº 77 de 01 de junho de 2021. Esta estiagem, associada aos déficits dos anos anteriores, gerou problemas de armazenamento de energia no

subsistema Sudeste/Centro-Oeste que compõe o Sistema Interligado Nacional (SIN).(SACE - [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_secas\\_estiagens.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_secas_estiagens.php))

Com 409 poços de monitoramento, a RIMAS mantém em operação 395 estações automáticas de monitoramento, para medição e armazenamento das variações dos níveis d'água em poços dedicados, onde complementarmente são realizadas periodicamente análises químicas e físico-químicas das águas dos poços. Os dados deste monitoramento são disponibilizados na página do Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM, no seguinte endereço: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout>

Neste relatório são apresentadas sínteses dos dados e algumas compilações e interpretações sobre o panorama do acompanhamento realizado nos principais aquíferos brasileiros.

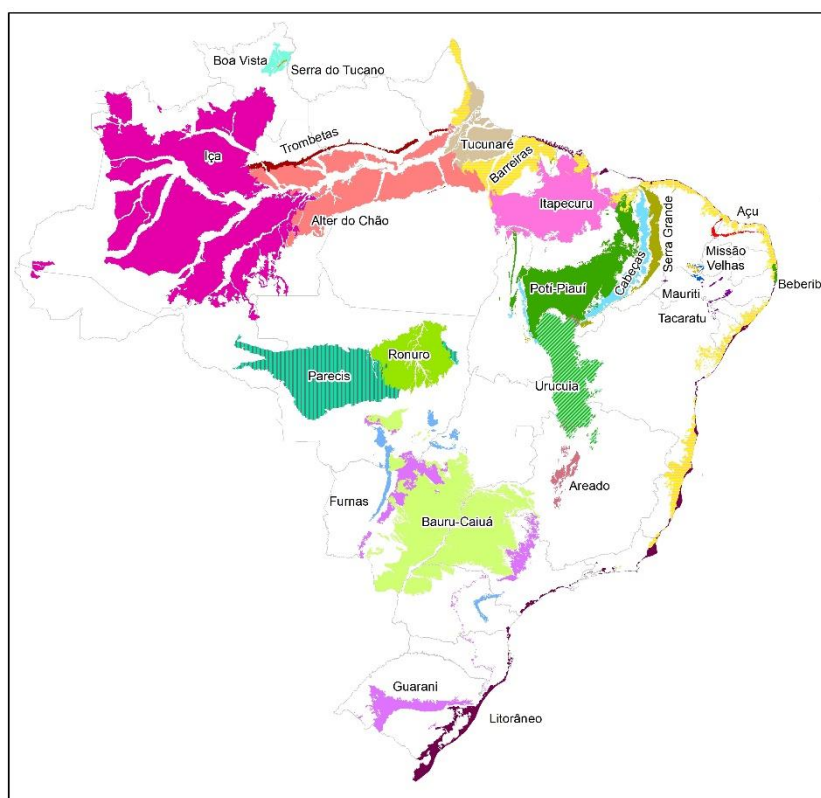


Figura 1 – Aquíferos brasileiros monitorados pela RIMAS.

Relatórios específicos sobre os anos de monitoramento em cada aquífero estão sendo preparados e em tempo serão disponibilizados e divulgados.

**Tabela 1 – Número de poços por aquíferos**

AQUÍFEROS MONITORADOS	Nº DE POÇOS
	ATIVOS
Aquífero Açú	9
Aquífero Alter do Chão	18
Aquífero Areado	3
Aquífero Barreiras	26
Aquífero Bauru-Caiuá	61
Aquífero Beberibe	7
Aquífero Boa Vista	6
Aquífero Cabeças	11
Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas	15
Aquífero Codó	1
Aquífero Furnas	4
Aquífero Grajaú	1
Aquífero Guarani	43
Aquífero Iça	8
Aquífero Itapecuru	3
Depósitos Litorâneos	24
Aquífero Missão Velha-Rio da Batateira	16
Aquífero Mauriti	4
Aquífero Parecis	19
Aquífero Pirabas	13
Aquífero Poti-Piauí	1
Aquífero Ronuro	2
Aquífero Serra do Tucano	3
Aquífero Serra Geral	3
Aquífero Serra Grande	8
Aquífero Tacaratu	9
Aquífero Trombetas	4
Aquífero Tucunaré	1
Aquífero Urucuia	80

Cabe ressaltar que os valores dos níveis d'água para os gráficos são em relação nível ao do terreno (0m) e as descontinuidades presentes nas curvas dos níveis d'água (N.A.) em alguns gráficos, são períodos onde houve falha no equipamento e conseqüentemente, ausência no registro dos dados. Atualmente não são realizados os preenchimentos de falhas, seja através de correlação com estações próximas, satélites, ou através de modelos matemáticos (inteligência computacional).

## 2. O MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO SGB

A operação e manutenção nas estações de monitoramento são realizadas preferencialmente com uma periodicidade quadrimestral (perfazendo três visitas

a cada estação por ano), por não se tratar de uma rede telemétrica, esse processo se faz necessário para obtenção dos dados de níveis d'água.

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), apesar de estar em um processo de modernização/atualização, ainda possui a atualização dos dados na plataforma de forma centralizada, 1 vez ao mês, ocasionando uma delonga na disponibilidade dos dados. Por esses motivos algumas estações apesar de “ativas” do ponto de vista da situação do monitoramento, não apresentam dados e informações recentes dos níveis d'água.

Quanto as análises qualitativas, por ainda se tratar de um ano afetado pelos efeitos da Pandemia de COVID-19, foram preteridas pelas atividades de acompanhamento quantitativo, mas simples e ágil, expondo menos as equipes do SGB em atividades de campo. Desta forma são apresentadas algumas comparações evolutivas do que já havia de disponível quanto aos parâmetros de alerta e atendimento das ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável).

### **3. MONITORAMENTO QUANTITATIVO**

Apesar de apresentarmos os dados de todos os pontos de monitoramento presentes na RIMAS, só iremos destacar e tecer comentários, neste momento, sobre os 9 aquíferos sedimentares com mais de 10 poços (Alter do Chão, Barreiras, Bauru-Caiuá, Cabeças, Guarani, Missão Velha-Rio da Batateira, Parecis, Pirabas e Urucuia). Em função da alta demanda hídrica também faremos um compilado dos dados do aquífero Açú.

São apresentadas algumas análises gerais do monitoramento, ou seja, de toda a série histórica, em cada ponto monitorado. Para tanto foram analisados a distribuição da rede, além do comportamento (rebaixamento, recuperação ou estabilidade), amplitude e a estatística básica (valores máximos, mínimos, média e mediana) dos níveis d'água registrados.

Utilizando os valores medianos diários calculados a partir dos registros horários, foram elaborados gráficos estatísticos das variações mensais, com o intuito de classificar o nível d'água para cada mês dentro de intervalos pré-determinados (acima = menor que o 1º quartil; normal = entre o 1º e o 3º quartil; abaixo = maior que o 3º quartil), com base nos valores observados ao longo do período de monitoramento, conforme pranchas em anexo e descrita na figura 2.



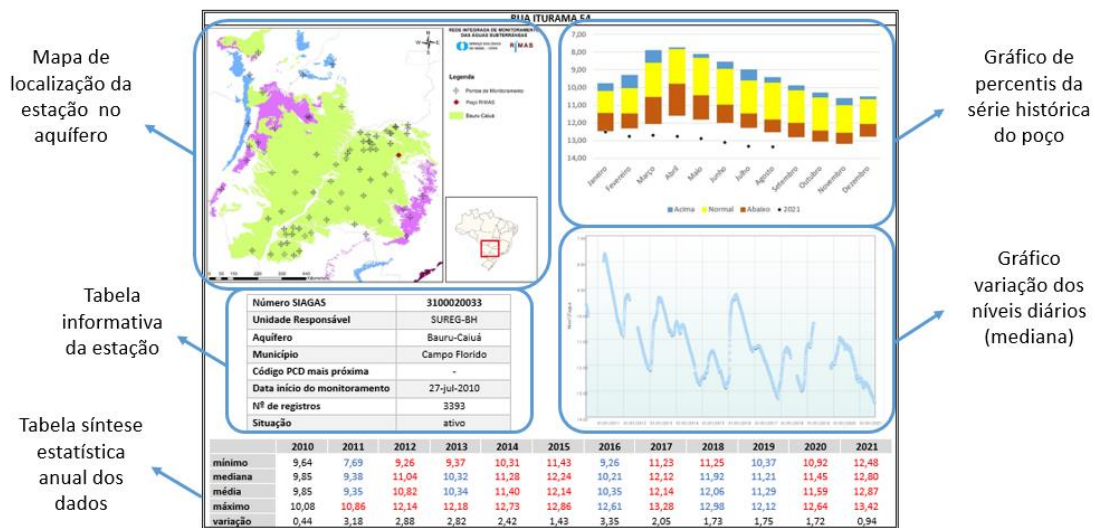


Figura 2 – Prancha das estações de monitoramento quantitativo.

As informações aqui expostas se referem única e exclusivamente do período compreendido pelo monitoramento da RIMAS, da mesma forma não foram analisados os agentes (naturais ou antrópicos) que interferiram nos dados, tem, portanto, um caráter mais expositivo.

### 3.1. AQUÍFERO ALTER DO CHÃO

O aquífero Alter do Chão ocorre na região norte do país, no Amazonas, Pará e Amapá. Constituído por unidades areno-argilosa e arenosa representam as variedades faciológicas de maior importância para o reservatório, correspondendo aos estratos de arenitos e siltitos da Formação Alter do Chão (AGUIAR, 2012). A sequência litológica da Formação Alter do Chão apresenta arenitos, argilitos, conglomerados subordinados e níveis de lateritas (TANCREDI, 1996).

A rede possui 18 estações de monitoramento, sendo que uma foi concluída no final de ano de 2021, dentro do âmbito do TED nº 02/2017/ANA e não possui nenhum dado do monitoramento.

Quanto a distribuição dos poços, estes se concentram na região metropolitana de Manaus/AM e em cidades que beiram o rio Amazonas no Estado do Pará. Isso se deve ao fato da dificuldade logística tanto para a perfuração dos poços quanto para a manutenção e operação a posteriori.

A amplitude dos níveis d'água registrados é bastante influenciada pela sazonalidade (períodos de cheias) dos grandes rios da região. Destaca-se que a cidade de Manaus vem diminuindo a exploração da água subterrânea para a finalidade do abastecimento e alguns poços registram um alçamento dos níveis em meados do ano de 2016.

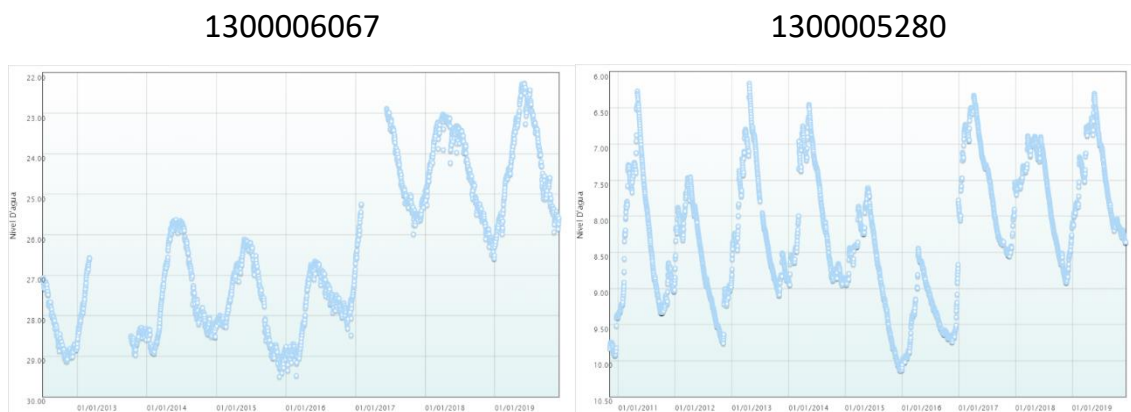


Figura 3 – Alçamento dos níveis d'água registrados no monitoramento dos poços em Manaus.

