



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH/CE
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - Cogerh

CONTRATO Nº095 - COGERH
AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA QUALI-QUANTITATIVA NO MUNICÍPIO DE
PORANGA - CEARÁ

PRODUTO 14 – DIRETRIZES PARA O PLANO DE GESTÃO

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ

PRESIDENTE

João Lúcio Farias de Oliveira

DIRETOR DE PLANEJAMENTO

Ubirajara Patrício da Silva

GERENTE DE ESTUDOS E PROJETOS

Zulene Almada Teixeira

PROSPECTUS NORDESTE LTDA

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Geólogo MSc. Irabson Mota Cavalcante

EQUIPE TÉCNICA

Geógrafo Alexandre Leite de Araújo

E não tinham sede, quando o Senhor os levava
pelos desertos; fez-lhes correr água da rocha;
fendeu a rocha, e as águas jorraram.

(Isaías 48:21)

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Apresentação | 05 |
| 1.1. Objetivos | 06 |
| 1.2. Justificativa | 06 |
| 1.3. Delimitação Geográfica | 07 |
| 2. GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA | 08 |
| 3. BASES PARA A OPERAÇÃO DO COMITÊ DE USUÁRIOS | 10 |
| 3.1. Linhas de ação interna (membros do comitê) | 10 |
| 3.2. Linhas de ação externa (comunidade e instituições) | 10 |
| 4. CARACTERÍSTICAS FISIOMORFOLÓGICAS DA REGIÃO DE PORANGA | 10 |
| 4.1. Clima – Balanço hídrico | 10 |
| 4.2. Hidrogeologia | 16 |
| 4.2.1. Grupo Serra Grande | 16 |
| 4.2.2. Inventário hidrogeológico | 17 |
| 4.2.2.1. Interpretações | 17 |
| 4.2.2.2. Dados de vazão | 20 |
| 4.2.2.3. Parâmetros físico-químicos | 22 |
| 5. A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS | 23 |
| 5.1. Situação atual do Estado do Ceará | 25 |
| 6. FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA MUNICÍPIO DE PORANGA | 25 |
| 6.1. Avaliação da demanda | 25 |
| 6.2. Potencial aquífero da região de Poranga | 28 |
| 6.2.1. Fluxo subterrâneo | 29 |
| 6.2.2. Definição das Reservas | 30 |
| 6.2.2.1. Oferta – volumes de água subterrânea disponível | 30 |
| 6.2.2.2. Vazões de Produção | 30 |
| 6.2.2.3. Vazão de Exploração | 32 |
| Cenário para a zona de alta vazão – Formação Tianguá | 34 |
| Cenário para a zona de alta vazão – Formação Jaicós | 35 |

| | |
|--|----|
| 6.3. Características dos poços e orientações construtivas | 36 |
| 6.3.1. Profundidade | 36 |
| 6.3.2. Diâmetro de perfuração e revestimento | 37 |
| 6.3.3. Instalação de filtros e pré-filtro | 38 |
| 6.3.4. Instalação do sistema de bombeamento | 39 |
| 6.4. Qualidade da água subterrânea | 40 |
| 6.5. Medidas Orientativas | 41 |
| 6.5.1. Sistemas de armazenamento e adução | 41 |
| 6.5.2. Consumo por individuo | 41 |
| 6.5.3. Fiscalização de atividades poluidoras | 41 |
| 6.5.4. Fiscalização do uso clandestino da água | 52 |
| 6.5.5. Monitoramento dos níveis da água subterrânea | 52 |
| 6.5.6. Estudos geofísicos e estruturais para determinação das zonas potenciais | 52 |
| 6.5.7. Acompanhamento das obras de construção dos poços | 53 |
| 6.5.8. Sistemas de bombeamento | 54 |
| 7. DIAGNÓSTICO LEGAL E INSTITUCIONAL | 54 |
| 7.1. Legislação Ambiental | 55 |
| 7.2. Legislação sobre águas minerais e adicionadas de sais | 55 |
| 7.3. Legislação sobre qualidade da água consumo humano – Resoluções ANVISA | 56 |
| 7.4. Legislação sobre recursos hídricos | 56 |
| 7.4.1. Resoluções e Moções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos | 56 |
| 7.5. Legislação Estadual de Recursos Hídricos | 58 |
| 8. RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES | 58 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 60 |

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório contempla a abordagem quanto às diretrizes para o plano de gestão das águas subterrâneas na região de Poranga. Conceitualmente, uma diretriz representa um conjunto de instruções ou indicações que norteiam a execução de um plano estratégico ou uma ação. Para o objetivo desta proposta, que trata da gestão da água subterrânea, a diretriz possui subsídios científicos representados por dados do meio físico adquiridos a partir de levantamentos temáticos que compõem a metodologia para estudos hidrogeológicos clássicos. Agregando-se a este contexto, inserem-se informações que conduzem ao uso eficiente e racional das águas subterrâneas, principal meta para os mecanismos de gestão e consequente elaboração do conjunto de ações específicas que culminam com a implementação de um plano de gestão propriamente dito.

A gestão das águas subterrâneas é feita por órgãos estaduais, que se utilizam de organogramas institucionais para tal atividade, ou seja, o mecanismo de gestão é inserido como uma das várias funções e atividades internas que estes desenvolvem. Os mecanismos precursores de gestão adotavam comumente medidas centralizadoras, onde as diretrizes eram definidas por gestores e profissionais determinados para tal. Para tanto seria necessário extremo preparo e conhecimento da área física a ser gerenciada. Com a evolução dos modelos globalizados, as ações de gestão passaram por um processo de descentralização, na qual a participação dos usuários era notadamente considerada na tomada de decisões. Esta nova concepção de gestão é implantada através de comitês de bacias.

As águas subterrâneas são comumente utilizadas como fontes de abastecimento para uso doméstico, industrial ou agrícola. As características de qualidade dessas águas associadas à facilidade de captação em locais de recurso hídrico deficiente e restrito imprimem grande importância para a exploração de aquíferos. Em muitos casos estes aquíferos são explorados em larga escala através da implantação de poços perfurados aleatoriamente, sem conhecimento e controle das características geológicas e hidrogeológicas da região. O objetivo é quase sempre reduzir custos visando satisfazer demandas que crescem com a densidade demográfica local.

O principal objetivo desta proposta de diretrizes é dimensionar as disponibilidades e limitações dos recursos hídricos subterrâneos no Aquífero Serra Grande correspondente a região de Poranga, que faz parte da Bacia Hidrográfica da Serra da Ibiapaba, a fim de elucidar, orientar e aperfeiçoar aos parâmetros que norteiam a gestão desses recursos na região.

1.1. Objetivos

O objetivo do plano elaborado é atender a solicitação do órgão gestor, adquirindo informações sobre as reservas hídricas associadas aos aquíferos ocorrentes, bem como aos parâmetros de qualidade da água armazenada. Para tanto serão abordadas técnicas e métodos que envolvem cadastramento dos pontos de captação e possíveis fontes poluidoras, levantamentos geofísicos por eletrorresistividade, testes de produção em poços, elaboração de balanço hídrico, avaliações hidrogeológicas, análises qualitativas das águas subterrâneas e abordagens quanto aos modelos de gestão dos aquíferos.

As pesquisas que conduzem a este objetivo subsidiam a ampliação do conhecimento destes sistemas aquíferos desde a perspectiva de suas geometrias, dinâmicas, quantidade, qualidade, reservas, extrações atuais e futuras. Pretende-se ainda conduzir ao desenvolvimento de alianças e parcerias capazes de alicerçar e alavancar o processo até sua completa implementação.

1.2. Justificativa

A exploração crescente dos mananciais subterrâneos existentes na região, em determinadas circunstâncias, pode comprometer a estabilidade do recurso, evidenciado por rebaixamentos excessivos dos níveis estáticos e dinâmicos da água dos respectivos aquíferos, levando ao comprometimento ao uso de poços tubulares e, como consequência, gerar retração econômica e problemas de abastecimento de água à população da região.

O estado do Ceará enfrenta um longo período de estiagem que ocasionou intensas modificações na qualidade e disponibilidade dos mananciais superficiais e subterrâneos em vários municípios. Desta forma justifica-se a elaboração do presente plano com a finalidade de aquisição de conhecimento do meio físico para fins de gestão dos recursos hídricos.

Neste contexto, é que foi concebido um projeto para avaliação dos recursos existentes, não somente interessado na expansão do conhecimento técnico, como também na proposição de um modelo de gestão das reservas subterrâneas da região de Poranga para ofertar garantia de acesso ao recurso.

O envolvimento coordenado entre Agência Nacional de Águas subterrâneas (ANA) e os Órgãos Gestores Estaduais e a conformação de uma Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização (CTAF) com reuniões permanentes para avaliação dos levantamentos e estudos empreendidos são indicativos importantes do tipo de arranjo institucional que se fará necessário.

1.3. Delimitação Geográfica

O Município de Poranga (Figura 1) dista 346 km de Fortaleza, e o acesso a partir da capital é efetuado inicialmente pela BR-020 dirigindo-se aproximadamente 100 km até a sede municipal de Canindé. A partir daí percorre-se pela CE-257 por aproximadamente 103 km até a sede municipal Santa Quitéria. Na sequência segue pela CE-176 por mais 51,3 km e na rotatória continua-se pela CE-265 por mais 43,9 km até sede municipal de Poranga. (Figura 2).

Cartograficamente insere-se nas folhas Macambira (SB.24-V-A-V) e Ipueiras (SB.24-V-A-VI).

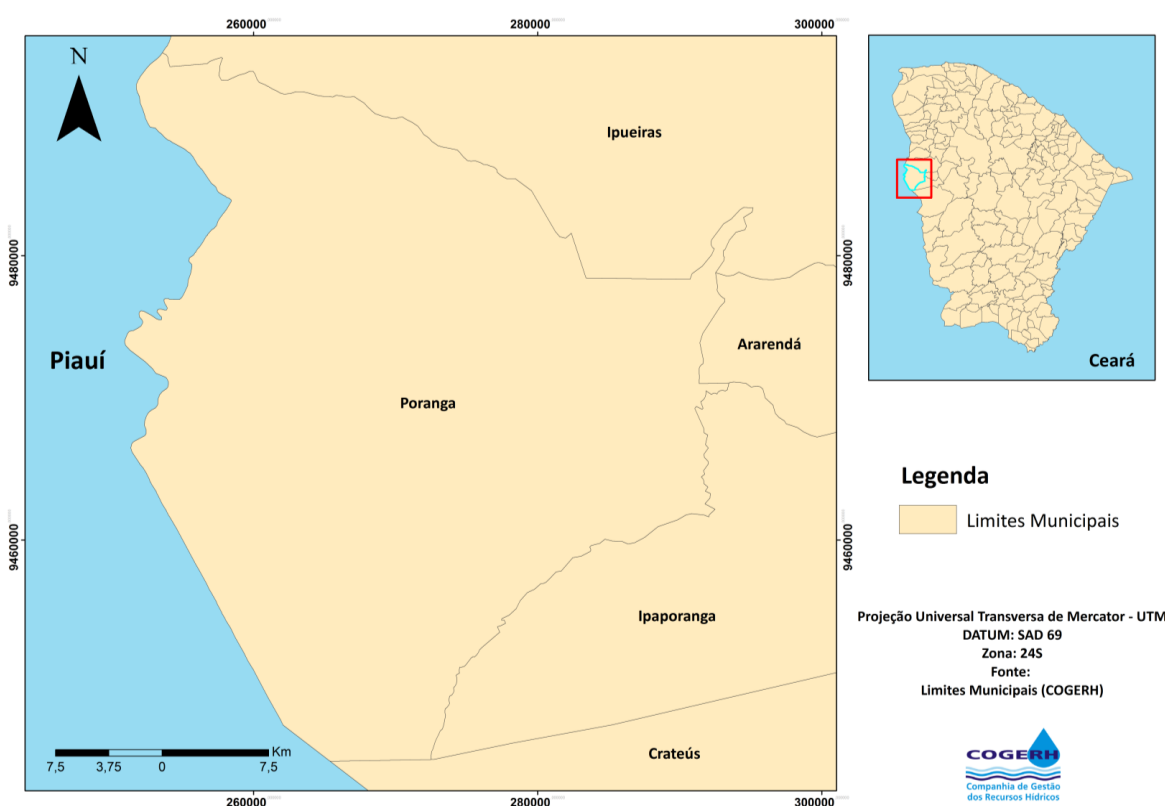


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, que abrange todo o Município de Poranga – Ce.

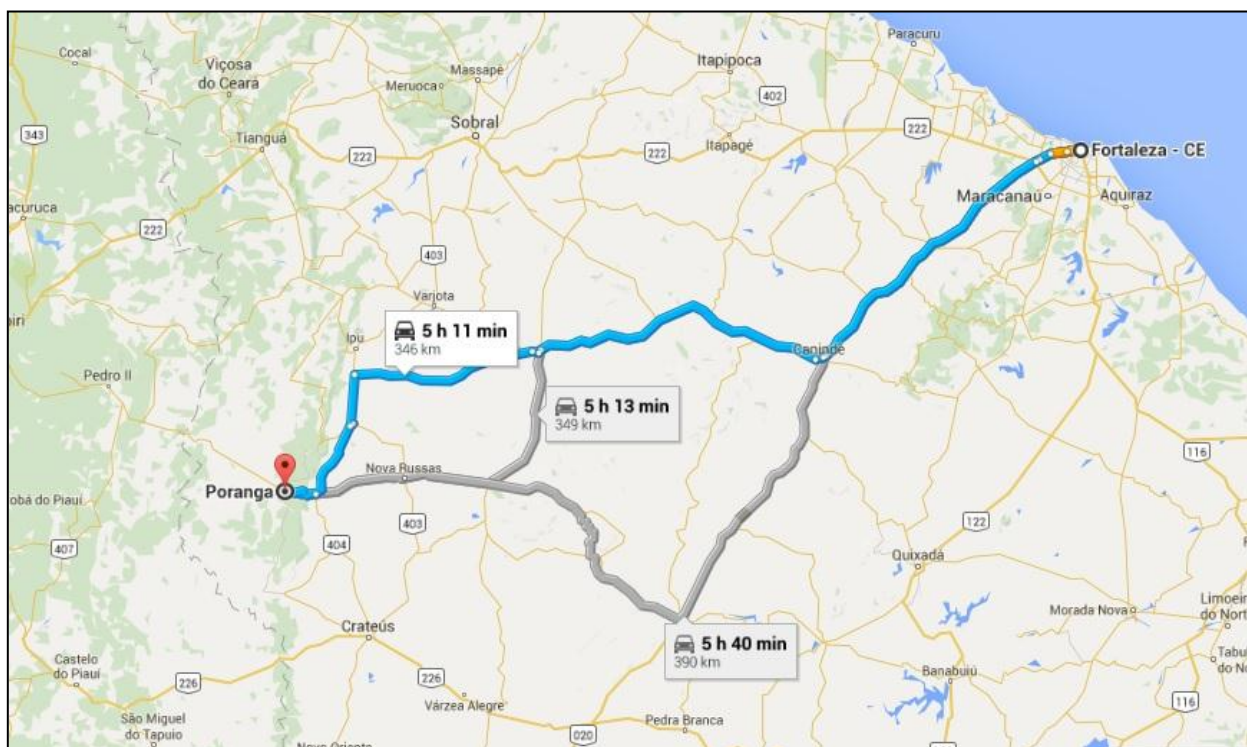


Figura 2 – Mapa de localização e acesso ao Município de Poranga, Ceará.

2. GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os princípios básicos da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), segundo Solanes e Getches (1998), são:

- Eficiência Econômica – mensura o valor da água correlacionando seu potencial em relação ao mercado e atentando para a boa relação custo/benefício inerente a utilização deste recurso natural.
- Justiça Distributiva – adequação das leis que regulamentam a distribuição do recurso, para que a mesma ocorra de modo igualitário e justo, promovendo bem social.
- Sustentabilidade ecológica – refere-se à garantia de uso para o homem, mas também para a manutenção da estabilidade do meio ambiente.
- Equilíbrio na tomada de decisões – amplia as decisões acerca do gerenciamento do recurso, que abrange instituições técnicas e administrativas, bem como a participação dos usuários.

Segundo Lord e Israel (1996), existem três elementos que norteiam as ações de gestão: os atores, o ambiente e as instituições.

- Atores – são usuários individuais ou em grupo que definem a demanda e abordam as condições de custo da água em relação à sua destinação de uso.
- Ambiente – refere-se ao ambiente físico natural e à infraestrutura antrópica, onde se encontra o recurso.
- Instituições – órgãos responsáveis pela elaboração das regulamentações que imprimem direitos e deveres aos atores e os devidos usos, mediante leis e normas.

As regulamentações elaboradas pelas instituições devem considerar:

- Alcance – são os efeitos que uma determinada política, programa ou projeto afeta no presente e no futuro;
- Participação – refere-se às ações dos usuários ocorrendo principalmente de forma descentralizada sob o modelo de comitês de bacias hidrográficas;
- Poderes – refere-se às organizações responsáveis pela Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, caracterizando quanto a sua idoneidade, competência para o desenvolvimento do recurso, distribuição e controle de uso;
- Informação – refere-se às formas de propagação das informações, prezando pela fidelidade e comprometimento com os dados informados;
- Tomada de decisões – aborda os encaminhamentos a partir de políticas públicas ou programas na forma de negociações, comando e representação (entidades de ordem menor têm pesos relevantes nas decisões);
- Benefícios e custos – se incluem todas as consequências materiais, até mesmo as de ordem monetárias.

3. BASES PARA A OPERAÇÃO DO COMITÊ DE USUÁRIOS

A estruturação de um Comitê de Usuários deve-se apoiar em ações internas e externas.

3.1. Linhas de ação interna (membros do comitê)

Neste aspecto se ressaltam três premissas que contribuem para consolidar a eficácia e eficiência do comitê:

- Cadastramento de usuários – com a finalidade de conhecer os usuários e seus interesses, obtendo informações quanto as tecnologias implantadas, vínculos institucionais disponíveis, etc;
- Capacitação e sensibilização dos membros – aquisição de conhecimentos básicos acerca do recurso objeto da gestão a fim de providenciar um melhor direcionamento das ações de gestão;
- Coordenação interinstitucional de programas e projetos – refere-se às conexões entre instituições para facilitar as ações de coordenação, cooperação e colaboração.

3.2. Linhas de ação externa (comunidade e instituições)

Ações da gestão com base em:

- Informação e motivação social – abrange o conhecimento das ações de gestão do comitê e promoção da motivação e confiança para a sociedade;
- Coordenação interinstitucional – deve-se considerar o provimento de informações periódicas sobre cada fase de desenvolvimento, transformando o programa de atividades em informações que correlacionem os atores, entidades, grupos, unidades administrativas ou técnicas e organizacionais. Nesta ação contemplam-se também os mecanismos de fiscalização.

4. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA REGIÃO DE PORANGA

4.1. Clima – Balanço hídrico

Segundo a classificação de Köppen predomina no estado do Ceará o clima semiárido quente (Bsh) com variações de temperaturas nas diferentes regiões do estado, litoral (27°C), Serras (22°C) e Sertão (33°C durante o dia e 23°C a noite). No município de Poranga o clima é Tropical Quente Semi-árido Brando, possui pluviosidades média de 1.178,4 mm e o período chuvoso fica entre janeiro e abril. Na região as temperaturas médias variam de 22 °C a 24°C (Figura 3), Ipece 2014.

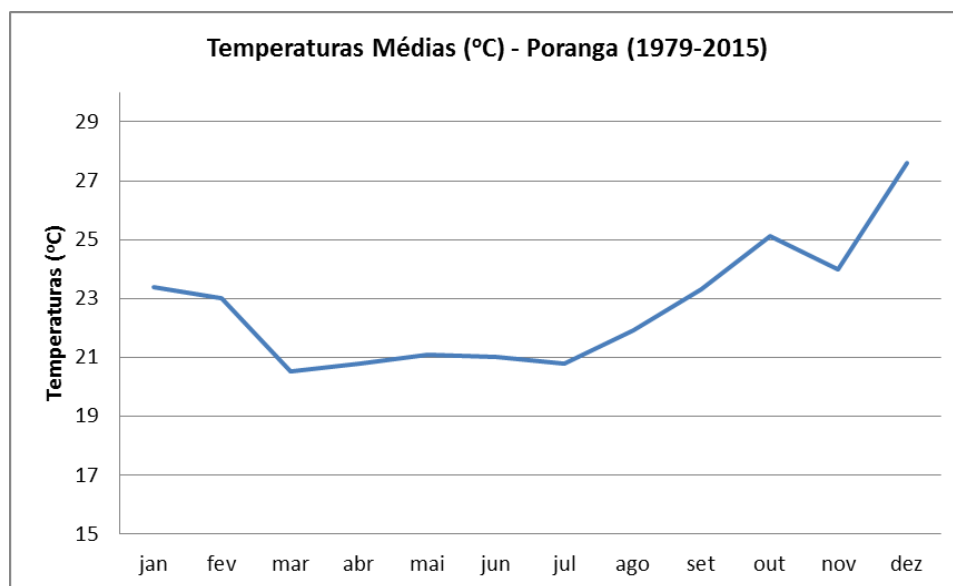


Figura 3 – Variações das temperaturas médias mensais na região de Poranga.

Numa abordagem das condições hídricas da região se realizou uma avaliação com base na estação meteorológica de Poranga. A série histórica apresenta registros de precipitação de 1979 a 2015. A partir desta, é possível estabelecer os totais precipitados e as médias mensais para o período de coleta de dados da estação, como está apresentado na Tabela 1.

As maiores taxas de precipitação encontram-se no período de janeiro a junho, tanto se considerados os totais mensais (Figura 4) quanto às médias mensais (Figura 5) para o período. Verificou-se que no período de janeiro a junho, ao longo do intervalo de 1979 a 2015, precipitou um total de 20.272,3mm com uma média de 552,8mm. A mesma correlação pode ser feita para a avaliação do período de taxas mínimas de precipitação, onde se verificou nos dois gráficos (Figuras 4 e 5) que os meses de julho a dezembro registram menores volumes de chuvas. O total de precipitação para o período de julho a dezembro ao longo do intervalo de 1979 a 2015 foi de 1541,9mm com uma média de 45,1mm.

Tabela 1 – Série histórica com médias mensais (mm) e totais mensais (mm), registradas na estação meteorológica de Poranga (1979 a 2015) (Fonte: FUNCEME).

| Posto | Latitude | Longitude | Ano | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|---------|------------------|------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1979 | 92,1 | 74,7 | 39,5 | 85,4 | 141,9 | 41,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 90,2 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1980 | 39,5 | 235,8 | 121,7 | 28,8 | 5,0 | 45,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,2 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1981 | 52,9 | 66,8 | 294,2 | 40,8 | 73,6 | 0,0 | 0,0 | 6,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 38,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1982 | 40,0 | 116,0 | 59,0 | 50,0 | 53,0 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1983 | 4,0 | 85,0 | 55,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1984 | 15,0 | 59,0 | 173,0 | 225,0 | | | | | | 0,0 | | |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1985 | 170,0 | 178,0 | 238,0 | 165,0 | | | | | | | | |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1986 | 95,0 | 146,0 | 239,0 | 26,0 | 119,0 | 68,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1987 | 0,0 | 36,0 | 210,0 | 222,0 | 28,0 | 16,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1988 | 34,2 | 15,2 | 264,0 | 304,4 | 47,0 | 22,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 119,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1989 | 66,0 | 35,1 | 194,0 | 103,0 | 261,6 | 14,0 | 65,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 35,8 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1990 | 0,0 | 144,0 | 33,0 | 69,0 | 26,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1991 | 79,0 | 51,0 | 116,0 | 54,0 | 40,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1992 | 0,0 | 98,0 | 47,0 | 102,0 | 5,0 | 12,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1993 | 0,0 | 0,0 | 79,0 | 100,8 | 9,0 | 0,0 | 50,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1994 | 53,0 | 80,0 | 64,0 | 168,0 | 35,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1995 | 3,0 | 14,0 | 53,0 | 152,6 | 75,0 | 8,0 | 9,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1996 | 42,0 | 35,5 | 121,8 | 122,0 | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1997 | 73,0 | 52,0 | 279,0 | 59,0 | 85,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1998 | 134,0 | 4,0 | 153,0 | 150,0 | 22,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 1999 | 92,3 | 72,0 | 185,0 | 199,0 | 93,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 157,0 | 39,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2000 | 105,0 | 200,0 | 264,0 | 207,0 | 31,0 | 0,0 | 6,0 | 14,0 | 26,0 | 0,0 | 0,0 | 40,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2001 | 90,1 | 198,0 | 198,0 | 165,0 | 37,0 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2002 | 323,0 | 28,0 | 209,0 | 197,0 | 46,5 | 46,5 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2003 | 36,0 | 159,6 | 244,0 | 38,0 | 34,0 | 83,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2004 | 466,8 | 285,0 | 223,0 | 105,0 | 56,0 | 81,5 | 49,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,5 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2005 | 258,0 | 14,0 | 280,0 | 117,0 | 114,0 | 41,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2006 | 40,0 | 98,0 | 153,0 | 82,0 | 52,0 | 34,0 | 8,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 20,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2007 | 6,0 | 282,0 | 110,0 | 232,0 | 32,0 | 63,0 | 13,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 132,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2008 | 67,0 | 72,0 | 250,0 | 279,0 | 54,0 | 16,0 | 22,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2009 | 58,0 | 353,0 | 139,0 | 147,0 | 234,0 | 65,0 | 45,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 19,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2010 | 72,0 | 23,0 | 47,0 | 128,0 | 30,0 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,0 | 0,0 | 119,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2011 | 151,0 | 142,0 | 194,0 | 34,5 | 196,0 | 57,0 | 77,0 | 10,0 | 0,0 | 67,5 | 3,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2012 | 84,0 | 175,0 | 75,0 | 156,5 | 14,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2013 | 18,2 | 91,3 | 55,5 | 95,0 | 75,4 | 52,0 | 19,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2014 | 30,0 | 46,0 | 139,0 | 129,0 | 60,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,0 | 7,0 | 0,0 |
| PORANGA | -474.488.888.889 | -409.238.888.889 | 2015 | 26,0 | 107,0 | 168,0 | 10,0 | 33,0 | 89,0 | 41,0 | 12,0 | | | | |
| | | TOTAIS | | 2916,1 | 3872,0 | 5766,7 | 4548,8 | 2228,5 | 940,2 | 413,5 | 86,2 | 26,0 | 118,5 | 270,2 | 627,5 |
| | | MÉDIAS | | 78,8 | 104,6 | 155,9 | 122,9 | 63,7 | 26,9 | 11,8 | 2,5 | 0,8 | 3,4 | 8,2 | 18,5 |

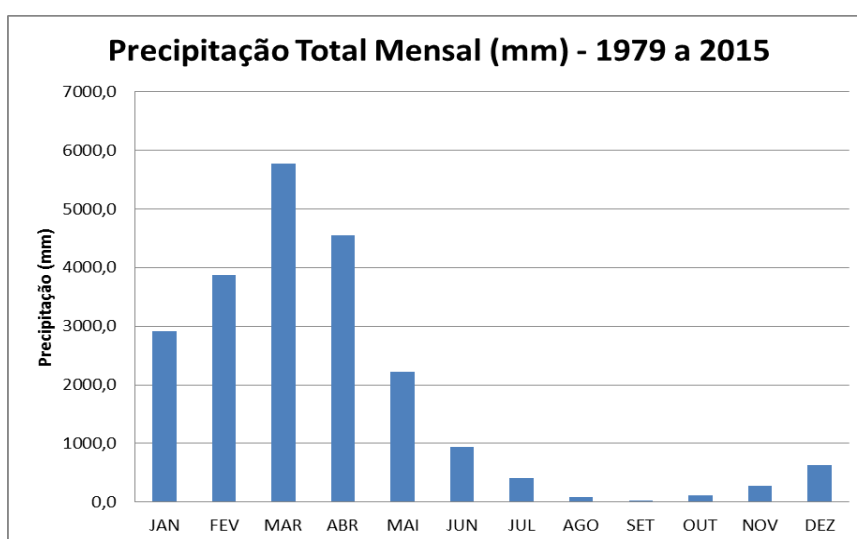


Figura 4 – Totais mensais de precipitação (mm) período de 1979 a 2015 na região de Poranga-Ce.