As maiores amplitudes foram registradas em Óbidos, Santarém e Oriximiná no Pará. Apesar de uma tendência leve de rebaixamento dos níveis nestes poços, não é essa linha de tendência (geral) a responsável pela amplitude e sim a sazonalidade, uma vez que a variação é recorrente ano a ano.

Tabela 2 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Alter do Chão

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
1300002939	030405	595547	AM	Manaus	01-mar-15	323	35,94
1300005280	030606	595939	AM	Manaus	09-nov-10	3274	3,98
1300006064	030422	600105	AM	Manaus	15-nov-12	1576	7,11
1300006065	030313	600441	AM	Manaus	05-jul-12	2403	5,31
1300006066	030804	595815	AM	Manaus	30-jul-12	2293	5,63
1300006067	030354	595822	AM	Manaus	05-jul-12	2354	7,25
1300009056	025732	600026	AM	Manaus	18-set-15	793	3,94
1300010341	030604	595846	AM	Manaus	11-out-17	603	2,24
1500002162	022746	544249	PA	Santarém	13-mar-13	2253	8,18
1500003919	020013	540503	PA	Monte Alegre	19-jun-13	2114	1,84
1500005310	022714	544444	PA	Santarém	30-nov-12	2385	14,08
1500005574	022621	544406	PA	Santarém	03-abr-12	2943	18,02
1500005602	015412	553031	PA	Óbidos	11-abr-12	3104	14,36
1500005605	014547	555154	PA	Oriximiná	22-nov-12	2194	15,34
1500005620	014745	532902	PA	Prainha	29-nov-12	2045	3,45
1500005621	013153	523500	PA	Almeirim	29-abr-12	2604	3,44
1500006851	015451	553101	PA	Óbidos	26-jun-14	2302	7,67

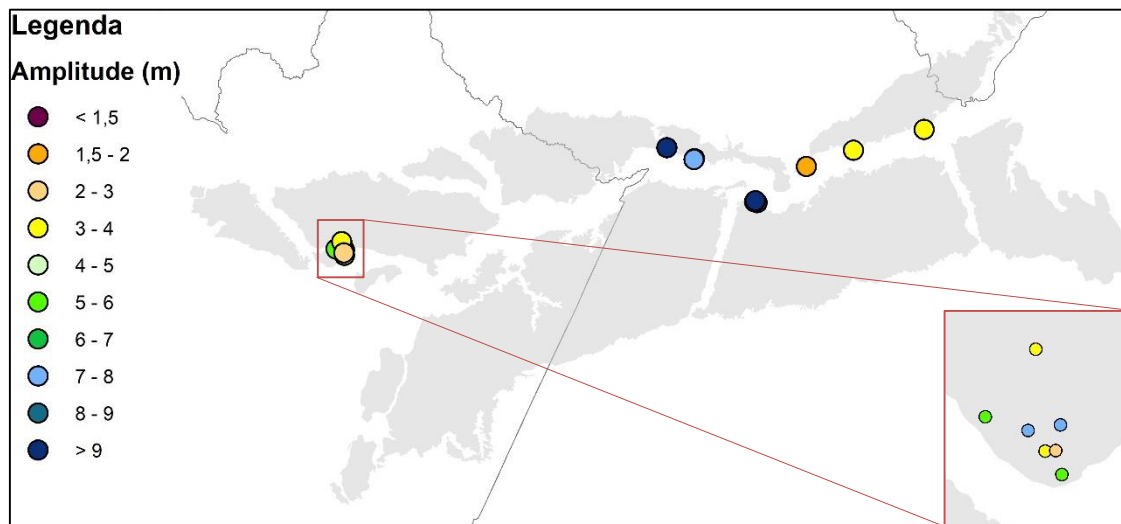


Figura 4 – Amplitude dos níveis d’água registrados no aquífero Alter do Chão. Detalhe na região de Manaus.

Infelizmente até a data de fechamento deste compilado de dados, não haviam sido consistidos e disponibilizados os dados do monitoramento do ano de 2021, nos poços do aquífero Alter do Chão, visando a comparação com os percentis obtidos através da variação dos níveis nos anos anteriores.

### 3.2. AQUÍFERO BARREIRAS

Ocorre em grande parte do litoral brasileiro, desde o Amapá até o norte do Rio de Janeiro. São sedimentos continentais costeiros de idade Terciária (Mioceno-Plioceno), que formam extensos tabuleiros, frequentemente cortados por falésias junto a linha de costa. Os principais constituintes litológicos são: arenitos maduros, arenitos conglomeráticos com intercalações de siltitos e folhelhos.

Os poços de monitoramento se concentram no Estado do Pará e no nordeste brasileiro, são geralmente poços provenientes de estudos locais, portanto estão bastante próximos localmente (em um único município), mas regionalmente distantes, o que não permite correlacionar diretamente os grupos de poços.

São ao todo 26 pontos de monitoramento, relacionados na tabela 3, sendo os poços de Maceió/AL e São Luís/MA pontos implantados recentemente (2019 e 2018 respectivamente).

Tabela 3 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Barreiras

<b>CÓDIGO SIAGAS</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>UF</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>DATA INÍCIO OPERAÇÃO</b>	<b>Nº AQUISIÇÕES</b>	<b>AMPLITUDE DOS N.A.</b>
1500002065	010931	482816	PA	Belém	18-mar-11	428	6,30
1500002079	012537	482721	PA	Belém	14-out-10	2780	10,48
1500004658	010729	482636	PA	Belém	24-mar-11	1489	4,19
1500005376	012538	482721	PA	Belém	26-jan-12	2163	2,63
1500005622	004418	475123	PA	Curuca	19-set-12	2162	2,03
1500005625	011813	482839	PA	Belém	25-jun-12	1441	1,63
1500005626	011845	482820	PA	Belém	27-jun-12	2458	6,98
1500005632	012604	482657	PA	Belém	02-ago-12	3110	4,05
1500005635	012544	475447	PA	Inhangapi	12-jul-12	3136	1,38
1500005722	005142	480824	PA	Vigia	23-ago-12	2361	1,65
1500005898	011758	475921	PA	Castanhal	10-out-12	2668	2,59
1500006765	004235	474153	PA	Marapanim	20-mar-14	1803	2,81
2200051370	023340	441457	MA	São Luís	27-ago-18	305	6,49
2200051371	023256	441137	MA	S. José Ribamar	27-ago-18	306	1,49
2600047468	051442	353252	RN	Touros	23-nov-11	2589	3,28
2600047469	051729	353507	RN	Touros	20-nov-11	2914	2,32
2600047470	051545	353054	RN	Touros	21-nov-11	2911	5,60
2600067137	093748	354436	AL	Maceió	04-jul-19	394	0,66
2600067138	093759	354433	AL	Maceió	04-jul-19	394	0,62
2600067139	093808	354429	AL	Maceió	04-jul-19	394	0,64
2600067140	093820	354441	AL	Maceió	04-jul-19	394	1,61
2600067141	093807	354447	AL	Maceió	04-jul-19	394	0,71
2600067142	093831	354430	AL	Maceió	04-jul-19	394	0,65

### 3.3. AQUÍFERO BAURU-CAIUÁ

O Sistema Aquífero Bauru-Caiuá está localizado na bacia do Paraná, entre os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, caracteriza-se por rochas constituídas, predominantemente, por sedimentos siliciclásticos continentais. Litologicamente apresenta uma sucessão de arenitos, arenitos argilosos, carbonatados ou não, siltitos, lamitos e argilitos, apresentando localmente conglomerados e camadas calcárias (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 1976).

Composta por uma rede com 61 estações de monitoramento (tabela 4), as variações dos níveis d'água tem comportamentos variados, por vezes apresentando um rebaixamento dos níveis d'água constantes, outras acompanhando as alterações climáticas de seca/estiagem seguida de recuperação e alguns pontos apresentam somente a variação sazonal.

**Tabela 4 – Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Bauru-Caiuá**

<b>CÓDIGO SIAGAS</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>UF</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>DATA INÍCIO OPERAÇÃO</b>	<b>Nº AQUISIÇÕES</b>	<b>AMPLITUDE DOS N.A.</b>
3100020033	194613	483443	MG	Campo Florido	27-jul-10	3393	5,73
3100020034	191803	485504	MG	Prata	16-jun-11	3216	4,62
3100020035	193318	503427	MG	Limeira do Oeste	28-jul-10	3646	6,77
3100020036	183935	481133	MG	Araguari	16-abr-11	3405	5,08
3100020037	183206	481150	MG	Araguari	18-out-11	3195	5,47
3100020038	184621	490421	MG	Canápolis	19-out-11	3113	5,42
3100020108	193214	493045	MG	Campina Verde	16-jun-11	3691	5,74
3100020109	193337	500057	MG	Campina Verde	20-out-11	3006	10,91
3100020110	191225	494658	MG	Gurinhata	20-abr-11	3104	6,14
3100020111	185954	492924	MG	Ituiutaba	15-jun-11	3043	8,79
3100020112	185210	485519	MG	Monte Alegre de Minas	15-jun-11	2474	4,57
3100020113	183719	484107	MG	Tupaciguara	19-abr-11	2818	5,70
3100020114	185332	481428	MG	Uberlândia	02-abr-12	2215	1,72
3100020235	191243	494735	MG	Gurinhata	11-jul-12	2908	5,25
3100020236	185251	485307	MG	Monte Alegre de Minas	21-abr-11	3112	3,76
3100020429	183624	484310	MG	Tupaciguara	06-abr-12	3338	5,45
3100020773	185554	495032	MG	Gurinhata	08-out-13	2187	3,41
3100020774	191223	500125	MG	Gurinhata	09-out-13	2207	6,12
3100020775	184951	500825	MG	Santa Vitória	11-out-13	1877	2,07
3100020776	194147	504029	MG	Carneirinho	02-out-13	2267	4,27
3100020777	195423	504322	MG	Carneirinho	02-out-13	2027	7,05
3100020778	193141	494423	MG	Campina Verde	10-out-13	2739	5,51
3100020779	191941	493841	MG	Ituiutaba	10-out-13	2495	4,35
3500026830	234933	531536	PR	Umuarama	29-nov-10	3937	9,11
3500026831	235004	534831	PR	Altônia	06-dez-10	3937	23,37
3500026832	230450	522512	PR	Paranavaí	04-dez-10	3663	6,23
3500026833	224707	531602	PR	Porto Rico	05-dez-10	3796	3,95
3500026834	234136	523829	PR	Cianorte	05-dez-10	3937	10,16
3500026835	225644	520928	PR	Paranacity	22-jul-11	3183	6,64
3500026836	222209	535509	MS	Ivinhema	01-dez-10	3702	4,93
3500026837	200842	510838	MS	Aparecida do Taboado	03-dez-10	3516	5,84
3500026840	234011	543354	MS	Iguatemi	01-dez-10	3701	3,38
3500027320	211312	485406	SP	Pindorama	23-nov-10	3465	3,09
3500027321	204646	494355	SP	Monte Aprazível	04-dez-10	3355	6,19
3500027322	212530	500059	SP	Penápolis	23-nov-10	3753	2,67
3500027323	211850	505547	SP	Valparaíso	24-nov-10	3508	4,05
3500027324	205034	512130	SP	Andradina	04-dez-10	3410	5,52
3500027325	223622	502238	SP	Assis	26-nov-10	3897	4,12
3500027571	232158	530843	PR	Tapira	21-jul-11	3709	3,91
3500027887	215705	504042	SP	Bastos	29-jun-12	3099	7,28
3500028111	202842	534504	MS	Ribas do Rio Pardo	25-jul-11	3660	1,51
3500029178	211802	524908	MS	Santa Rita do Pardo	25-mar-12	3112	5,44
3500029179	211748	520402	MS	Brasilândia	24-mar-12	3160	3,30
3500029180	202740	524911	MS	Água Clara	23-mar-12	3017	4,13
3500029441	224402	525327	PR	Itaúna do Sul	31-mar-12	3454	7,27
3500029442	230017	525603	PR	Planaltina do Paraná	30-mar-12	3338	4,75
3500029466	214030	512303	SP	Flora Rica	22-ago-12	3244	7,26
3500029467	222457	513134	SP	Narandiba	27-mar-12	3455	4,00
3500029468	221840	521442	SP	Teodoro Sampaio	28-mar-12	3052	6,01
3500029469	232452	532304	PR	Ivate	31-mar-12	3385	5,56
3500034018	222727	492025	SP	Cabrália Paulista	29-mai-15	2295	4,04
3500034019	202104	501009	SP	Meridiano	19-mai-15	1562	4,28
3500034020	194418	515559	MS	Inocência	17-jun-15	2237	2,36
3500034021	203251	490808	SP	Altair	18-mai-15	2305	3,57
3500034023	220427	532208	MS	Nova Andradina	01-jul-15	1862	3,62
3500034024	230042	531127	PR	Santa Isabel do Ivaí	29-jul-15	2134	6,52
3500034025	224646	523922	PR	Terra rica	28-jul-15	2210	8,56