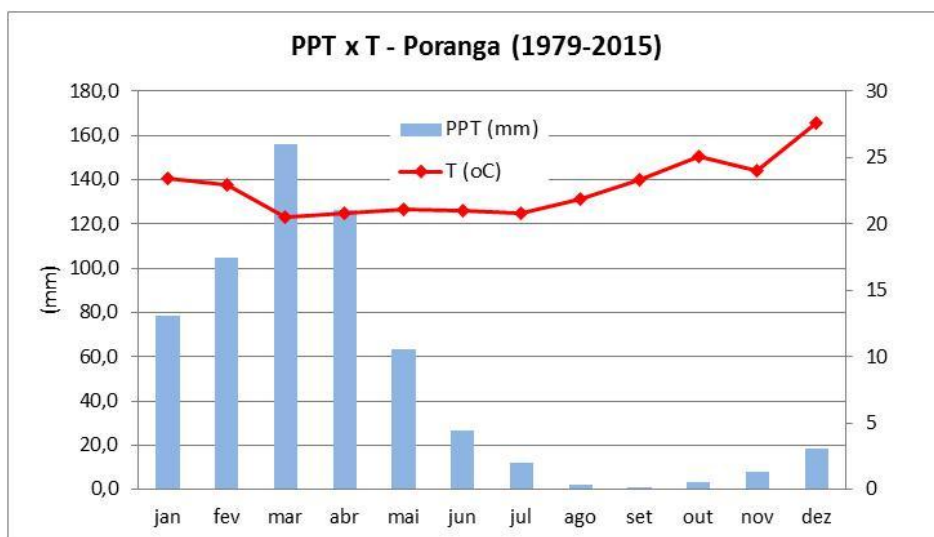


Figura 5 – Médias mensais de precipitação(mm) período de 1979 a 2015 região de Poranga-Ce.

O balanço hídrico elaborado pelo método de Thornthwaite considerou os seguintes parâmetros:

- **Temperatura média** (°C), obtidas através de estação meteorológica implantada no município de Poranga e gerenciada pela FUNCEME;
- **Índice térmico** (Im), calculado com base na temperatura média conforme metodologia supracitada;
- **Fator de correção** (K), considerado para a latitude de 5°S que é correspondente ao município de Poranga;
- **Precipitação média** (PPT), taxa em milímetros (mm) obtida através de medições em estação meteorológica implantada no município de Poranga e gerenciada pela FUNCEME;

Com base nestes parâmetros foi possível calcular:

- **Evapotranspiração potencial** (ETP), que considera a temperatura média, índice térmico e o fator de correção;
- **Evapotranspiração real** (ETR), que estabelece uma relação entre a ETP e PPT conforme metodologia supracitada;
- **Infiltração eficaz** (Ie), resulta da diferença entre PPT e ETR e significa o volume que foi efetivamente transferido para o aquífero.

Uma avaliação direta do balanço hídrico (Tabela 2) mostra que precipitou em média 601mm. Deste total, 448,19mm foram referentes a perdas por evapotranspiração real. Como resultado obteve-se que 152,81mm foram efetivamente infiltrados, que equivale a 25,4% das médias de precipitação. As taxas de evapotranspiração real atingem seus valores mais elevados (63,7 a 89,2mm) no período de janeiro a maio para a estação de Poranga. A infiltração eficaz ocorre nos meses de fevereiro a abril, correspondendo com as máximas de precipitação (Figura 6). Os dados aqui apresentados compõem uma das principais etapas da avaliação hidrogeológica, que se refere ao balanço hídrico. Estes dados auxiliam no entendimento de como funciona o ciclo hidrológico na região, contemplando as entradas e saídas de água do sistema. Partindo-se desta premissa é possível avaliar as reservas hídricas subterrâneas. A tabela 3 reúne as principais informações sobre os parâmetros conclusivos acerca do balanço hídrico. Estas informações norteiam as avaliações sobre as reservas e disponibilidades da água subterrânea na região de Poranga.

Tabela 2 – Tabela resultante do balanço hídrico para a estação meteorológica de Poranga-Ce. T (temperatura média em °C), Im (índice térmico em mm), K (fator de correção), ETP (evapotranspiração potencial em mm), PPT (precipitação pluviométrica em mm), ETR (evapotranspiração real em mm), Ie (infiltração eficaz em mm).

| MÊS | T(média) (°C) | Im (mm) | K | ETP (mm) | PPT (mm) | PPT-ETP (mm) | C (mm) | ETR (mm) | Ie (mm) |
|-----|------------------|------------|------|-------------|-------------|-----------------|-----------|-------------|------------|
| jan | 23,4 | 10,12 | 1,06 | 104,0 | 78,8 | -25,24 | 0,00 | 78,8 | 0,00 |
| fev | 23 | 9,87 | 0,95 | 89,2 | 104,7 | 15,49 | 15,49 | 89,2 | 0,00 |
| mar | 20,5 | 8,30 | 1,04 | 72,4 | 155,9 | 83,50 | 98,99 | 72,4 | 0,00 |
| abr | 20,8 | 8,48 | 1,00 | 72,3 | 126,1 | 53,82 | 100,00 | 72,3 | 52,81 |
| mai | 21,1 | 8,67 | 1,02 | 76,5 | 63,7 | -12,83 | 87,17 | 76,5 | 0,00 |
| jun | 21 | 8,61 | 0,99 | 73,3 | 26,9 | -46,48 | 40,69 | 73,3 | 0,00 |
| jul | 20,8 | 8,48 | 1,02 | 73,7 | 11,8 | -61,89 | 0,00 | 52,5 | 0,00 |
| ago | 21,9 | 9,17 | 1,03 | 85,1 | 2,5 | -82,64 | 0,00 | 2,5 | 0,00 |
| set | 23,3 | 10,06 | 1,00 | 97,1 | 0,8 | -96,31 | 0,00 | 0,8 | 0,00 |
| out | 25,1 | 11,25 | 1,05 | 123,7 | 3,4 | -120,30 | 0,00 | 3,4 | 0,00 |
| nov | 24 | 10,52 | 1,03 | 108,0 | 8,2 | -99,79 | 0,00 | 8,2 | 0,00 |
| dez | 27,6 | 12,97 | 1,06 | 159,8 | 18,5 | -141,38 | 0,00 | 18,5 | 0,00 |
| | 22,71 | 116,50 | | 94,6 | 601,0 | 506,41 | | 548,19 | 52,81 |

Tabela 3 – Principais parâmetros conclusivos da avaliação do Balanço Hídrico da região de Poranga, para série histórica de 1979 a 2015.

| BALANÇO HÍDRICO | |
|----------------------------------|--------|
| PARÂMETRO | VALOR |
| Temperatura média (°C) | 22,71 |
| Índice térmico (mm) | 116,50 |
| Precipitação Total (mm) | 601,00 |
| Evapotranspiração Potencial (mm) | 94,60 |
| Evapotranspiração Real (mm) | 448,19 |
| Infiltração Eficaz (mm) | 52,81 |

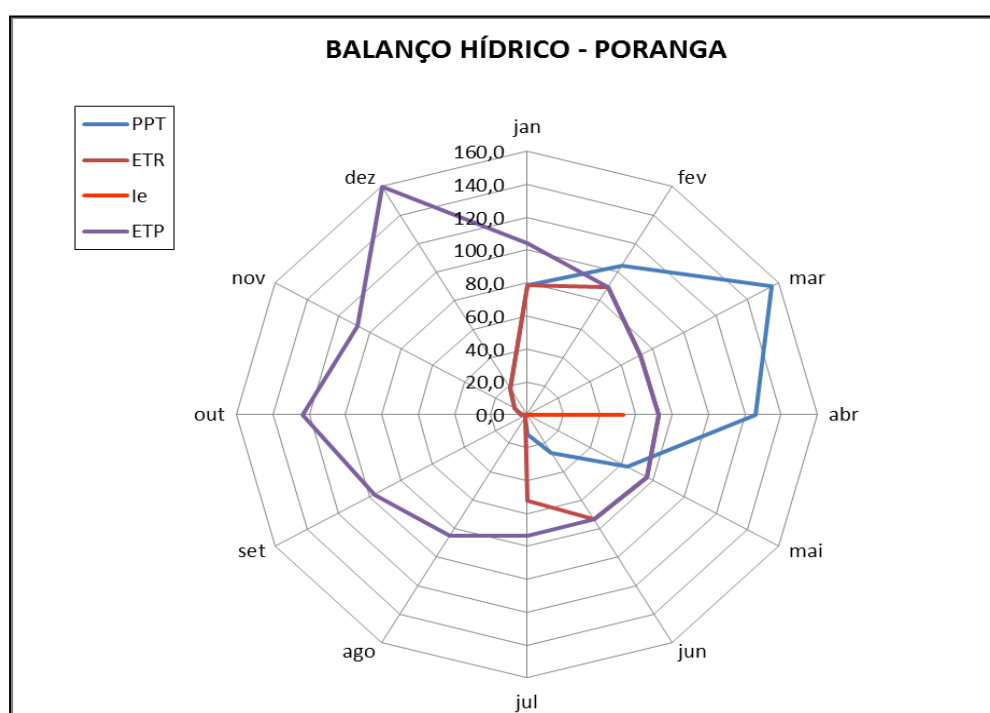


Figura 6 – Gráfico dos padrões de variação das taxas (mm) de precipitação (PPT), evapotranspiração real (ETR) e infiltração eficaz (Ie), para o balanço hídrico com base na estação de Poranga com dados adquiridos no período de 1979 a 2015.

4.2. Hidrogeologia

Para avaliações de cunho hidrogeológico as rochas sedimentares são caracterizadas como porosas, como é o caso dos arenitos do Grupo Serra Grande. No entanto, a condição de elevada silicificação imprime à rocha uma característica distinta, onde as feições de caráter fissural controlam a ocorrência da água subterrânea, ou seja, as fraturas passam a representar o principal meio de acumulo e transferência da água presente no aquífero Serra Grande.

Neste contexto, para entender sobre o armazenamento e circulação de água nos aquíferos, é necessário abordar os condicionantes geológicos que permitem inferir caminhos preferenciais de fluxo, possibilitando a elaboração de modelos conceituais. Outras informações relevantes para as avaliações hidrogeológicas se referem aos dados quantitativos da recarga explanados no balanço hídrico elaborado, dados de vazão e nível estático dos poços levantados no cadastro e dados de produção realizados em poços selecionados para execução de teste de vazão.

4.2.1. Grupo Serra Grande

Geologicamente o município de Poranga está representado por rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Piauí-Maranhão. Os litotipos são predominantemente arenitos silicificados do Grupo Serra Grande; por vezes recobertos por sedimentos terciários constituídos de areia, argilas e cascalhos e dos sedimentos aluviais quaternários, formados por areias, siltes, argilas e cascalhos, que se distribuem ao longo dos principais cursos d'água que drenam a Sub-bacia. Ainda no contexto geológico do Grupo Serra Grande, ocorrem ainda na área tipos litológicos associados à Formação Tianguá, na porção nordeste do município e Formação Jaicós na porção central estendendo-se para toda a porção oeste, como mostra o Anexo 1 – Prancha Mapa Geológico e Zonas de Alta Vazão.

Formação Tianguá

Arenito fino, bege amarelado com grãos esféricos bem selecionados. Exibe intercalações de siltitos, argilitos e folhelhos avermelhados com laminação cruzada. Presença de marcas de onda e estratificação cruzada do tipo espinha de peixe, sugerindo ambiente de sedimentação marinho raso, sujeito a marés.

Formação Jaicós

Conglomerado com blocos de arenito e quartzo leitoso. Arenito, em parte arcoseano, de coloração bege, granulometria média à grossa. Arenitos conglomeráticos ricos em seixos centimétricos de quartzo leitoso que gradam em direção ao topo para arenito creme amarelado,

de granulometria média a grossa, mal selecionado, com grânulos e seixos de quartzo disperso. Este por sua vez, grada para arenito fino e siltito amarelado em camadas centimétricas (aproximadamente 20 cm), que se intercala a arenito grosso. Intercalações de leitos tabulares de argilito e siltito; intercalados com estreitas camadas microconglomeráticas. Presença de estratificação plano-paralela e cruzada de médio e grande porte, tabular e acanalada, e níveis de grânulos na base. As características deposicionais e estruturais apontam para ambiente fluvial entrelaçado, marinho raso e fluvio-eólico.

4.2.2. Inventário hidrogeológico

Uma das formas mais eficientes de obter informações de sobre a água subterrânea é através da confecção do Inventário Hidrogeológico.

O cadastro elaborado teve por objetivos levantar amplas informações acerca das características físicas, hidrodinâmicas e de uso da água subterrânea na região, conforme explanado no produto anteriormente apresentado. Utilizou-se como suporte para aquisição das informações a planilha base elaborada pelos técnicos da Cogeh, como parte do Termo de Referência para o presente estudo. O cadastramento envolveu levantamento de pontos d'água relacionados ao aquífero a ser estudado, coletando informações de poços amazonas (cacimbões) e poços tubulares rasos e profundos, além de fontes de água como nascentes para comporem objeto de informação com vistas ao conhecimento das condições de ocorrência e circulação da água subterrânea na região.

4.2.2.1. Interpretações

A partir do cadastro foi possível elaborar produtos que auxiliam no entendimento das características hidrogeológicas da região. As informações acerca das condições de ocorrência e exploração da água subterrânea são relevantes. Para tanto se aborda principalmente as profundidades do nível estático e os volumes explorados em cada poço.

Foram avaliadas 182 unidades cadastradas com profundidades dos poços registradas. A maioria dos poços possui profundidades que variam entre 41 e 80 metros (Figura 7), o que reflete uma captação através de poços tubulares profundos. Poços com profundidades inferiores a 40 metros são pouco representativos na área, sendo estes referentes às captações mais rasas. O mesmo acontece com poços com profundidades superiores a 81m, não são muito ocorrentes, o

que pode ser justificado pelas vazões de produção a tais profundidades serem suficientes para o uso da água proposto ou pelo elevado custo de construção, considerando que a maioria dos poços é de propriedade particular. O custo de construção de um poço aumenta exponencialmente a medida que a profundidade do mesmo acresce.

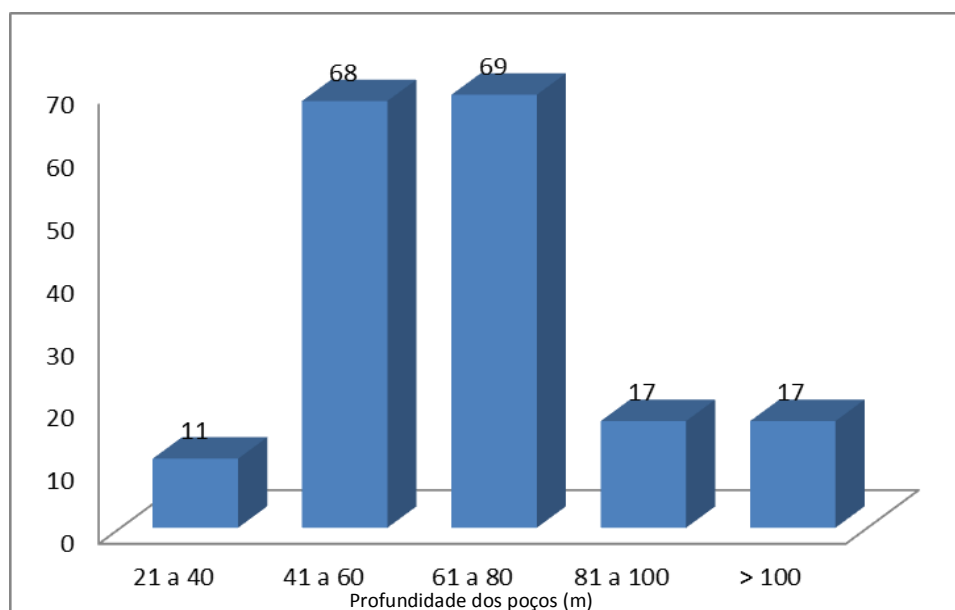


Figura 7 – Distribuição da profundidade dos poços cadastrados no município de Poranga – CE.

Os níveis estáticos dos poços cadastrados mostram-se predominantemente rasos, evidenciados em uma faixa que se estende de nordeste para sudoeste da área (Figura 8). A maioria apresenta profundidades de 5 a 14 metros (Figura 9). Se considerarmos as profundidades dos poços que na maioria variam de 41 a 80 metros, pode-se mencionar a presença de colunas d'água satisfatórias a exploração. Evidentemente, para tanto, é necessário o conhecimento absoluto do potencial, o qual é obtido através de estudos hidrogeológicos clássicos baseados em testes de produção de poços. Níveis estáticos mais próximos a superfície também requerem uma maior atenção quanto à conservação dos poços, principalmente em se tratando de ambientes mais porosos como o caso dos aquíferos Serra Grande.

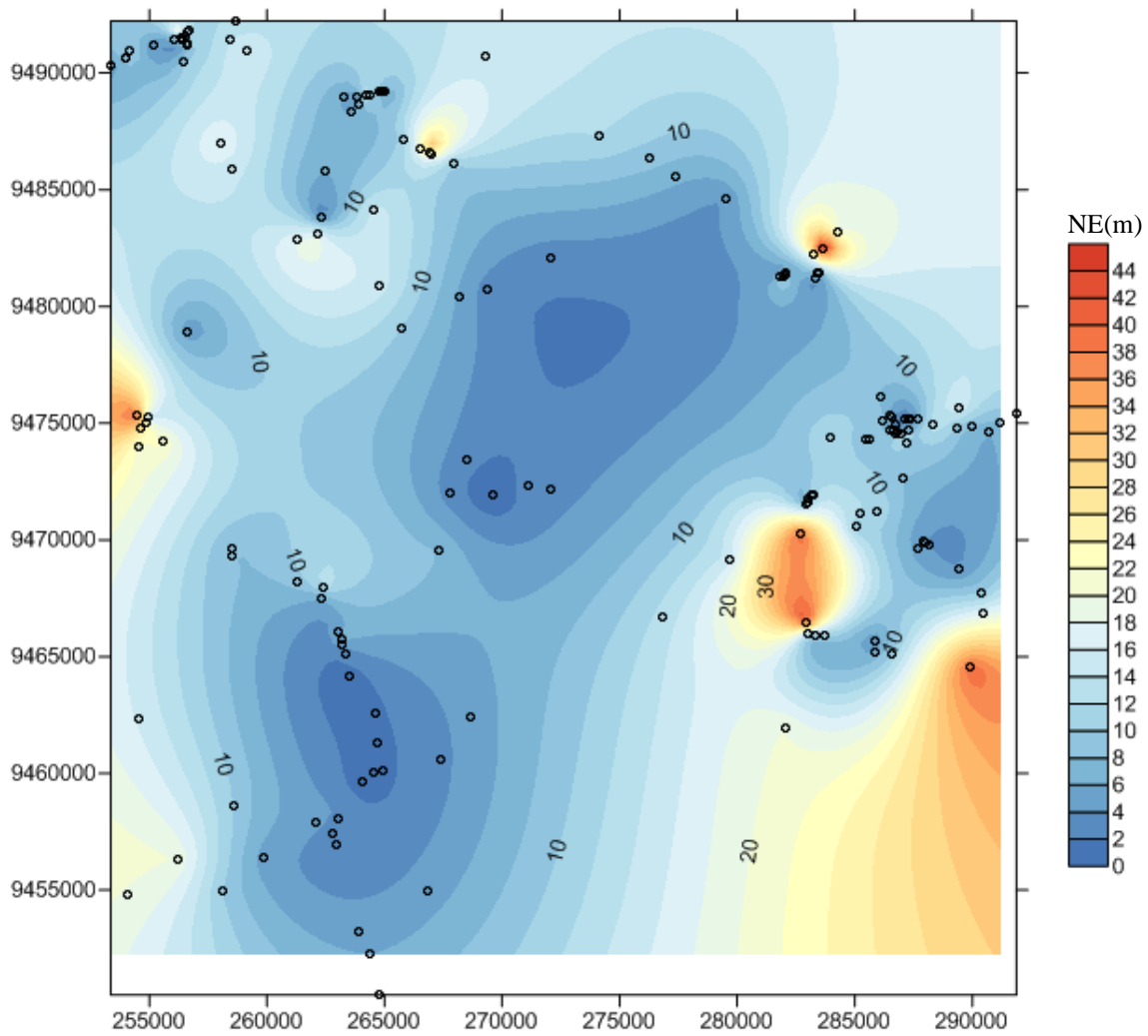


Figura 8 – Mapa de isolinhas para os níveis estáticos medidos nos poços cadastrados no município de Poranga – Ce.

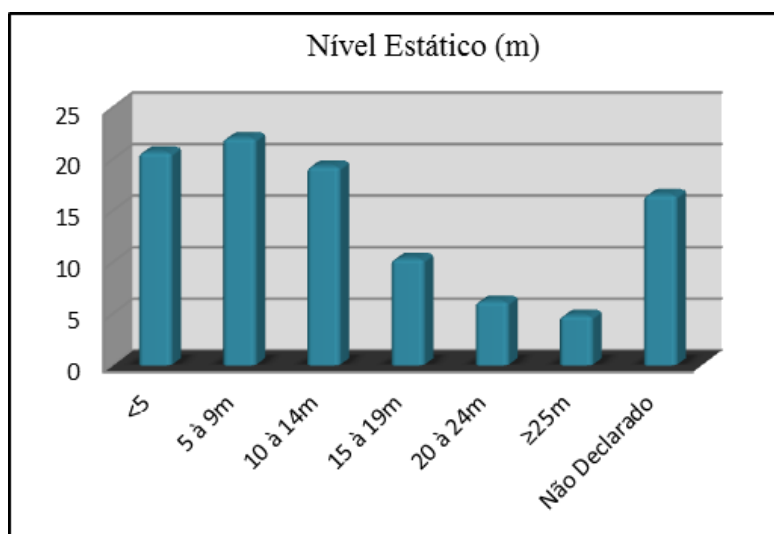


Figura 9 – Gráfico de distribuição das profundidades do Nível Estático (m).

4.2.2.2. Dados de Vazão

Uma avaliação sobre a vazão dos poços permite abordar o sistema como de boa vocação hidrogeológica. No projeto em apreço realizaram-se testes de vazão em poços a fim de se determinar as reais características de produção bem como parâmetros hidrodinâmicos de condutividade hidráulica e transmissividade, que auxiliam na determinação do potencial produção (Ver Anexo 1 – Prancha Poços com Teste de Vazão). As vazões atingem valores de 0,2 a 10 m³/h na maioria dos poços (Figura 10). Vazões superiores também são identificadas, variando de 10 a 60 m³/h, confirmando o bom potencial aquífero do ambiente em questão, bem como seu caráter anisotrópico. Em muitas situações a produção do poço pode estar diretamente relacionada com seu projeto construtivo e sua localização. Poços que interceptam fraturas ressaltadas pelo levantamento geofísico possuem normalmente maior produção. Quanto aos aspectos construtivos, a utilização de tubos de revestimentos e filtros adequados, contemplando as profundidades reais de entradas de água, pode conferir ao poço características de elevadas vazões e boa qualidade de água em relação a sua turbidez. Pode-se salientar que para um melhor aproveitamento do potencial é necessário o conhecimento das formas de acumulação e circulação da água em sub-superfície, o que é possível através de estudos geológicos e geofísicos de detalhe.

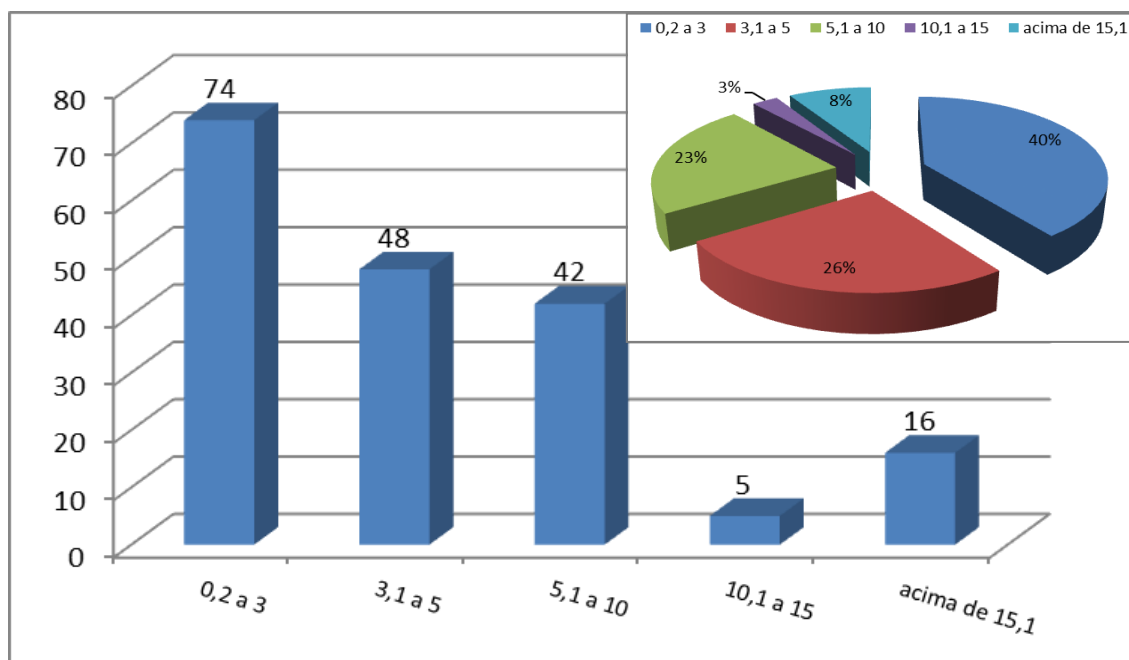


Figura 10 - Gráfico de distribuição da vazão dos poços na região de Poranga-Ce (m³/h).