3500045116	235233	525206	PR	Tuneiras do Oeste	30-jul-15	2211	6,69
520006104	174720	505455	GO	Rio Verde	01-ago-10	2503	3,26
520007036	153339	541939	MT	Primavera do Leste	24-jun-12	2731	5,97
520007037	171214	540838	MT	Itiquira	22-out-12	2671	4,49

Os níveis d'água evidenciaram que as maiores amplitudes foram observadas na parte sul do sistema aquífero, no Estado do Paraná e na região do Triângulo Mineiro, enquanto as menores variações se concentraram na extremidade do aquífero (a oeste do Mato Grosso do Sul, leste de São Paulo e norte de Minas Gerais). Ressalta-se que a maior amplitude, em Altônia (3500026831), representa um aumento da quantidade d'água.

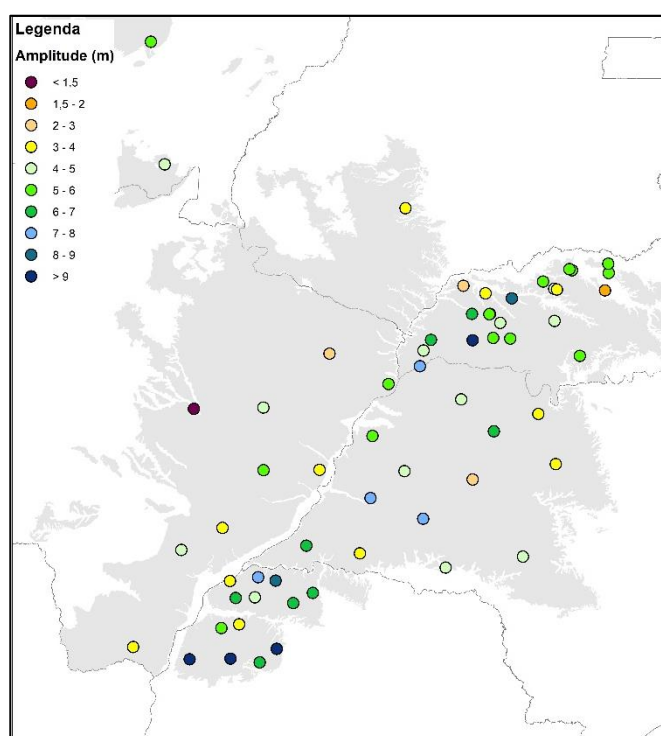


Figura 5 – Amplitude dos níveis d'água nos pontos de monitoramento, no aquífero Bauru-Caiuá.



Outra constatação com base na análise dos registros foi à diferença do comportamento das curvas de N.A em relação à profundidade, provocadas pelos diferentes tempos de trânsito (intervalo de tempo entre o evento da recarga e a resposta no aquífero).

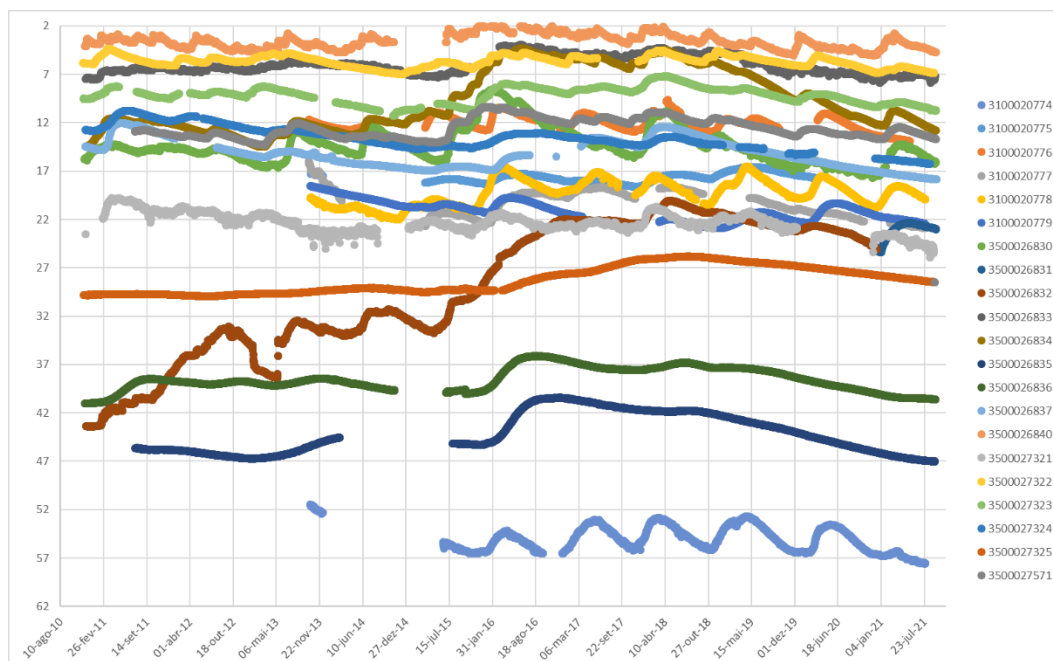


Figura 6 – Exemplos da variabilidade de curvas de comportamento do nível d'água no aquífero Bauru-Caiuá.

Nos locais onde os níveis são mais profundos, as curvas tendem a apresentar variações mais suaves, com respostas mais lentas aos *inputs* e maiores amplitudes horizontais no registro dos eventos. Por outro lado, os níveis mais rasos apresentam um padrão de comportamento mais dinâmico, com variações mais frequentes, por responder mais rápido aos *inputs*, e com menores amplitudes horizontais. A diferença no comportamento dos níveis d'água observados nos dados medianos diários de quatro poços com diferentes profundidades.

Muito poços registraram um acompanhamento de eventos climáticos de seca e estiagem (2014 e 2020/2021) e de recuperação entre os eventos, como é o caso dos poços 3500026832 (Paranavaí), 3500027323 (Valparaíso) e 3100020111 (Ituiutaba).

Nos gráficos de percentis, especificamente no ano de 2021 (com os dados obtidos até o desenvolvimento deste relatório) 50% dos poços com dados neste

ano apresentaram valores no intervalo abaixo das médias históricas (gráficos de percentis), em alguns casos com valores não registrados em toda a série histórica, mostrando que o evento de seca e estiagem que atingiu o centro-oeste, sudeste e sul do país também teve reflexo nos poços monitorados.

Outro fator a ser levado em consideração é a interferência (estressores), se os poços estão localizados em áreas de grandes empreendimentos ou que usam água subterrânea próxima.

### 3.4. AQUÍFERO CABEÇAS

O aquífero Cabeças, constituído por arenitos, localmente silicificados, depositados no terço inferior da Bacia Sedimentar do Parnaíba, localiza-se no Estado do Piauí e Tocantins (suas porções aflorantes).

Possui 11 estações de monitoramento, alguns deles profundos e confinados como em Alvorada do Gurguéia e Cristiano Castro. As amplitudes nesses casos tentem a ser pequenas.

As séries históricas deste aquífero estão passando por uma revisão, levando em consideração a troca de equipamentos e suas sensibilidades, mesmo assim identifica-se que as maiores amplitudes (atualmente) na região norte da área de afloramento do Cabeças. De forma generalista os poços apresentam um rebaixamento constante dos níveis d'água, demonstrado uma alteração na tendência entre os anos de 2016, 2017 e 2018 (com o início de uma recuperação dos níveis).

Tabela 5 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Cabeças

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
2200017099	082835	435349	PI	Alvorada do Gurguéia	21-nov-12	2273	3,68
2200017170	084206	440510	PI	Cristino castro	21-nov-12	2540	1,53
2200046783	040801	414649	PI	Brasileira	22-nov-11	2761	7,63
2200046784	051915	413345	PI	Castelo do Piauí	13-out-11	2860	12,09
2200046785	071359	415444	PI	Wall Ferraz	13-out-11	2873	1,88
2200046786	063319	413417	PI	Lagoa do sitio	12-out-11	2678	6,18
2200046787	044617	414902	PI	Jatobá do Piauí	13-out-11	2869	8,32
2200046856	064954	414449	PI	Ipiranga do Piauí	12-out-11	2945	2,33
2200046857	080359	421716	PI	Pedro laurentino	07-mar-12	2248	3,75
2200046858	065827	420847	PI	Oeiras	10-out-11	2947	3,58
2200046859	075230	413548	PI	Conceição do Canindé	12-out-11	2934	1,79



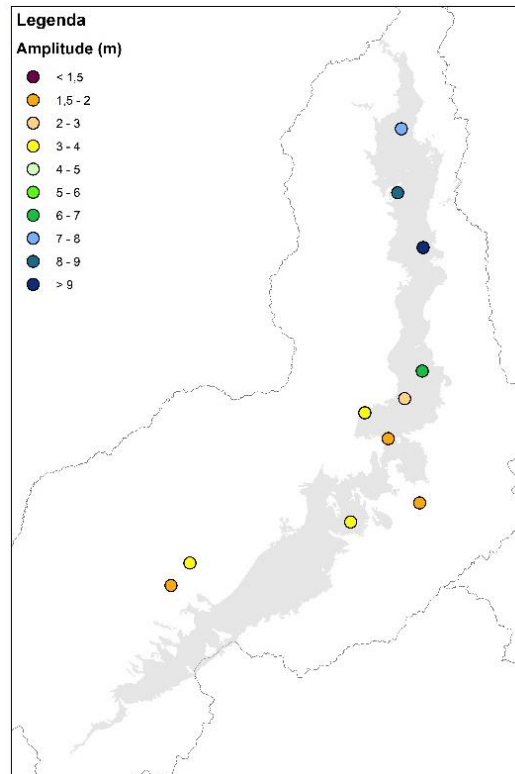


Figura 8 – Amplitude do N.A. nos poços do aquífero Cabeças.