Devido a grande anisotropia da área pesquisada, elaboraram-se interpolações distintas para se avaliar a vazão registrada nos poços (Ver Anexo 1 – Prancha Isovalores de Vazão). A primeira refere-se aos poços que registraram vazões de 0,2 a 25 m³/h (Figura 11). A segunda avaliação refere-se aos poços com vazões de 0,2 a 60 m³/h (Figura 12). Para as duas avaliações observaram-se padrões semelhantes para as zonas de alta vazão, representadas na figura pelas áreas brancas a avermelhadas. Desta forma pode-se inferir que mesmo considerando o meio como anisotrópico, os dados de vazão dos poços apontaram zonas nítidas de elevada vazão a sudeste e sudoeste, que contrastam com zonas de menor vocação demarcadas pelas áreas azuis.

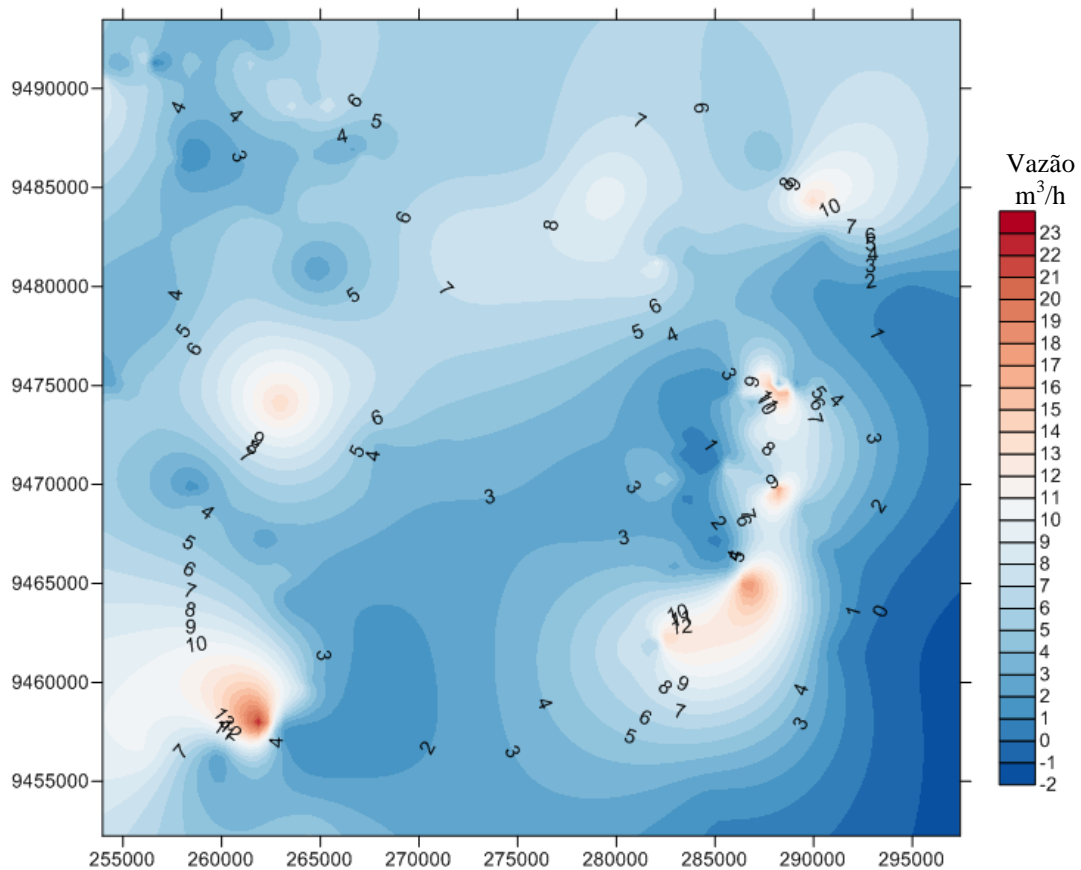


Figura 11 - Dados de vazão para poços com vazões de 0,2 a 25 m³/h

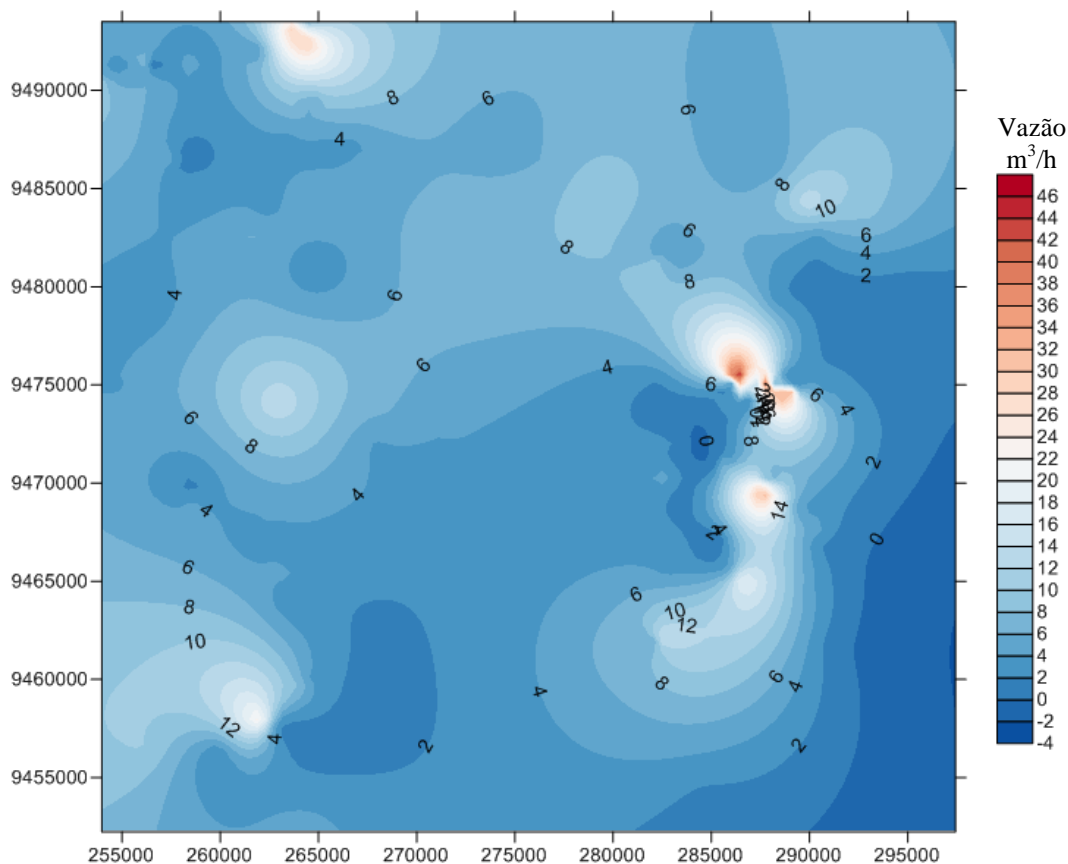


Figura 12 - Dados de vazão para poços com vazões de 0,2 a 60 m³/h

4.2.2.3. Parâmetros físico químicos

Quanto aos parâmetros físicos químicos *in situ*, avaliados durante o cadastramento aborda-se aqui os dados de condutividade elétrica e pH (Figura 13). A condutividade elétrica é associada aos sólidos totais dissolvidos na água e, conseqüentemente à salinidade. A maior parte da área do projeto registra condutividades baixas, inferiores a 900 µS/cm, podendo ser utilizada tanto para consumo humano quanto para agricultura e pecuária. Nas porções extremo leste e noroeste da área identificou-se os níveis mais elevados de condutividade elétrica, atingindo valores de até 1.800 µS/cm.

O pH pode ter relação com os sais dissolvidos, bem como os parâmetros de contaminação que comumente atingem poços que não contemplam a proteção sanitária em seus projetos. Na área o pH das águas subterrâneas apresenta-se em sua maioria alcalino (pH acima de 7). Águas mais ácidas podem ser identificadas da área urbana de Poranga, conforme mapa de isovalores para o pH.

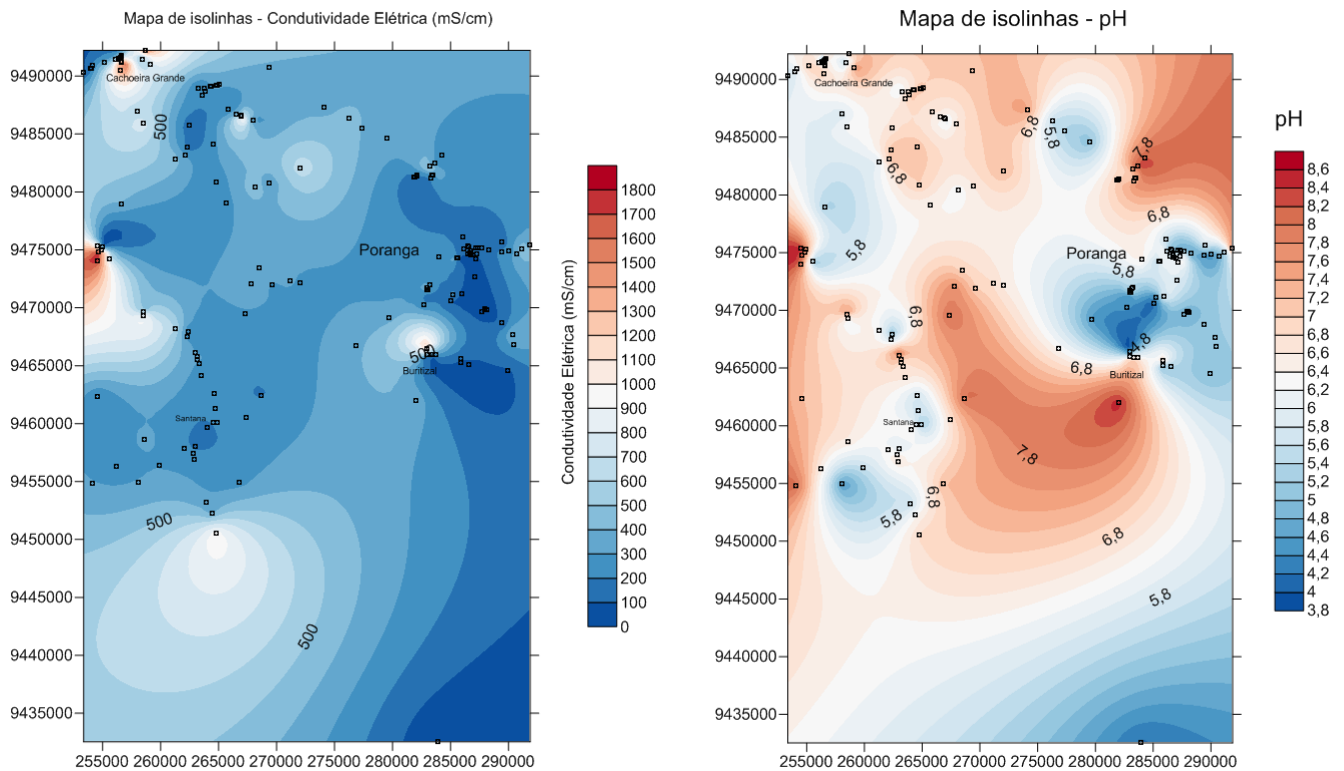


Figura 13 – Mapa de isolinhas para a Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH medidos nos poços cadastrados no município de poranga – Ce.

5. A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A gestão das águas subterrâneas dentro do contexto da GIRH significa equilibrar a exploração do recurso (em termos de quantidade, qualidade e relações relevantes com outros recursos naturais) com o incremento da demanda de água utilizada para o desenvolvimento econômico e para a subsistência. O equilíbrio terá que considerar a eficiência, a justiça e a sustentabilidade em longo prazo com o propósito de manter tanto a qualidade como a quantidade aos níveis desejados.

Na prática, a gestão das águas subterrâneas contemplam também:

- Os esgotos das cidades, até mesmo quando estas representam simultaneamente um recurso adicional e uma ameaça potencial de contaminação para as águas subterrâneas;

- O manejo do solo, até mesmo quando os aquíferos estejam ameaçados pela contaminação causada pela urbanização, o desenvolvimento industrial, a atividade agrícola e as empresas de mineração;
- As águas superficiais, até mesmo quando estas fazem parte do ciclo de hidrológico total, como muito em quantidade como em qualidade.

Um plano de gestão de águas subterrâneas deve, por sua vez, ter o propósito de evitar as situações acima mencionadas e, assim como o plano nacional, identificar as ações necessárias para contribuir efetivamente para a gestão dos recursos hídricos. Este plano converge para a participação dos usuários, estabelecendo as necessidades dentro do marco social e econômico mais amplo e devendo considerar, claramente, as situações hidrogeológicas, socioeconômicas e institucionais.

A delimitação apropriada das fronteiras para estabelecer a área do planejamento e gestão do recurso de águas subterrâneas é um tema difícil que geralmente transcende os limites políticos e administrativos. Também, em algumas situações socioeconômicas e políticas do mundo real, as decisões para a gestão do risco - dirigidas a abordar a extração excessiva e/ou a contaminação severa das águas subterrâneas - anularão enfoques da gestão integrada. Outros obstáculos para um enfoque integrado são a falta de capacidade institucional, a disponibilidade limitada de fundos ou, simplesmente, as políticas (Barbosa, 2006).

Segundo Barbosa (2006) as estratégias de um plano de gestão das águas subterrâneas devem ser apropriadas para situações específicas:

- Situação inicial onde existe uma extração insignificante de águas subterrâneas, unicamente se precisarão registrar os poços e mananciais e traçar mapas do recurso;
- Em situação de tensão incipiente com poucas demandas e conflitos locais irreconciliáveis é adequado utilizar ferramentas simples de gestão para uma boa distribuição que conte com o apoio de um marco regulatório;
- Em situação de tensão significativa na qual a extração afeta o regime natural e os usuários. Neste caso, será necessário empregar uma política de desenvolvimento das águas subterrâneas e um marco regulatório baseado na valoração de recursos;
- Situação insustentável, onde exista uma extração incontrolada e excessiva e uma deterioração irreversível do aquífero, existe a necessidade urgente de políticas, legislação e regulamentação muito mais rigorosa, e de mecanismos de gestão mais severos.