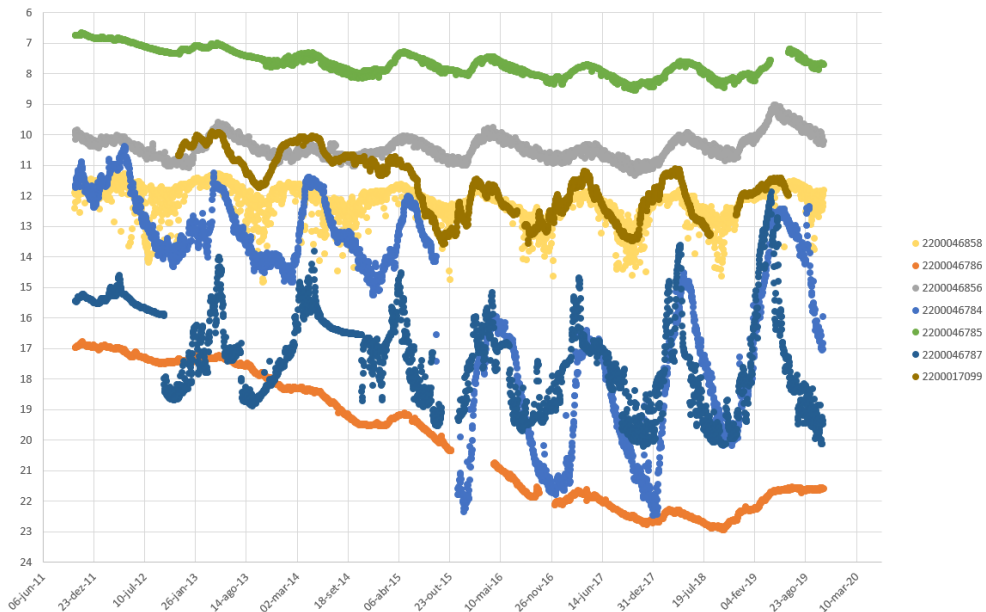


Figura 7 - Sutil alteração da tendência de rebaixamento de alguns poços do aq. Cabeças.

### 3.5. AQUÍFERO GUARANI

O aquífero Guarani se encontra na região centro-leste da América do Sul, abrangendo Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, bem como o Paraguai, Uruguai e Argentina.

No Rio Grande do Sul o Sistema Aquífero Guarani – SAG engloba as unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará, Arenito Mata, Caturrita, Alemoa, Passo das Tropas, Sanga do Cabral e Pirambóia. De Santa Catarina para o norte da bacia do Paraná, é constituído apenas pelos Aquíferos Botucatu e Pirambóia (MACHADO, 2005), é constituído, predominantemente, por arenitos róseos de granulação média a fina (WREGGE, 2012; TAKAHASHI, 2012).

Com uma rede de 43 poços de monitoramento, presentes nas suas porções aflorantes (recarga), tem uma maior concentração no Rio Grande do Sul.

Tabela 6 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Guarani

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
3500026838	193816	540456	MS	Camapuã	03-dez-10	3812	2,55
3500027572	261154	510542	PR	União da Vitória	20-jul-11	2722	3,52
3500027634	230020	495455	PR	Jacarezinho	18-jul-11	3707	5,02
3500027884	212709	473521	SP	São Simão	29-jul-11	3133	3,37
3500027885	230446	481513	SP	Bofete	18-jul-11	3645	1,82
3500027886	221833	480624	SP	Brotas	30-jul-11	2843	4,23
3500027888	215811	482334	SP	Boa Esperança do Sul	29-jul-11	3118	2,65
3500028107	210936	554911	MS	Nioaque	24-jul-11	2636	2,77
3500028108	195916	544716	MS	Rochedo	25-jul-11	3429	2,15
3500028109	191518	541936	MS	São Gabriel do Oeste	26-jul-11	3447	3,93
3500028110	192424	544128	MS	São Gabriel do Oeste	26-jul-11	3216	1,76
3500034022	184058	533811	MS	Figueirão	22-jun-15	2164	3,56
4300000556	294300	534306	RS	Santa Maria	14-ago-13	1908	22,13
4300020119	291001	552852	RS	Itaqui	07-out-10	3564	2,85
4300020120	293804	560543	RS	Alegrete	08-out-10	3633	2,02
4300020121	301215	552926	RS	Rosário do Sul	14-out-10	3737	2,10
4300020122	301119	563123	RS	Quarai	29-set-10	3509	4,20
4300020123	303048	550733	RS	Santana do Livramento	28-set-10	3717	2,97
4300020124	292816	551710	RS	São Francisco De Assis	08-out-10	3423	2,80
4300020125	300721	543831	RS	Rosário do Sul	30-set-10	3549	2,11

4300020126	304614	550925	RS	Santana do Livramento	28-set-10	3536	1,96
4300020532	301450	545503	RS	Rosário do Sul	10-ago-11	3440	4,52
4300020534	294252	553132	RS	Alegrete	09-ago-11	2906	2,48
4300020535	293304	550718	RS	São Francisco de Assis	09-ago-11	2801	4,11
4300021599	293609	521055	RS	Venâncio Aires	13-ago-13	2314	2,81
4300021600	294151	534957	RS	Santa Maria	14-ago-13	2422	3,95
4300021601	293807	541702	RS	São Pedro do Sul	15-ago-13	2212	4,16
4300021602	305143	552141	RS	Santana do Livramento	08-ago-13	2793	2,11
4300022135	294333	541111	RS	Dilermando de Aguiar	14-jan-14	2074	2,58
4300022630	294712	504604	RS	Glorinha	07-ago-14	2309	5,18
4300022631	294615	502809	RS	Santo Antonio da Patrulha	07-ago-14	1893	2,97
4300022632	294006	504923	RS	Parobé	06-ago-14	2318	3,67
4300022633	294002	512603	RS	Montenegro	06-ago-14	1900	3,57
4300022634	295320	544923	RS	Cacequi	29-ago-14	2139	1,72
4300022635	292736	544340	RS	Jaguari	29-ago-14	1399	3,54
4300022637	292815	564004	RS	Uruguaiana	26-ago-14	2081	2,01
4300022667	305351	553132	RS	Santana do Livramento	23-mai-15	1747	23,43
5200007146	181329	521346	GO	Serranópolis	19-ago-12	2376	3,16
5200007147	181120	521932	GO	Serranópolis	19-ago-12	2584	2,89

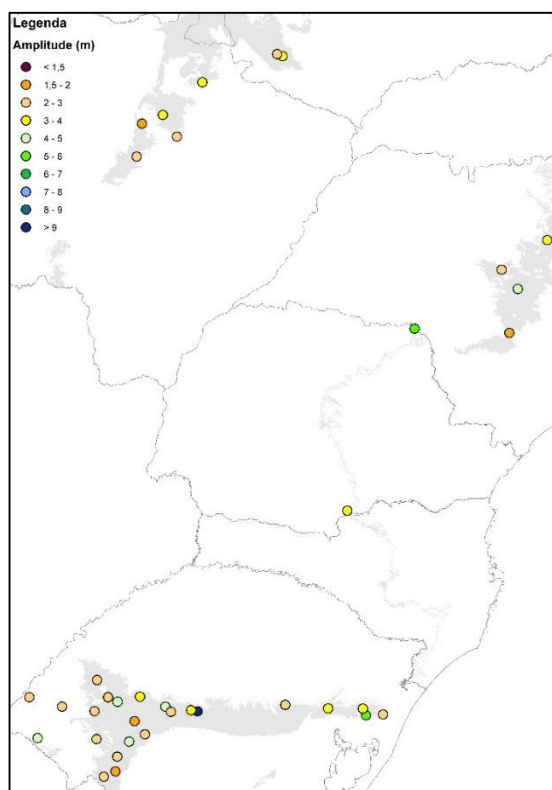


Figura 9 – Amplitude nos N.A. nos poços nas áreas de recarga do aq. Guarani, ao longo de toda a série .

As maiores amplitudes ocorrem no Rio Grande do Sul e tem comportamento bastante distintos enquanto o poço de Santa Maria apresenta uma variação positiva, principalmente no ano de 2021, o poço de Santana do Livramento (4300022667) demonstra um rebaixamento, porém em níveis já atingidos anteriormente.

Especificamente no ano de 2021, diversos poços acompanharam o evento de seca/estiagem que atingiu o centro oeste, sudeste e sul do Brasil, registrando níveis d'água mais profundos do que os obtidos na série histórica, não de uma forma tão proeminente quanto no Bauru-Caiuá, pois muitos poços também permaneceram dentro dos patamares registrados anteriormente.

Não há um padrão claro sobre região ou profundidade do N.A. para caracterizar comportamentos, mas o acompanhamento ponto a ponto se faz necessário, talvez por uma demanda intensificada de poços próximos podem estar interferindo nos níveis obtidos.

### **3.6. AQUÍFERO MISSÃO VELHA – RIO DA BATATEIRA**

A Formação Missão Velha é constituída de arenitos grossos, mal selecionados, às vezes conglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e acanalada de pequeno porte, brancos e amarelados, portadores de troncos e fragmentos de madeira silicificada. A Formação Rio da Batateira é constituída por bancos de arenitos fluviais médios a grosseiros, gradando ascendentemente para arenitos médios a finos, siltitos argilosos bem estratificados e se encerrando com uma seção de folhelhos negros, orgânicos e fossilíferos (PONTE ; APPI, 1990).

Com uma densidade de 16 poços de monitoramento, trata-se de uma das melhores distribuições da RIMAS, para a dimensão/extensão do aquífero, principalmente devido a importância dos aquíferos para essa região.

Trata-se de uma região de grande amplitude dos N.A. registrados e infelizmente a perda de água nos poços monitorados, com um aumento gradativo e contínuo da profundidade dos níveis d'água em diversas estações da RIMAS.

Quase 80% dos poços apresentaram valores dos níveis d'água mais baixos em 2021, do que todo o restante da série histórica, cerca de 15% tem apresentado uma melhora ao longo do ano, mas será necessário aguardar os dados da campanha do 3 quadrimestre para verificar se o período chuvoso apresentou uma influência positiva nos aumentos dos níveis d'água.

Tabela 7 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Missão Velha

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
2300020827	071911	391527	CE	Barbalha	27-ago-11	2683	5,30
2300022129	072947	385443	CE	Brejo santo	31-ago-11	2976	16,16
2300022135	072429	385556	CE	Milagres	30-ago-11	3222	8,95
2300022154	071609	391030	CE	Missão Velha	27-ago-11	3345	15,06
2300022506	073530	390130	CE	Brejo Santo	20-nov-12	2787	3,49
2300022593	072218	390746	CE	Missão Velha	29-ago-11	2845	11,41
2300022598	071723	390306	CE	Milagres	30-ago-11	2916	22,56
2300022599	072115	391016	CE	Missão Velha	26-ago-11	2924	7,04
2300022600	072052	385906	CE	Abaiara	30-ago-11	2498	27,42
2300022894	071734	385654	CE	Milagres	29-ago-12	2396	5,37
2300022895	072328	390055	CE	Abaiara	21-nov-12	3023	3,95
2300022896	072941	385143	CE	Brejo Santo	30-ago-12	2169	2,02
2300022906	071612	392246	CE	Crato	28-ago-12	2716	6,10
2300022907	071224	392359	CE	Crato	28-ago-12	2467	2,80
2300022908	071745	391613	CE	Barbalha	30-ago-12	2828	1,93

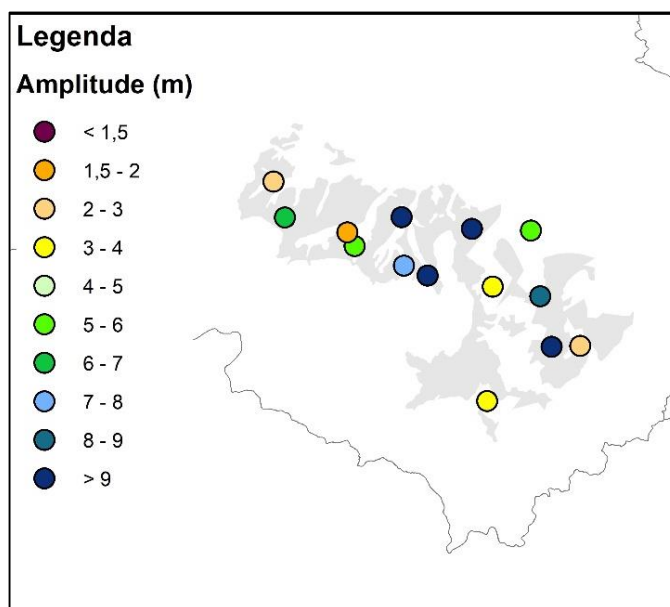


Figura 10 – Amplitude dos poços de monitoramento no Aquífero o Missão Velha, durante toda série histórica

### 3.7. AQUÍFERO PARECIS

Formação Cacoal é constituída de conglomerados, argilitos dolomíticos, arenitos conglomeráticos e feldspáticos, siltitos e folhelhos. Os conglomerados basais são polimíticos com matriz arcoseana. Os argilitos que ocorrem junto aos conglomerados são dolomíticos e intercalam-se a siltitos carbonáticos e brechas intraformacionais. A porção intermediária da formação é representada por folhelhos, arenitos feldspáticos e arcóseos. Os dolomitos argílicos de topo contêm nódulos silicosos e gipsita (BAHIA, 2007).

Formação Pimenta Bueno é constituída de arenitos arcoseanos e ortoquartzíticos de granulometria fina, mostrando estratificação cruzada acanalada e plano-paralela dominante e com laminação truncada por ondas em alguns locais da sequência. Apresenta intercalações importantes de folhelho e calcário dolomítico, lamitos, arcóseos conglomeráticos suportados pela matriz, tilitos e pelitos com laminação plano paralela e clastos pingados “dropstones” e também lentes de carvão e gipsita (SCANDOLARA et al., 1999).

Com 19 estações de monitoramento, concentrados principalmente no município de Vilhena e arredores, este aquífero deve ter uma expansão nos pontos monitorados, na região da bacia do Alto Teles Pires, importante fronteira agrícola.

Tabela 8 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Parecis

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
1100001588	124428	600757	RO	Vilhena	16-nov-11	2620	4,65
1100001785	123806	600531	RO	Vilhena	13-out-11	3403	8,10
1100001786	124349	600916	RO	Vilhena	16-nov-11	1952	3,69
1100001787	124509	600640	RO	Vilhena	15-out-11	2314	5,08
1100001788	122647	603055	RO	Vilhena	12-nov-11	1969	10,43
1100001789	121345	604116	RO	Chupinguaia	12-nov-11	2462	6,62
1100002065	124221	600703	RO	Vilhena	14-fev-12	3211	4,47
1100002066	112223	595806	RO	Vilhena	13-fev-12	2508	4,16
1100002753	124118	600914	RO	Vilhena	17-ago-16	1736	2,53
1100002754	123103	600911	RO	Vilhena	21-out-14	1623	4,38
5200006102	133317	584853	MT	Sapezal	20-ago-10	2137	5,08
5200007038	133856	594708	MT	Comodoro	15-jun-12	2530	4,47
5200007041	134038	574707	MT	Campo Novo do Parecis	20-jun-12	210	1,14
5200007150	125208	600133	MT	Comodoro	26-nov-13	1511	4,20
5200007151	131051	595240	MT	Comodoro	23-out-13	1705	2,32

A maior oscilação dos níveis ocorreu no poço 1100001788, mas corresponde a um intervalo anômalo na série.

Genericamente as séries apresentam uma variação sazonal anual (cheias e vazantes), mas as linhas de tendência evidenciam um rebaixamento contínuo dos níveis d'água.

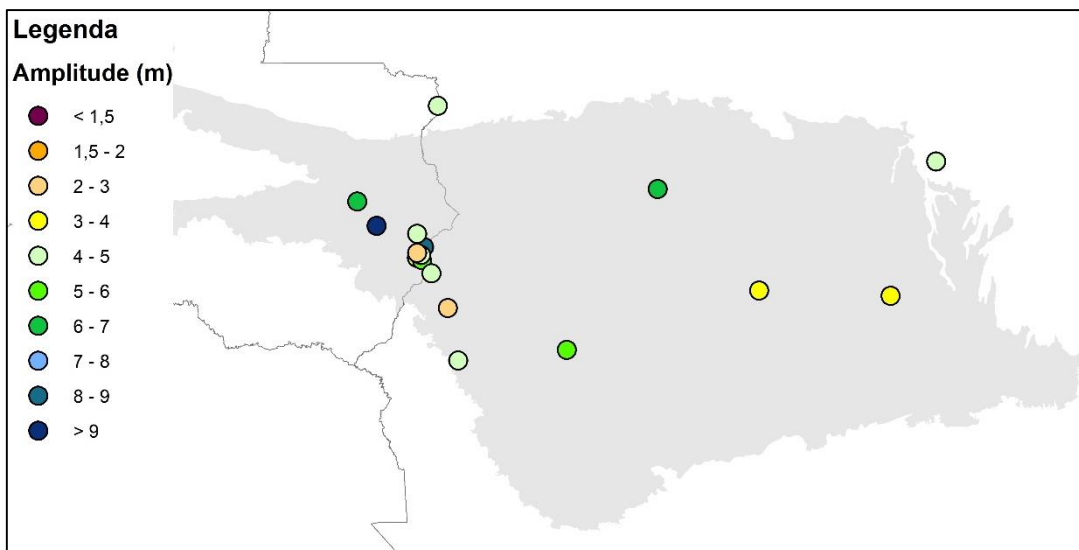


Figura 11 – Amplitude dos poços monitorados no aquífero Parecis

### 3.8. AQUÍFERO PIRABAS

O sistema aquífero Pirabas é dividido em dois sub-sistemas: aquífero Pirabas Superior, intercalados com calcário, argilas e margas, e o aquífero Pirabas Inferior com camadas profundas, onde as camadas de calcário são mais proeminentes. Uma camada contínua de argila com cerca de 40 metros de profundidade separa esses dois aquíferos (IMBIRIBA JUNIOR, 2019).

Diferente dos demais aquíferos monitorados pela RIMAS, o Pirabas possui uma separação (inferior e superior) e alguns poços são sobrepostos pelo aquífero Barreiras.

As altas amplitudes são relacionadas a efeito de sazonalidade e/ou maré, influenciado pela Foz do Amazonas e do Oceano Atlântico que margeiam as áreas monitoradas, que mesmo ocorrendo sob outra unidade estratigráfica interfere bastante nos níveis d'água observados.

Com 13 poços de monitoramento, alguns cedidos pela companhia de abastecimento COSAMPA.

Tabela 9 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Pirabas

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
1500002065	010931	482816	PA	Belém	18-mar-11	428	6,30
1500003032	003802	472026	PA	Salinópolis	02-dez-11	3165	7,30
1500003822	004033	472020	PA	Salinópolis	31-jan-13	2577	12,14
1500004658	010729	482636	PA	Belém	24-mar-11	1489	4,19
1500004998	011818	475429	PA	Castanhal	03-fev-15	2221	14,45
1500005542	003714	472131	PA	Salinópolis	29-jan-15	2305	14,00
1500005622	004418	475123	PA	Curuca	19-set-12	2162	2,03
1500005625	011813	482839	PA	Belém	25-jun-12	1441	1,63
1500005635	012544	475447	PA	Inhangapi	12-jul-12	3136	1,38
1500005722	005142	480824	PA	Vigia	23-ago-12	2361	1,65
1500005898	011758	475921	PA	Castanhal	10-out-12	2668	2,59
1500006765	004235	474153	PA	Marapanim	20-mar-14	1803	2,81

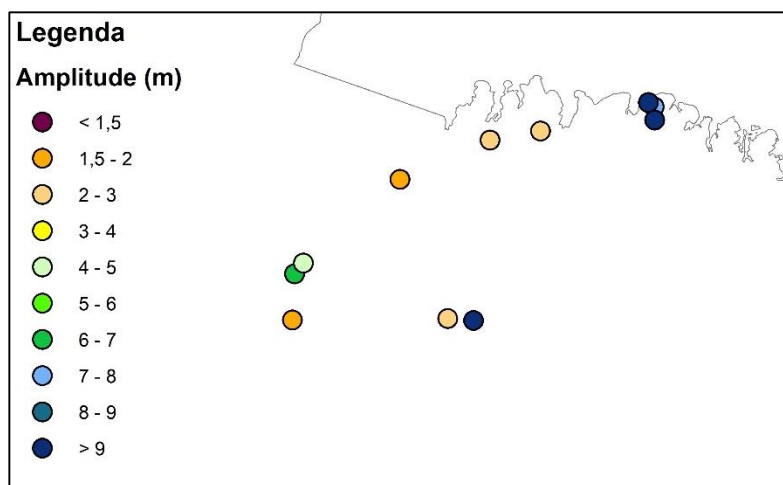


Figura 12 - Diferença máxima entre os níveis monitorados, em cada poço de monitoramento

### 3.9. AQUÍFERO URUCUIA

Nos estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Piauí e Maranhão encontra-se o Urucuia, um aquífero do tipo intergranular, que se dispõe como um espesso tabuleiro, e constitui-se de quartzo-arenitos e arenitos feldspáticos eólicos, bem selecionados, com presença de níveis silicificados, e em menor proporção de níveis conglomeráticos.



De grande potencial, o aquífero Urucuia, contribui significativamente para a manutenção das vazões do rio São Francisco, especialmente entre a divisa do estado de Minas Gerais e a montante de Sobradinho. Além de ser uma importante fronteira agrícola, que devido às condições climáticas, à abundância de recursos hídricos superficiais e subterrâneos e ao relevo da área, favorece o desenvolvimento da agricultura, especialmente irrigada.