5.1. Situação atual do Estado do Ceará

O Ceará passa pela pior seca dos últimos 55 anos. Dos 184 municípios que compõem o estado, 96% decretaram situação de emergência, ou seja, 176 cidades. Nestes lugares aonde a chuva não chega e os mananciais estão à beira de um colapso, a água para beber é difícil e, muitas vezes, vem de carro-pipa, porém a qualidade do líquido distribuído para o consumo é desconhecida pela população.

O volume de água das bacias está distribuído: Litoral (37,33%), Alto Jaguaribe (20,20%), Coreau (36,51%), Metropolitanas (15,70%), Serra da Ibiapaba (18,57%), Médio Jaguaribe (6,38%), Salgado (12,96%), Acaraú (9,22%), Banabuiú (2,42%), Sertões de Crateús (2,78%), Curu (2,29%) e Baixo Jaguaribe (0,23%).

A seca é um fenômeno que ocorre com periodicidade, intensidade e duração variáveis. Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e de Recursos Hídricos (Funceme), no período de janeiro de 1973 a maio de 2015 o Ceará enfrentou oito períodos de seca meteorológica, dos quais quatro foram mais severos e duradouros. O período de seca mais crítico é o atual, que iniciou em abril de 2012 e se estende até hoje. A Funceme estabelece como prognóstico, o ano de 2016 como mais um período de estiagem, podendo vir a ser o quinto ano seguido de seca no Ceará.

Com os volumes de precipitação registrados abaixo da média, surge a preocupação com o nível dos reservatórios de água do Ceará. O quadro atual é preocupante, pois a maioria dos reservatórios monitorados pela Cogerh está seca, as reservas de água se exaurindo e o Estado caminhando para um quadro de colapso no ano de 2016 em vários municípios do interior. Mais de 80% dos açudes do Ceará estão com volume abaixo de 30%. A média acumulada no Estado é de apenas 15%. Os 153 açudes monitorados pela Cogerh, cuja capacidade total são 18,64 bilhões m³, apresenta volume de 1,99 bilhão m³ (10,69%).

6. FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA REGIÃO DE PORANGA

6.1. Avaliação da demanda

Para conhecimento da demanda do município em relação à necessidade de água realizou-se um inventário hidroambiental. Este inventário refere-se ao cadastramento das

unidades de captação da água subterrânea (poços tubulares rasos e profundos, cacimbões e fontes d'água) com informações acerca do potencial e do uso da água. Para elaboração desta base de dados realizou-se treinamento de pessoal local para que se obtivessem garantias quanto a qualidade da informação adquirida. A opção pela aquisição de pessoal local foi pelo fato dessas pessoas conhecerem o meio físico da região, bem como localização e acessos as localidades.

O cadastro desenvolvido para o presente projeto objetivou a determinação das condições de uso e volumes disponíveis no aquífero da região de Poranga. Adquiriram-se informações importantes acerca dos pontos d'água para a elaboração do cadastro: coordenadas geográficas, altitude(m), proprietário, endereço, distrito, município, localidade, tipo de ponto d'água (poço tubular, cacimbo ou fonte), propriedade (pública ou particular), executor do poço, método de locação, método de perfuração, tipo e quantidade de revestimento, diâmetro do revestimento, data de construção, profundidade, altura da boca do poço, vazão, nível estático, nível dinâmico, tipo e denominação do aquífero, fonte de energia, tipo de equipamento de bombeamento, potencia do equipamento de bombeamento, finalidade do uso da água, tempo de bombeamento do poço (horas/dia, periodicidade na semana), número de pessoas atendias, características da água (qualidade química, qualidade bacteriológica, cor, odor, condutividade elétrica, salinidade, pH, sólidos totais dissolvidos, temperatura), fontes de poluição adjacentes, situação de operação (instalado, em uso, inoperante, abandonado, danificado), licença de operação, condições de outorga, responsável pelo poço, informações adicionais relevantes (Ver Anexo 1 – Prancha Poços amazonas e fontes naturais / Poços tubulares).

Em relação à finalidade e uso dos poços avaliados, observou-se que a maior parte (42%) é direcionada para fins de abastecimento humano, seguidos de trato com os animais (dessedentação) e irrigação (Figura 14), que representam as principais atividades da área rural no estado do Ceará. As iniciativas para construção dos poços de captação de água, em sua maioria, foram particulares (69%), fato que muitas vezes é decorrente dos investimentos próprios para suprimento de água em períodos de estiagem. A iniciativa pública contribuiu com a construção e gerenciamento de 27% dos poços cadastrados. Os poços públicos são comumente instalados em escolas, hospitais, postos de saúde, ou mesmo em locais sede para abastecimento da população através de chafarizes.

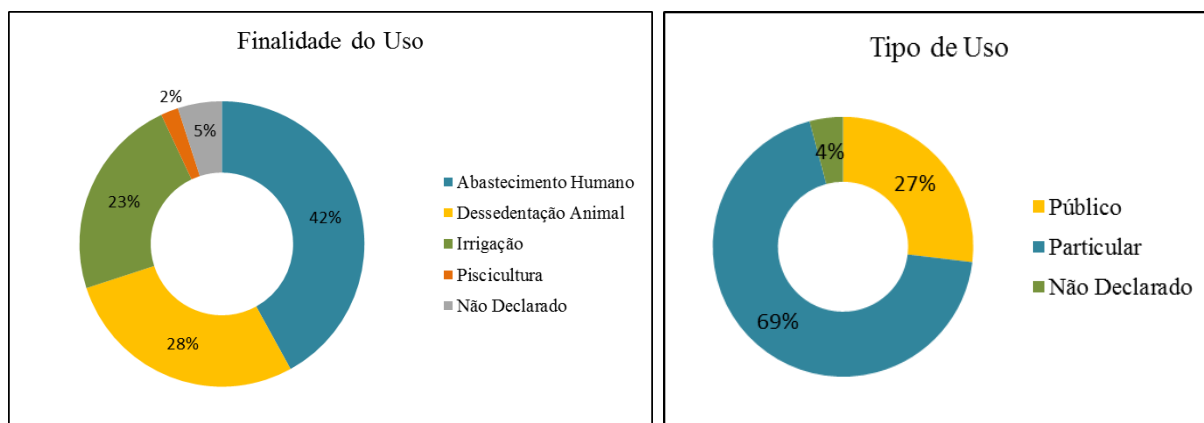


Figura 14 – Gráficos de percentuais para os tipos de uso e finalidade dos poços cadastrados no município de poranga – Ce.

Segundo IBGE, através de dados obtidos no censo de 2010, o município de Poranga possui 12.000 habitantes. A previsão de adensamento populacional para o referido município em 2015 é de 12.224 habitantes. Esta densidade pode ser considerada para um dimensionamento dos volumes de água necessários para o abastecimento humano. Porém outras medidas devem ser adotadas para se conhecer as atividades de agricultura ou industriais que possam ser instaladas e quais as necessidades do uso da água. Estas informações são de suma importância, onde se sugere a elaboração de um cadastro específico adequado para esta finalidade, considerando não somente as empresas do setor agropecuário e industrial já instaladas na região, como também os planos de negócios que porventura venham a agregar como fontes de usuários em potencial.

Para a aquisição de informações adicionais que venham a contribuir com as ações de gestão recomenda-se o envolvimento da comunidade na ação de cadastramento, através de campanhas de informação das atividades a serem realizadas que possam reforçar a importância deste tipo de trabalho. Além de dados de produção dos poços, é necessário informações também sobre as previsões de demanda, referem-se às atividades que porventura possam ser instaladas na região de cunho industrial, serviços, agrícola ou pecuarista. Pode-se sugerir ainda a aquisição de dados que possam subsidiar a elaboração de cenários futuros sobre a disponibilidade da água subterrânea na região, principalmente os referentes à implantação de projeto para uso de água subterrânea em serviços, projeto para o uso agrícola, localização, geometria e tamanho de áreas irrigadas, projeto para uso em atividades pecuárias, abordando sempre os volumes de água da demanda do projeto. Todas as informações que resultam em cenários futuros devem contemplar as series históricas da precipitação, que demarcam com eficácia os períodos de máxima (cheias) e mínimas (secas) disponibilidades hídricas.

A rotina de acompanhamento e fiscalização é importante para que erros não ocorram de modo sequencial, tornando o período de elaboração do inventário mais extenso em decorrência de revisitações para soluções de pendências.

6.2. Potencial aquífero da região de Poranga

Em avaliação das reservas hídricas são abordados os parâmetros que condicionam o armazenamento, bem como uma estimativa dos volumes disponíveis nos aquíferos. A região de Poranga é caracterizada geologicamente por rochas sedimentares, as quais são normalmente associadas a um bom potencial de armazenamento por possuírem boa porosidade. No entanto estudos com base em geologia estrutural e geofísica convergem para um comportamento hidrogeológico divergente do padrão. No caso da região de Poranga, a rocha sedimentar que compõem a principal formação aquífera (arenitos Serra Grande), apresenta-se altamente silicificada, registrando conseqüentemente condições de armazenamento em porosidade secundária ocasionada pela presença de fraturas em decorrência de esforços tectônicos. Sendo assim, a conclusão acerca das reservas hídricas contempla uma metodologia diferenciada envolvendo métodos geofísicos, testes de vazão e dados de produção de poços, que subsidiam o modelo de exploração para a região. Neste modelo contempla-se:

- Uma abordagem sobre as características estruturais da região e conseqüentemente a determinação de zonas propícias à exploração.
- As características dos poços perfurados e orientações sobre a melhor condição construtiva para estas obras.
- A avaliação das vazões de produção resultantes de informações constantes em cada poço cadastrado em etapa inicial, bem como os testes de produção realizados em poços estratégicos com médias e altas vazões.
- Determinação das melhores condições de exploração do recurso hídrico subterrâneo considerando-se as características hidrogeológicas da região.

Os volumes de produção serão abordados em tópico posterior, quando da avaliação das reservas hídricas subterrâneas.

6.2.1. Fluxo subterrâneo

O sentido do fluxo subterrâneo é um importante parâmetro no conhecimento das formas de ocorrência das águas subterrâneas. Este fluxo é obtido através da determinação da superfície potenciométrica de cada poço de monitoramento, medindo-se os níveis de água dos poços e correlacionando-os com as cotas altimétricas acima do nível do mar. Para o referido estudo foram georreferenciados 100 poços, que compuseram a base para interpretação do fluxo subterrâneo.

É reconhecido o nítido armazenamento da água subterrânea do aquífero Serra Grande em domínio fissural em decorrência da elevada silicificação de seus arenitos. Em decorrência disto, é necessário esclarecer que o mapa de fluxo gerado tem o objetivo de verificar os caminhos preferenciais da água subterrânea em escala regional. Pode-se abordar ainda que, localmente, este fluxo pode divergir do resultado constante no mapa de isolinhas. A representação mais próxima do modelo real dependerá dos níveis de interconexão entre as fraturas na rocha, diminuindo assim a característica anisotrópica do meio.

Avaliando-se as cotas piezométricas, observa-se uma variação de 180m a 740m na região pesquisada. Como observado no Anexo 1 – Prancha Fluxo Subterrâneo, o fluxo subterrâneo apresenta-se direcionado em sua maior parte de Leste (cota piezométrica da ordem de 700m) para Oeste (cota piezométrica da ordem de 200m), seguindo de maneira geral com o declive do terreno. Pode-se identificar também fluxo de Noroeste (cota piezométrica da ordem de 500m) para a porção central em uma faixa que se alonga de norte a sul (cota piezométrica da ordem de 200m). Tais características refletem zonas de recarga presentes em toda a porção Leste da área e também no extremo Noroeste. Os exultórios ocorrem numa faixa situada na porção ocidental da área onde registram-se cotas piezométricas mais baixas, da ordem de 180m (Ver Anexo 1 – Prancha Fluxo Subterrâneo).

Para a abordagem acerca das zonas mais propícias a captação, considerou-se também a avaliação do fluxo subterrâneo. Em análise dos resultados verificou-se a existência de uma grande zona de descarga na porção central da área se estendendo para oeste, demarcada pelo alinhamento de menores elevações associado à calha do rio Macambira, onde estão situados alguns dos poços de maior vazão na região (Macambira, Cipó, Mel). Esta zona está inserida nos domínios da Fm. Jaicós e foi demarcada como sendo de elevado potencial de produção de água subterrânea (Ver Anexo 1 – Prancha Fluxo Subterrâneo).

Outra zona demarcada está associada aos poços de alta vazão situados na porção sul da Fm. Tianguá ocorrente na área. Esta zona possivelmente representa um ambiente de descarga da água subterrânea que flui de norte para sul ao longo das feições estruturais condicionantes presentes nas rochas da Fm. Tianguá. Pode-se salientar ainda que, alguns dos poços de elevada vazão são associados a estas zonas tanto na sede de Poranga quanto na região de Buritizal (Ver Anexo 1 – Prancha Fluxo Subterrâneo), ambos apresentando nítido controle estrutural caracterizado pela presença de fraturas extensas com direção E-W (Ver Anexo 1 – Prancha Mapa Geológico e Zonas de Alta Vazão).