Devido a sua importância e localização (central no Brasil) o Urucuia é o aquífero com mais estações de monitoramento, ao todo são 80 poços para acompanhamento dos níveis d'água e alerta de qualidade das águas.

É possível perceber um sutil aumento da amplitude dos níveis de leste para oeste, é também na porção oeste (próximo à divisa da Bahia com Goiás) onde os níveis d'água são mais profundos.

Tabela 10 - Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Urucuia

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
2900020672	120956	451943	BA	Barreiras	20-jul-13	2365	1,50
2900020673	121758	452659	BA	Barreiras	23-set-15	1735	1,57
2900020674	121045	454508	BA	Luís Ed. Magalhaes	16-abr-13	2753	2,09
2900020675	122712	455120	BA	São Desiderio	23-abr-12	2570	2,74
2900020676	121857	454942	BA	Luís Ed. Magalhaes	10-set-11	1547	1,76
2900020677	120811	454839	BA	Luís Ed. Magalhaes	16-abr-13	2770	1,21
2900020678	122414	460724	BA	Luís Ed. Magalhaes	31-ago-11	2935	8,53
2900020679	123950	450112	BA	São Desiderio	17-out-11	2919	1,73
2900020680	121001	461305	BA	Luís Ed. Magalhaes	06-set-11	3362	6,63
2900020681	124803	454338	BA	São Desiderio	12-set-11	2642	5,03
2900020682	123804	452717	BA	São Desiderio	10-set-11	2810	1,62
2900020683	124401	454445	BA	São Desiderio	02-out-15	1578	3,31
2900020684	122555	451308	BA	São Desiderio	17-abr-12	2765	2,59
2900020685	122833	452853	BA	São Desiderio	10-set-11	2739	2,34
2900020686	121403	451746	BA	Barreiras	20-abr-13	2660	1,10
2900020687	124749	460532	BA	São Desiderio	07-set-11	1866	6,16
2900020688	125012	451821	BA	São Desiderio	17-out-11	3280	1,66
2900020689	131714	460128	BA	São Desiderio	08-set-11	2135	5,75
2900021796	120419	452913	BA	Barreiras	18-abr-12	1983	4,83
2900021797	124445	455645	BA	São Desiderio	01-set-11	2885	5,05
2900021798	123446	455628	BA	São Desiderio	07-set-11	3438	5,79
2900021799	121548	454544	BA	Luís Ed. Magalhaes	31-ago-11	2552	3,04
2900021800	123916	453733	BA	São Desiderio	13-set-11	2718	2,25
2900021801	122123	460425	BA	Luís Ed. Magalhaes	31-ago-11	2189	6,70
2900024869	121325	460138	BA	Luís Ed. Magalhaes	13-ago-12	2258	5,98
2900024870	121332	453830	BA	Barreiras	14-ago-12	3093	4,18
2900024871	121129	453533	BA	Barreiras	13-abr-13	2491	2,39
2900024872	122531	453733	BA	São Desiderio	13-ago-12	3098	4,72
2900024873	123420	454554	BA	São Desiderio	11-ago-12	2485	4,71
2900024874	123946	452142	BA	São Desiderio	12-jun-14	1943	0,95
2900024875	124700	450938	BA	São Desiderio	18-mai-13	1392	0,98
2900024876	124917	445513	BA	São Desiderio	09-ago-12	2271	1,78
2900024877	125834	453009	BA	São Desiderio	08-ago-12	2928	2,94
2900024878	130527	453941	BA	São Desiderio	08-ago-12	2401	4,12

2900024879	130558	455040	BA	São Desiderio	08-ago-12	2926	3,12
2900024880	125941	460455	BA	São Desiderio	10-ago-12	1212	4,80
2900024881	123702	460705	BA	São Desiderio	11-ago-12	775	4,46
2900024882	124413	453213	BA	São Desiderio	10-ago-12	2138	2,22
2900026863	115253	453643	BA	Barreiras	18-set-15	1736	1,48
2900029410	143525	455109	BA	Jaborandi	12-ago-16	1618	5,95
2900029480	132406	450751	BA	Correntina	09-dez-15	422	0,56
2900029481	131512	444016	BA	Correntina	02-dez-15	1678	1,90
2900029482	123911	443459	BA	Baianópolis	01-dez-15	1430	2,49
2900029483	125645	443152	BA	Baianópolis	02-dez-15	1881	1,50
2900029484	125753	450512	BA	São Desiderio	03-dez-15	1758	4,34
2900029485	134537	450754	BA	Jaborandi	28-jul-16	1095	2,37
2900029486	134207	455328	BA	Correntina	03-dez-15	1572	2,94
2900029487	135339	454958	BA	Jaborandi	03-dez-15	723	1,88
2900029488	135531	453252	BA	Jaborandi	04-dez-15	1353	3,06
2900029489	131848	453101	BA	Correntina	07-dez-15	1911	1,30
2900029490	131131	461055	BA	São Desiderio	25-ago-16	1222	4,50
2900029491	135222	461054	BA	Correntina	30-nov-15	775	2,84
2900029492	133715	452221	BA	Correntina	04-dez-15	1420	1,55
2900029522	133001	460052	BA	Correntina	05-dez-15	1364	2,69
2900029523	140546	460844	BA	Jaborandi	26-nov-18	1002	3,44
2900029524	140916	452731	BA	Jaborandi	01-dez-15	1410	3,48
2900029803	103022	453002	BA	Formosa Rio Preto	29-nov-18	591	0,09
2900029804	104455	452132	BA	Formosa Rio Preto	25-mai-17	1339	0,43
2900029805	103924	461117	BA	Formosa Rio Preto	07-jun-17	314	0,72
2900029806	105547	460314	BA	Formosa Rio Preto	07-jun-17	984	1,26
2900029807	105700	461628	BA	Formosa Rio Preto	07-jun-17	868	0,54
3100020883	151721	444916	MG	Bonito de Minas	23-jun-14	2284	1,75
3100020884	150915	444111	MG	Bonito de Minas	23-jun-14	11	0,03
3100020885	151825	442908	MG	Conego Marinho	01-out-13	632	3,91
3100020887	143742	444058	MG	Conego Marinho	06-nov-13	63	0,68
3100020888	152929	450914	MG	Januária	27-set-13	2018	4,51
3100020889	153039	452339	MG	Chapada Gaúcha	27-set-13	1595	1,47
3100020981	151814	453715	MG	Chapada Gaúcha	20-abr-18	1182	1,70
3100020982	154517	451716	MG	Chapada Gaúcha	17-mai-16	857	2,10
3100020985	150355	445140	MG	Bonito de Minas	08-nov-13	1958	2,24
3100021701	160309	451944	MG	Pintópolis	01-abr-15	1778	0,46
3100021703	145716	444423	MG	Bonito de Minas	06-abr-15	1585	1,55
3100021704	144902	445628	MG	Bonito de Minas	08-abr-15	2135	1,87
3100021705	155843	441547	MG	Japonvar	01-abr-15	1600	2,32
5200010157	103610	463943	TO	Mateiros	12-mai-17	1005	1,97
5200010158	103255	462453	TO	Mateiros	11-mai-17	797	1,25
5200010159	100925	463956	TO	São Felix Tocantins	16-mai-17	886	1,69
5200010175	141721	455900	GO	Mambai	02-dez-15	1400	3,04

Essa variação (amplitude superior a 5 metros) é basicamente a perda do volume de água nos poços, ou seja, ao aumento da profundidade dos níveis monitorados. Poços como 2900020678, 2900020680, 2900020687, 2900020689 e 2900021798 (poços que se localizam mais próximos da borda oeste) mostram uma linha descendente continua durante todo o período monitorado, já o conjunto como 2900020681, 2900021797, 2900021801 e 2900029410 (na região central do aquífero) indicavam o mesmo comportamento descendente até 2018/2019, passando a evidenciar um processo de recuperação ou relativa estabilidade dos níveis a partir desta data.

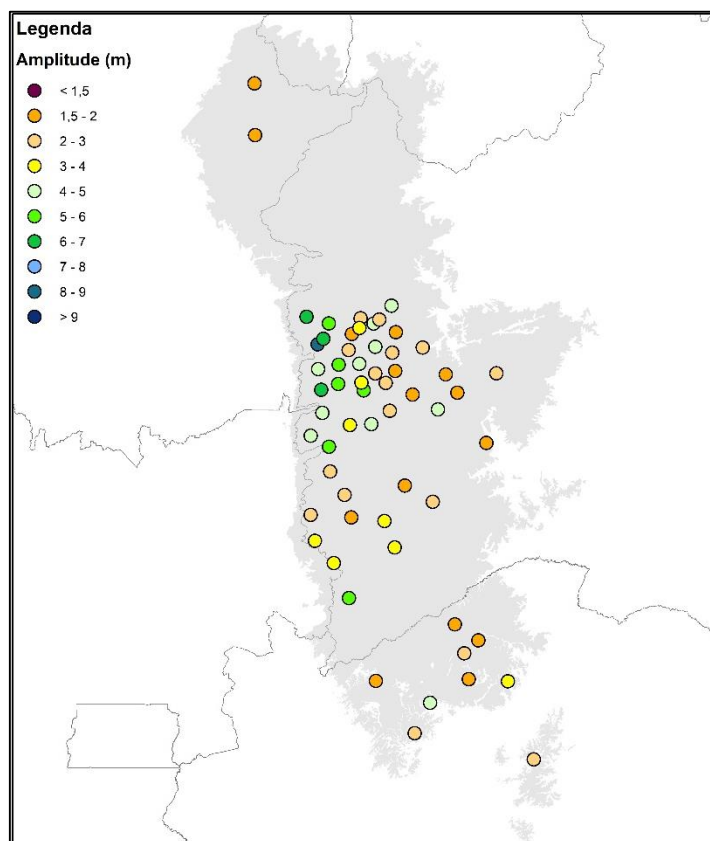


Figura 13 – Distribuição das amplitudes da variação dos níveis d'água no aquífero Urucuia

Apesar de ainda haver um atraso nas informações, especificamente de 2021, apesar de uma aparente melhora/recuperação dos níveis d'água, até o fechamento deste relatório tínhamos um percentual bastante preocupante quanto observados os gráficos de percentis mensais, dos 33 poços com dados em 2021, 25 (mais de 75%) apresentaram valores abaixo do normal, em diversos casos com níveis menores do que toda a série de registros.

As figuras 14 e 15 apresentam algumas séries como exemplo, das diferenças comportamentais das séries quando os níveis estão mais rasos (maior oscilação/interferências e tendência a estabilização a partir de 2018) e quando estão mais profundos (rebaixamento contínuo dos níveis d'água).

Trata-se de uma região que carece de bastante atenção e acompanhamento por parte dos agentes de fiscalização e demais órgãos públicos responsáveis.

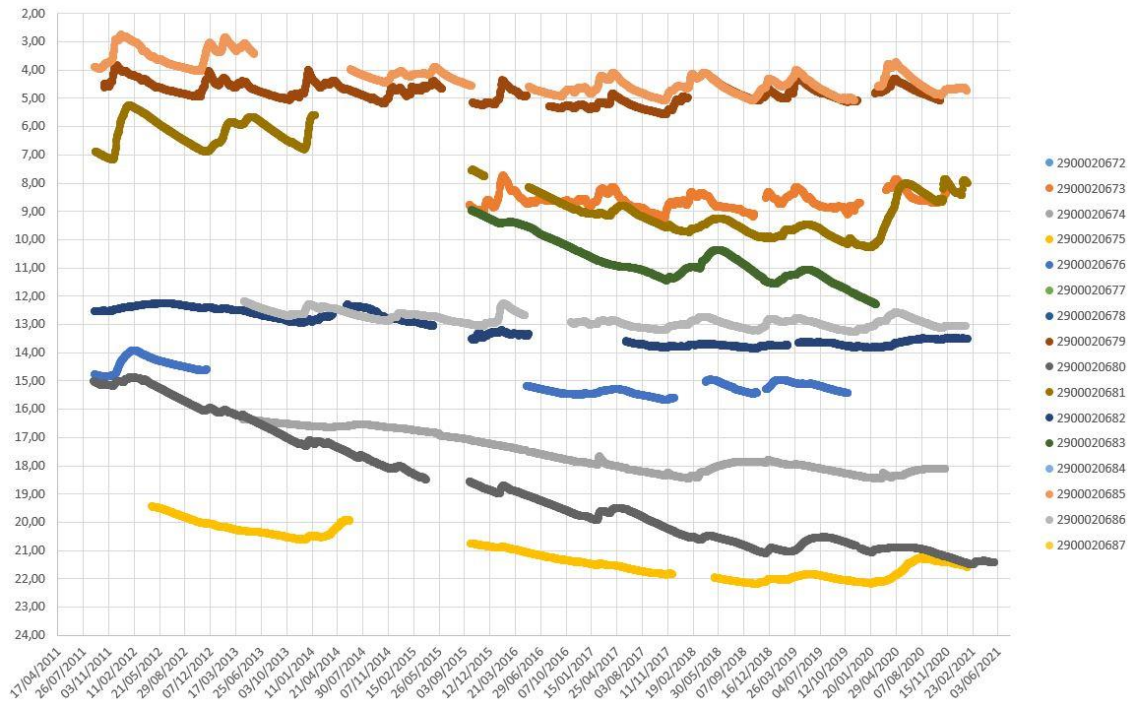


Figura 14 – Poços no Urucua com níveis mais rasos, mostrando de 2017/2018 uma estabilidade ou pequenas ascendências dos níveis.

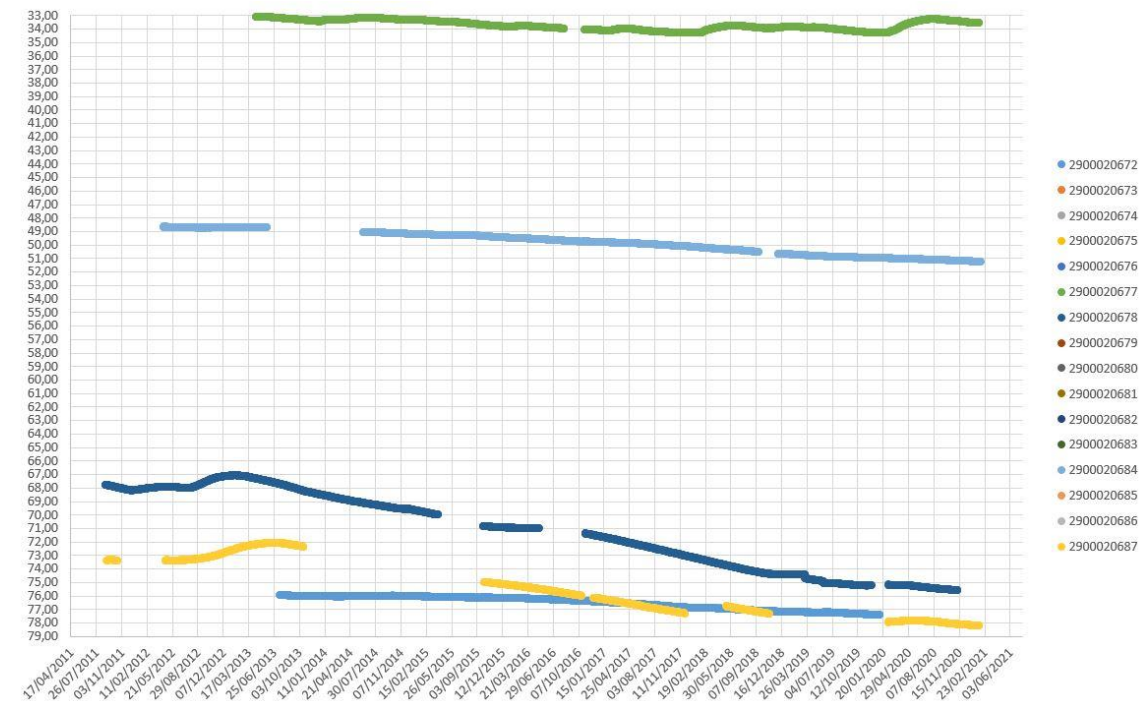


Figura 15 - Poços no Urucua com níveis profundos, mostrando comportamento descendente de forma contínua.

### 3.10. AQUÍFERO AÇU

A Formação Açú aflora na borda sul da bacia, sendo composta por espessas camadas de até 1.000 metros de arenito médio a grosseiro, esbranquiçado, intercalado com folhelho e argilito verde-claro e siltito castanhoavermelhado. Apresenta-se essencialmente arenosa na base, graduando para sedimentos mais pelíticos em direção ao topo. Possui mergulho suave para norte, quando aumenta gradativamente de espessura, chegando a atingir uma média de 500 m, em subsuperfície. Os calcários da Formação Jandaíra ocorrem sobrepostos à unidade Açú (ANGELIM, 2006).

O aquífero Açú corresponde à porção inferior, essencialmente arenosa da formação e constitui a unidade hidrogeológica mais importante da bacia Potiguar.

Alguns pontos monitorados apresentam uma amplitude significativa, trata-se de um aquífero que sofre uma grande demanda, principalmente em sua porção confinada.

Tabela 11- Estações de monitoramento instaladas no Aquífero Açú.

CÓDIGO SIAGAS	LATITUDE	LONGITUDE	UF	MUNICÍPIO	DATA INÍCIO OPERAÇÃO	Nº AQUISIÇÕES	AMPLITUDE DOS N.A.
2300022706	050410	375914	CE	Quixeré	29-out-11	1681	19,92
2300022707	053119	380032	CE	Alto santo	22-jul-11	2669	8,11
2300022949	045403	374224	CE	Jaguaruana	25-jul-12	2847	3,58
2600039599	052530	363150	RN	Afonso bezerra	18-jun-11	2151	4,59
2600039600	053938	371707	RN	Upanema	17-jun-11	2730	0,58
2600039601	053334	370319	RN	Açú	21-jul-11	3026	5,68
2600041031	053942	374714	RN	Apodi	22-jul-11	2731	3,58
2600049468	053030	355840	RN	Jardim de Angicos	30-jul-12	764	2,57
2600049469	053952	372907	RN	Caraúbas	27-jul-12	2152	25,48

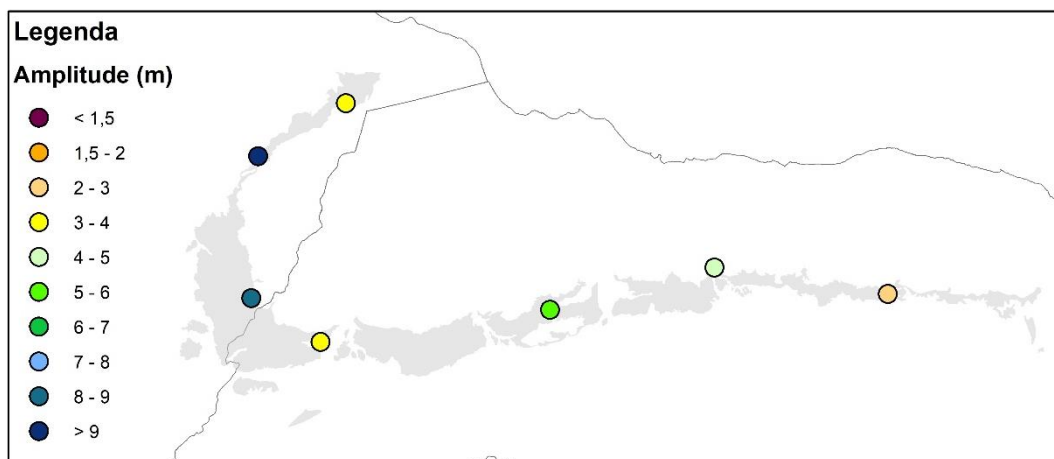


Figura 16 - Amplitudes do N.A. no aq. Açú.

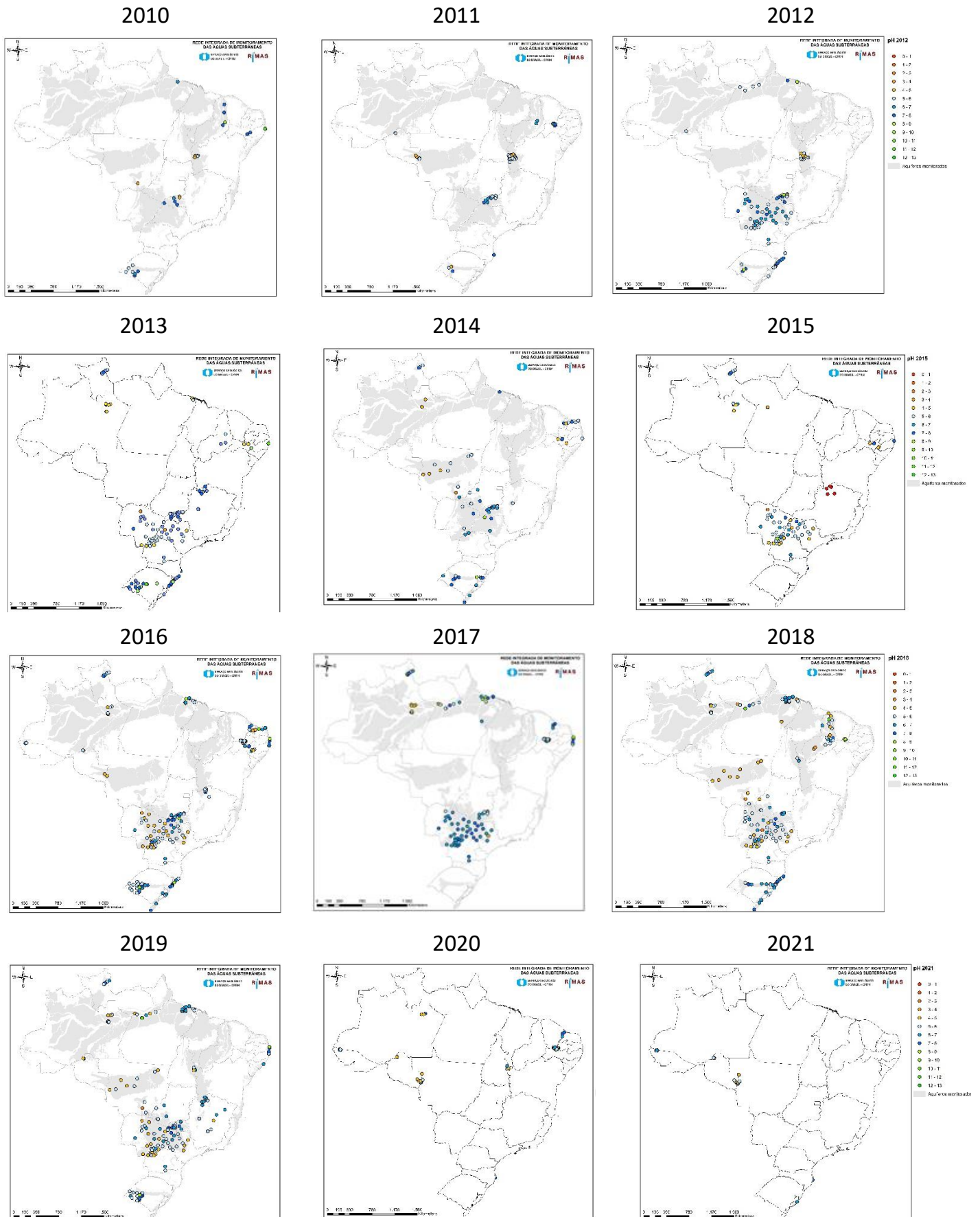
#### 4. MONITORAMENTO QUALITATIVO

Por se tratar de parâmetros analisados de forma convencional/manual, o monitoramento qualitativo é bastante heterogêneo (tanto temporalmente quanto espacialmente), portanto nesse primeiro momento será tratado nacionalmente, sem segmentação por aquíferos.