6.2.2. Definição das Reservas

6.2.2.1. Oferta – volumes de água subterrânea disponível

Atualmente os poços cadastrados estão operando com uma produção de 1.678,15 m³/h. A maioria destes poços é tubular e bombeia em média 1 hora por dia. Deste modo é possível uma adequação do tempo de bombeamento para períodos mais extensos, considerando o bom potencial do aquífero. Sugere-se investimento em testes de bombeamento em poços de vazões elevadas para se determinar os reais parâmetros de operação (vazão, nível dinâmico, profundidade de instalação da bomba e tempo de bombeamento) para não haver risco de exaustão do aquífero. Normalmente os poços podem bombear 12 horas por dia sem registrar rebaixamentos intensos no nível da água. Deste modo é possível um ganho de vazão a partir do gerenciamento de poços já construídos e em operação.

Através dos estudos hidrogeológicos aplicados na região de Poranga, verificou-se que é possível se obter um incremento de vazão através da perfuração de novos poços tubulares. Para um cenário de incremento de 21.600 m³/dia, sugere-se a perfuração de 90 poços tubulares que passem a operar em regime de bombeamento de 12 h/dia.

6.2.2.2. Vazões de Produção

Para se avaliar a capacidade de produção de água subterrânea na região de Poranga, optou-se por interpretar o potencial dos poços cadastrados em relação ao seu período de uso. Esta avaliação não representa um cálculo de reserva do aquífero, porém pode ser associada com segurança ao volume de operação do manancial subterrâneo para a área. Para subsidiar esta interpretação salienta-se que a base de dados de poços contempla series históricas amplas (poços antigos com mais de 40 anos em operação) e restritas (poços com 1 ano de operação), conforme Tabela 4.

Em se tratando da avaliação acerca dos dados de produção dos poços cadastrados, consideraram-se os seguintes parâmetros:

- A vazão de operação, que é o volume em m^3/h que está sendo efetivamente extraído do poço em uso.
- O regime de funcionamento, que representa o tempo em horas/dia que os poços operam quando em uso.
- A periodicidade da operação, que representa o período em dias/semana que os poços operam quando em uso.

A interpretação dos parâmetros citados foi feita para classes distintas de acordo com o tempo de produção dos poços (Tabela4). Essa classificação permite uma avaliação consistente, considerando-se que existem poços que operam a mais de 20 anos e fornecem água para o usuário dentro das condições informadas. Neste contexto, deve-se esclarecer que para a presente avaliação adota-se que os poços operaram em condições semelhantes às atuais durante todo período de produção. Sabe-se que os potenciais dos poços podem variar conforme as suas condições de recarga (precipitações), porém concorda-se que avaliando-se o longo período de produção dos poços que captam água em meio fissural, é possível adotar valores médios para orientações quanto às condições de exploração do aquífero. Foram considerados também para esta avaliação o fluxo subterrâneo, as taxas de infiltração resultantes do balanço hídrico e as zonas de influência para a recarga.

Os dados dos poços convergem para uma produção atual de $1.678,15 m^3/h$. Esse parâmetro de produção aborda que todos os poços cadastrados estão em operação considerando seus potenciais de vazão (m^3/h) para cada unidade. Estes poços também funcionam com periodicidade controlada em horas/dia, resultando em um volume acumulado semanalmente, que é o padrão de consumo abordado pelo usuário.

Tabela 4 – Dados da produção atual dos poços cadastrados em Poranga-Ce, associados aos seus tempos de operação (considera-se que os poços operam desde o período que foram construídos).

| Tempo de Produção (anos) | Total de poços | Produção Atual (m³/h) |
|-------------------------------------|-----------------------|---|
| 1 a 5 | 97 | 970,55 |
| 6 a 10 | 20 | 120,00 |
| 11 a 15 | 22 | 113,40 |
| 16 a 20 | 18 | 97,80 |
| 21 a 46 | 52 | 376,4 |
| TOTAL | | 1.678,15 |

6.2.2.3. Vazão de exploração

Para avaliações de cunho hidrogeológico as rochas sedimentares são caracterizadas como porosas, como é o caso dos arenitos do Grupo Serra Grande. No entanto, a condição de elevada silicificação imprime à rocha uma característica distinta, onde as feições de caráter fissural controlam a ocorrência da água subterrânea, ou seja, as fraturas passam a representar o principal meio de acúmulo e transferência da água presente no aquífero Serra Grande.

Geologicamente o município de Poranga está representado por rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Piauí-Maranhão. Os litotipos são predominantemente arenitos silicificados do Grupo Serra Grande; por vezes recobertos por sedimentos terciários constituídos de areia, argilas e cascalhos e dos sedimentos aluviais quaternários, formados por areias, siltes, argilas e cascalhos, que se distribuem ao longo dos principais cursos d'água que drenam a Sub-bacia. Ainda no contexto geológico do Grupo Serra Grande, ocorrem tipos litológicos associados à Formação Tianguá, em uma porção que se estende pela região E-NE da área, e; Formação Jaicós que possui maior abrangência, ocupando toda a área centro-leste estendendo-se para oeste, como pode ser visualizado no mapa geológico (Prancha em anexo – Mapa Geológico e Zonas de Alta Vazão).

O principal *trend* de orientação das fraturas é segundo a direção NE-SW, E-W e N-S (Prancha em anexo – Mapa Geológico e Zonas de Alta Vazão). Essas feições estruturais estão associadas às fraturas que resultam em poços com maiores capacidades de produção, sendo, portanto o alvo do levantamento geológico e geofísico.

A avaliação das características estruturais da área sugere a presença de estruturas rúpteis caracterizadas por fraturas abertas bem marcadas em afloramentos de rochas areníticas silicificadas (Figura 15) do Grupo Serra Grande. Estas fraturas podem também serem identificadas em escala regional, demarcadas pelas direções de algumas drenagens entalham a geomorfologia da região e se estendem desde áreas planas e elevadas (chapadas) até zonas rebaixadas (jusante), como mostra o Modelo Digital do Terreno para a região de Poranga (Prancha em anexo – Modelo Digital de Terreno).



Figura 15 – Estruturas rúpteis caracterizadas por fraturas marcadas em afloramentos de rochas areníticas silicificadas, Grupo Serra Grande.

A vazão total de exploração do aquífero atualmente é de 1.678,15 m³/h, considerando-se os poços cadastrados com dados de vazão. Para esse volume foi estabelecido um tempo médio de 1 hora de bombeamento por dia para a maioria dos poços. Em se tratando da potencialidade do aquífero Serra Grande é conhecido que podem ocorrer bombeamentos mais extensos sem rebaixamentos significativos do nível da água, porém para estabelecer esta condição ideal seria necessária a execução de testes de vazão em cada poço para estabelecer a relação vazão x rebaixamento. Em muitos poços o controle vazão x rebaixamento é inexistente, desta forma optou-se por uma condição mínima de exploração de 1h de bombeamento/dia com base em informações do usuário, as quais são representativas das condições de uso de cada poço.

Para um incremento nos volumes captados pode-se elaborar um cenário para duas zonas alvo de exploração (Prancha em Anexo – Área Potencial de Vazão), segundo as características expostas nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Cenário para a zona de alta vazão na região sede de Poranga e Buritizal - Formação Tianguá.

| Cenário atual | |
|---|---|
| Infiltração efetiva obtida pelo balanço hídrico | 52,8 mm/ano |
| Taxa de infiltração a cada m ² | 52,8 litros por ano |
| Taxa de infiltração a cada km ² | 52.800 m ³ por ano |
| Área potencial de infiltração | 200 km ² |
| Volume infiltrado por ano no aquífero | 10.560.000 m ³ |
| Potencial de exploração do aquífero | 28.932 m ³ /dia |
| Capacidade de exploração (85 poços) | 866 m ³ /h (240 L/s) = 10.392 m ³ /dia |
| Cenário de incremento | |
| Quantidade de poços a serem construídos | 30 poços |
| Distância mínima entre os poços | 300m |
| Vazão média prevista para cada unidade de poço | 20 m ³ /h |
| Vazão de incremento para a zona fraturada (perspectiva de 30 poços) | 600 m ³ /h (166,7 L/s) |
| Profundidade indicada para os poços | 100 a 120 metros |
| Regime de bombeamento diário previsto | 12 horas |
| Volume de abastecimento | 7.200 m³/dia |
| Consumo de água por habitante | 80 litros/dia (em regime emergencial) 150 litros/dia (em regime pleno) |
| Habitantes atendidos para o presente cenário em regime emergencial | 90.000 |
| Habitantes atendidos para o presente cenário em regime pleno | 48.000 |

Tabela 6 – Cenário para a zona de alta vazão na região de Macambira - Formação Jaicós.

| Cenário atual | |
|---|---|
| Infiltração efetiva obtida pelo balanço hídrico | 52,8 mm/ano |
| Taxa de infiltração a cada m ² | 52,8 litros por ano |
| Taxa de infiltração a cada km ² | 52.800 m ³ por ano |
| Área potencial de infiltração | 400 km ² |
| Volume infiltrado por ano no aquífero | 21.120.000 m ³ |
| Potencial de exploração do aquífero | 57.864 m ³ /dia |
| Capacidade de exploração (34 poços) | 350 m ³ /h (97,2 L/s) = 4.200 m ³ /dia |
| Cenário de incremento | |
| Quantidade de poços a serem construídos | 60 poços |
| Distância mínima entre os poços | 300m |
| Vazão média prevista para cada unidade de poço | 20 m ³ /h |
| Vazão de incremento para a zona fraturada (perspectiva de 60 poços) | 1.200 m ³ /h (333,33 L/s) |
| Profundidade indicada para os poços | 70 a 90 metros |
| Regime de bombeamento diário previsto | 12 horas |
| Volume de abastecimento | 14.400 m³/dia |
| Consumo de água por habitante | 80 litros/dia (em regime emergencial) 150 litros/dia (em regime pleno) |
| Habitantes atendidos para o presente cenário em regime emergencial | 180.000 |
| Habitantes atendidos para o presente cenário em regime pleno | 96.000 |

| |
|--|
| VOLUME TOTAL DE INCREMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CAPTAÇÕES NAS ZONAS ALVO NA REGIÃO DE PORANGA |
| 21.600 m³/dia |

6.3. Características dos poços e orientações construtivas

6.3.1. Profundidade

Avaliando-se os 223 poços com informações sobre as profundidades, observou-se que 111 poços (49,7%) possuem profundidades entre 56 e 70 metros, sendo esta predominante na região (Figura 16). As profundidades dos poços são controladas pela ocorrência de fraturas, que normalmente ocorrem a profundidades superiores a 50 metros. A interceptação de fraturas durante a perfuração dos poços é importante, pois são estas que incrementam o potencial de vazão do poço.

Em avaliação das profundidades dos poços associadas aos volumes de produção (vazões) pode-se perceber que para a região há um predomínio de perfurações a profundidades entre 56 e 60 metros, resultando em uma produção de $750\text{m}^3/\text{h}$ provenientes de 71 poços. Poços com profundidades superiores a 60m são menos frequentes, porém estabelecem distintas relações com as vazões de produção. A melhor relação acontece para os poços com profundidades de 56 a 60 metros, onde 71 poços produzem $750\text{m}^3/\text{h}$. A relação de menor produtividade refere-se aos poços de profundidade entre 61 e 70m, onde 40 poços fornecem $270\text{m}^3/\text{h}$ de vazão.

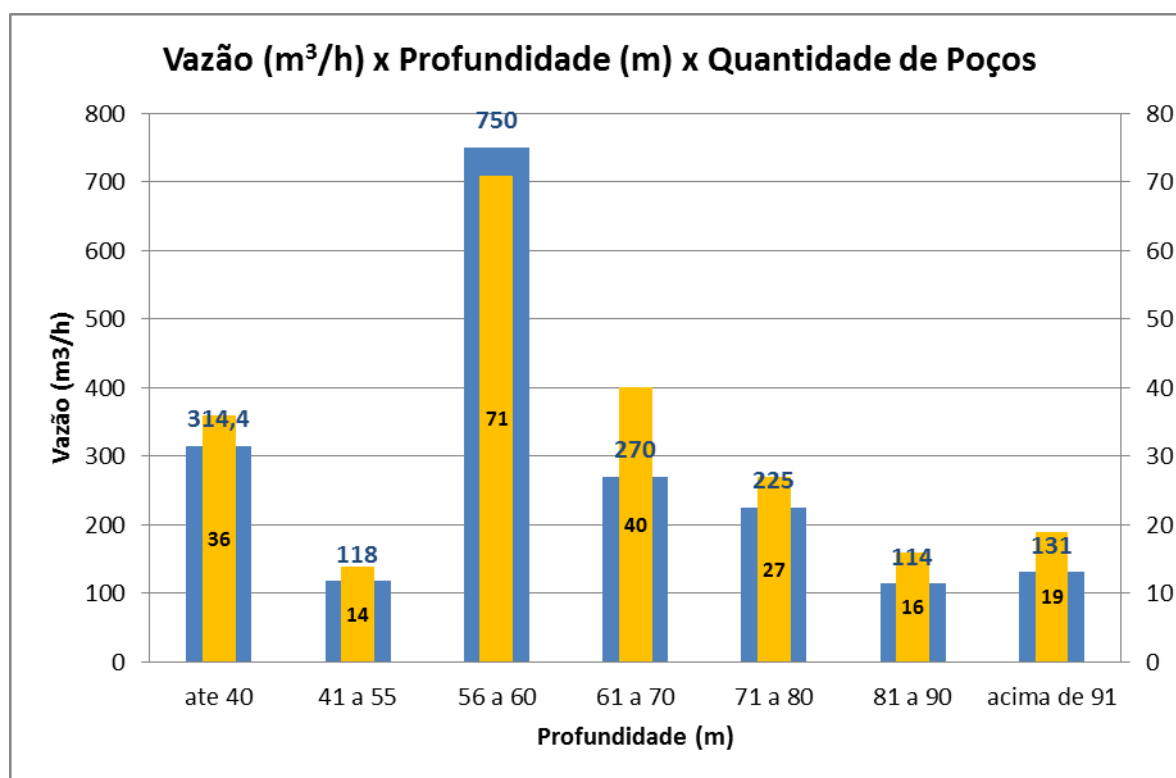


Figura 16 – Gráfico que relaciona a frequência dos poços associada as suas vazões e intervalos de profundidades.