O pH varia pouco ao longo da série histórica, permanecendo majoritariamente próximo da neutralidade, água básicas ocorrem eventualmente no Pará e o na região nordeste. Ligeiramente ácidas no Parecis, Cabeças e Bauru-Caiuá.



Tabela 12 – Distribuição dos pH's ao longo dos anos de monitoramento



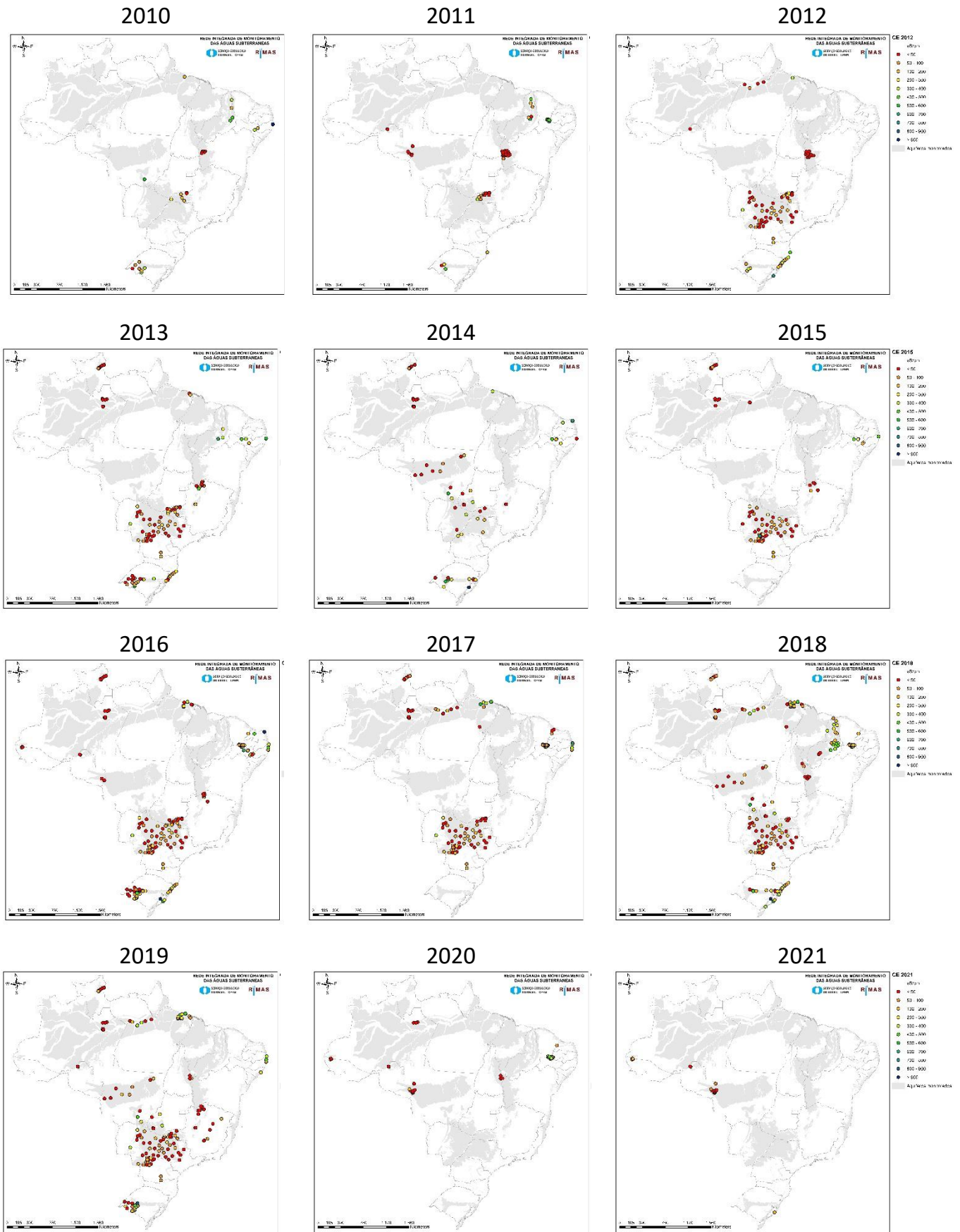
A Condutividade Elétrica é bastante baixa na maioria dos poços monitorados, sendo percebido valores mais elevados em poços próximos ao litoral (tanto no Rio Grande do Sul, quanto no Nordeste e no Pará). Excepcionalmente verifica-se um leve aumento da condutividade na região do aquífero Bauru-Caiuá no ano de 2014, auge de uma grande seca na região, mesmo assim os valores não ultrapassam 600-700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo plenamente satisfatórias para os diversos usos.

É necessário salientar que os parâmetros aqui apresentados servem tão somente para indicar/alertar alterações qualitativas nos poços, sendo importante analisar poço a poço, parâmetro a parâmetro a depender da finalidade e uso da água subterrânea. Além disso determinados parâmetros não exprimem uma condição geral do aquífero, mas sim uma característica local (alguns pontos de monitoramento possuem estressores que interferem diretamente nas condições da qualidade da água), devendo ser levado em consideração o acompanhamento dos arredores, realizado pela equipe técnica do SGB.

No ano de 2019 foi publicado o relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019), indicador 6.3.2, referente à “proporção dos corpos hídricos com boa qualidade ambiental da água” na visão da ANA (<https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6/ods6.pdf>), citando a RIMAS como uma rede “que poderá ser adequada à uma rede nacional, em ação articulada entre diferentes instituições” que permita monitorar e informar sobre as águas subterrâneas. No entanto os dados primordiais (pH, condutividade elétrica e nitratos), da RIMAS, já foram considerados em um relatório de análise da consultoria contratada pela ANA e deve constar dos boletins futuros.



Tabela 13 – Distribuição das C.E. ao longo dos anos de monitoramento



## 5. CONCLUSÕES

As informações apresentadas neste relatório baseiam-se na observação das séries históricas e dos dados obtidos no monitoramento sistemático dos níveis e indicadores qualitativos, possui um caráter expositivo da situação dos pontos monitorados, sem que se possa determinar causas e efeitos conclusivos.

Novamente se faz necessário ressaltar que as análises comparativas dizem respeito única e exclusivamente ao intervalo de tempo da RIMAS, não sendo possível caracterizar se esse intervalo de tempo representa intervalos completos de ciclos ou sazonalidades de períodos de seca, cheias, uso e ocupação estabelecidos entre outros eventos.

Ainda é preciso uma avaliação de forma integrada, levando em consideração as chuvas e proximidade (interferência/influência) dos rios, de todo o ciclo hidrológico. Mesmo assim considera-se que a RIMAS possui um papel fundamental no acompanhamento da dinâmica das águas subterrâneas em diversos aquíferos brasileiros e por si só permite que sejam determinadas áreas/aquíferos que necessitam de atenção das autoridades competentes no uso sustentável deste recurso.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ODS 6 no Brasil**: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

AGUIAR, C. J. B. de. **Relatório diagnóstico aquífero Alter do Chão no estado do Amazonas**: bacia sedimentar do Amazonas. Belo Horizonte, 2012. (Recursos hídricos. Área: recursos hídricos subterrâneos. Subárea: levantamento de recursos hídricos subterrâneos. Coleção de relatórios-diagnóstico dos aquíferos sedimentares do Brasil, v. 6). Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22246>. Acesso em: 22 dez. 2021.

ANGELIM, L. A. de A. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte**: texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM; FAPERN, 2006. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil (PGB). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10234>. Acesso em: 22 dez. 2021.

BAHIA, R. B. C. **Evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis - Amazônia.** 2007. 115 f. 121 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/2272>. Acesso em: 22 dez. 2021.

WREGGE, M. **Relatório diagnóstico sistema aquífero Guarani no estado do Rio Grande do Sul:** bacia sedimentar do Paraná. Belo Horizonte, 2012. (Recursos hídricos. Área: recursos hídricos subterrâneos. Subárea: levantamento de recursos hídricos subterrâneos. Coleção de relatórios-diagnóstico dos aquíferos sedimentares do Brasil, v. 16). Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22255>. Acesso em: 22 dez. 2021.

TAKAHASHI, A. T. **Relatório diagnóstico sistema aquífero Guarani nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná:** bacia sedimentar do Paraná. Belo Horizonte, 2012. (Recursos hídricos. Área: recursos hídricos subterrâneos. Subárea: levantamento de recursos hídricos subterrâneos. Coleção de relatórios-diagnóstico dos aquíferos sedimentares do Brasil, v. 15). Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22254>. Acesso em: 22 dez. 2021.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo). Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 7, 8, e 9 - Bauru, S. José do Rio Preto e Araçatuba. **Revista DAE**, São Paulo, n. 108, jul. 1976. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_108\\_n\\_1538.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_108_n_1538.pdf). Acesso em: 23 dez. 2021.

IMBIRIBA JUNIOR, M. **Estudo hidrogeológico do aquífero Pirabas na cidade de Salinópolis, NE do Pará.** Dissertação (Mestrado em recurso hídricos) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21417>. Acesso em: 22 dez. 2021.

INTERNATIONAL GROUNDWATER RESOURCES ASSESSMENT CENTRE. **Guideline on:** groundwater monitoring for general reference purposes. Netherlands, 2006. Report n. GP 2008-1. Disponível em: <https://www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/WG1-7-Guideline-v12-03-08.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul.** 2005. 237 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio do Sinos, São Leopoldo, RS, 2005. Disponível em:

<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/2189>. Acesso em: 23 dez. 2021.

PONTE F. C.; APPI C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais** [...]. Natal: SBG, 1990. p. 211-226. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>. Acesso em: 23 dez. 2021.

SCANDOLARA, J. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia**: texto explicativo e mapa geológico do estado de Rondônia. Brasília: CPRM, 1999. Escala 1:1.000.000. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil - PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2419>. Acesso em: 22 dez. 2021.

TANCREDI, A. C. F. N. S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém**: fundamentos para uso e proteção. 1996. 153 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/7884>. Acesso em: 23 dez. 2021.

## ANEXOS

---