6.3.2. Diâmetro de perfuração e revestimento

Os poços avaliados são em sua maioria revestidos em 4 e 6 polegadas (Figura 17). Dos 195 poços com informações acerca dos diâmetros de revestimento, 55 são revestidos em 4 polegadas e produzem uma vazão total de 566,3 m³/h, 118 poços são revestidos em 6 polegadas e produzem uma vazão total de 777,55 m³/h e 16 poços são revestidos em 8 polegadas e produzem um total de 111,2 m³/h (Figura 18). A maioria dos poços é revestida em 6 polegadas, no entanto salienta-se quanto às substanciais vazões decorrentes dos poços revestidos em 4 polegadas. Observou-se que existem 63 poços revestidos em 6 polegadas a mais que os de 4 polegadas, no entanto a diferença de volume captado é de apenas 211,25 m³/h, concluindo que houve um incremento de 114,5% para quantidade de poços em 6 polegadas, porém a vazão de produção registrou incremento de apenas 37,7% em relação aos poços revestidos em 4 polegadas. Diante do exposto, deve-se atentar para o dimensionamento correto do sistema de bombeamento. Cada bomba submersa opera em condições específicas para cada ponto de captação e, nem sempre, o maior potencial será condicionado aos poços com maior diâmetro.



Figura 17 – Gráfico de frequência dos poços para os dados de diâmetro dos revestimentos.

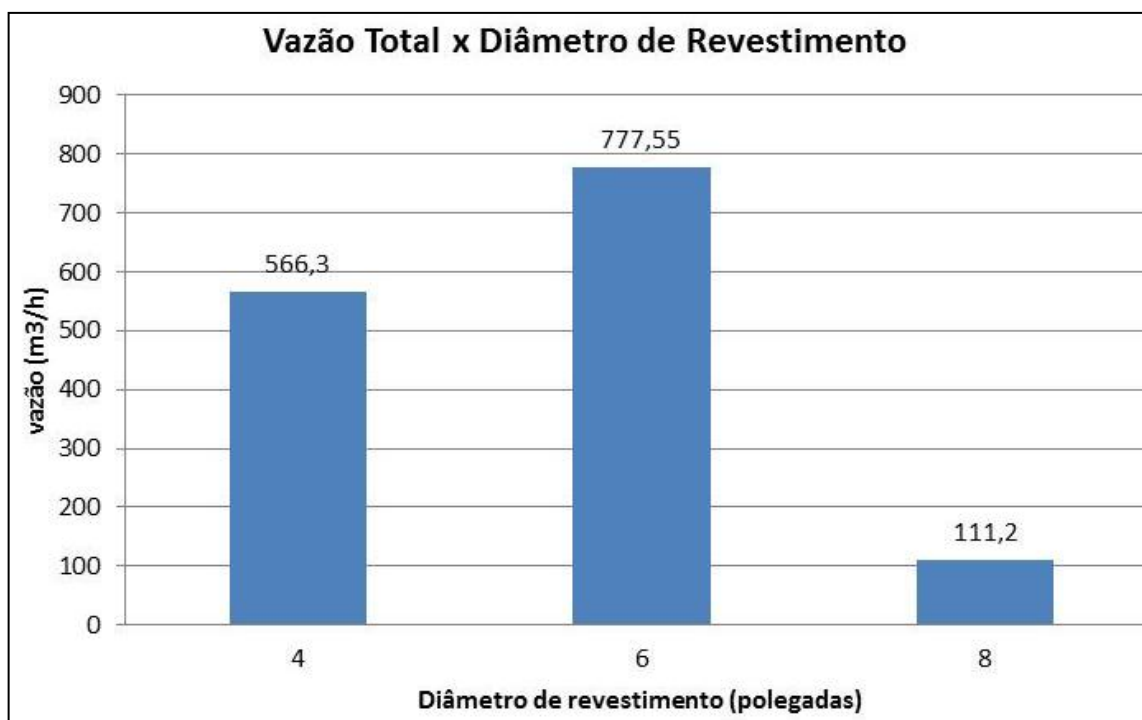


Figura 18 – Gráfico que relaciona os valores de vazão dos poços e seus diâmetros de revestimentos.

6.3.3. Instalação de filtros e pré-filtro

Na região de Poranga os poços construídos apresentam-se em sua maioria totalmente revestidos. Essa operação de revestimento é necessária para manter a estabilidade das paredes do poço. Ainda que os arenitos se apresentem bastante silicificados, a presença de fraturas e a própria ação de bombeamento pode desestabilizar as paredes do poço, tendo como consequência seu fechamento ou danos ao equipamento de bombeio.

Para o perfeito aproveitamento dos poços é importante o acompanhamento de profissional geólogo para orientar quanto à instalação das seções filtrantes, que devem coincidir com as profundidades de entradas de água. Estas entradas de água representam as fraturas na rocha que podem ser identificadas no momento da perfuração através da avaliação de amostras de calha e controle da vazão de perfuração, bem como serem prospectadas através de estudos geofísicos prévios.

Outra ação importante na completção dos poços refere-se à instalação do pré-filtro. Este é composto por material quartzoso com granulometria selecionada (1,5 a 3,5mm) e instalado no espaço anelar entre a parede do poço e os tubos de revestimento. O pré-filtro tem a função de manter a estabilidade dos poços e ainda impedir a passagem de sedimentos finos da

rocha para a água, mantendo-a limpa e impedindo o desgaste das bombas pela passagem de sedimentos.

Na região de Poranga existem poços parcialmente revestidos, estes são assim executados quando atingem o embasamento, que por ser composto de rochas do domínio cristalino possuem maior coesão e resistência, não causando instabilidade nas paredes dos poços sendo desnecessária a implantação de revestimentos.

6.3.4. Instalação do sistema de bombeamento

Bombas instaladas a profundidades que consideram o rebaixamento máximo do nível dinâmico, de modo que o ND permaneça no mínimo 5 metros acima do crivo da bomba. Instalação de sensores de nível, para impedir a operação da bomba se por acaso o nível dinâmico sofrer rebaixamento excessivo.

Para obtenção da vazão de produção do poço é necessário realizar teste de vazão com equipamento (bombas submersas) adequado ao potencial do poço. Os testes devem ser elaborados através de bombeamento por no mínimo 24 horas com o devido controle do nível dinâmico ao longo das variações de vazão. A vazão ótima é aquela cujo volume é extraído por um longo período de tempo sem registro de rebaixamento do nível dinâmico.

Poços revestidos em 6” (seis polegadas) permitem maior adequabilidade à instalação das bombas submersas, pois estas podem ser dimensionadas para fornecer elevadas vazões considerando as perdas de carga pelas tubulações de adução (ligações do poço ao reservatório de armazenamento).

Para a região de Poranga avaliou-se 204 poços do cadastro, pois são os que registram informações sobre vazões disponíveis.

Para uma operação segura quanto à exploração dos poços é necessário a implantação de um programa de monitoramento dos rebaixamentos dos níveis das águas nos poços, pois este é controlado pela recarga do aquífero (precipitação) e a captação efetiva da água (bombeamento dos poços).

Outra forma de gerenciar a exploração do aquífero na região é investigando sobre as interferências entre os poços. Estas interferências podem ser identificadas quando se trata de dois ou mais poços são construídos próximos uns aos outros, registrando o rebaixamento do nível da água de um determinado poço à medida que ocorre o bombeamento em outro poço próximo. A

distância segura de um poço a outro não é um valor padrão, pois as características de interferência mudam de acordo com o aquífero explorado.

Para a região de Poranga estas interferências referem-se a poços posicionados ao longo de mesma feição estrutural (fraturas) responsável pela vazão de produção. Para se avaliar quanto às distâncias de interferência é necessária aplicação de pesquisa geofísica para se determinar a geometria dessas fraturas, e assim, posicionar os poços contemplando o modelo de circulação para cada local. Importante salientar a característica anisotrópica do ambiente geológico ocorrente na região de Poranga, representado pelos arenitos silicificados e fraturados do Grupo Serra Grande.

6.4. Qualidade da água subterrânea

- **Qualidade da água**

A qualidade da água envolve suas características químicas e bacteriológicas. Para o controle adequado deste importante parâmetro sugere-se a continuidade do monitoramento, tornando-o sequencial para uma bateria de poços composta com base no inventário e contemplando os pontos mais críticos que comprometem a qualidade do recurso. Os poços que compõem esta bateria deverão ter características de elevada vulnerabilidade à contaminação. Os parâmetros indicados para as análises são: condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, temperatura, pH, alcalinidade total, bicarbonato, cálcio, carbonato, cloreto, cor aparente, dureza total, ferro total, magnésio, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, potássio, sódio, sulfato, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*. Para os elementos sugere-se: berílio, boro, cobalto, lítio, molibdênio, prata, vanádio, antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto, cobre, cromo, fluoreto, mercúrio, níquel, selênio, urânio, alumínio, manganês e zinco.

A periodicidade das análises deve contemplar o ano hidrológico, executando no mínimo duas coletas para análises por ano, uma em período de máximas precipitações e outra em período de taxas mínimas de chuvas. Essa medida é importante para se dimensionar a concentração ou diluição desses parâmetros, indicando anomalias que são diretamente influenciadas pelo fluxo subterrâneo.

Para um controle satisfatório da qualidade da água sugere-se que a Companhia de Distribuição promova investimentos em tecnologia de tratamento, provendo um abastecimento limpo, ausente de qualquer fator que possa causar malefícios ao usuário.

6.5. Medidas orientativas

6.5.1. Sistemas de armazenamento e adução

A implantação de sistemas de armazenamento da água é importante para o gerenciamento e distribuição do recurso. Os sistemas de caixas d'água são comumente implantados em áreas com maior adensamento habitacional, desta forma é importante dimensionar os volumes das caixas adequados ao potencial dos poços que irão abastecer. É necessária a elaboração de projeto de engenharia hidráulica para viabilizar o dimensionamento da rede de adução que contemple o numero de residências atendidas, a demanda por unidade abastecida, as distâncias dos poços de abastecimento, os diâmetros das tubulações de adução, as perdas de carga, e o que mais necessário for para prover o aproveitamento máximo. Tanto o sistema de armazenamento quanto os poços de abastecimento devem possuir estrutura de proteção para impedir violação ou danos aos equipamentos.

6.5.2. Consumo por individuo

Sugere-se considerar o volume de 80 litros/dia/habitante para o consumo humano em regime emergencial. Em condições de abastecimento pleno, normalmente compatível com o período de máximas precipitações, pode-se adequar o volume para 150 litros/dia/habitante. Deve-se salientar que a região de Poranga é caracterizada por rochas que acumulam a água subterrânea em domínio fissural. Desta forma, é necessário o monitoramento dos níveis da água para se obter o real período de recarga do aquífero, que nestes casos pode apresentar um retardo em relação ao período de chuvas.

6.5.3. Fiscalização de atividades poluidoras

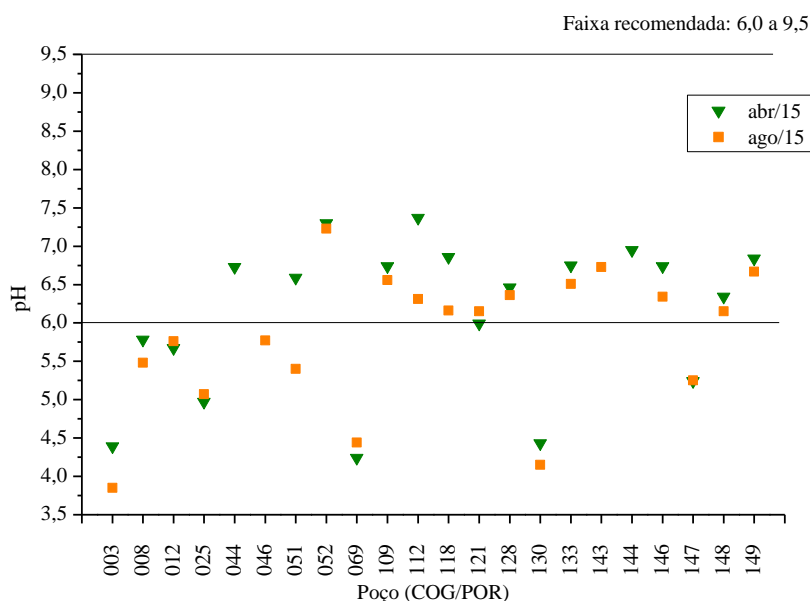
A gestão ambiental é uma ação salutar e de responsabilidade da administração municipal que é promovida através da identificação e fiscalização das atividades poluidoras. Dentre estas são as principais: efluentes de esgotos em áreas sem saneamento, fossas sépticas, atividades industriais, atividades de agricultura (fertilizantes e pesticidas), cemitérios, postos de gasolina, dentre outras. Sugere-se que os proprietários de poços vulneráveis a poluição apresentem semestralmente os laudos de análises geoquímicas que constem os parâmetros e elementos acima mencionados. Esta ação permite um monitoramento adequado bem como auxilia na responsabilização caso seja identificada a anomalia para os parâmetros analisados.

Na presente avaliação, foram feitas duas campanhas de coletas. Analisaram-se 20 amostras de águas de poços coletadas na região de Poranga, em cada campanha, onde 50% eram em poços públicos e a outra metade em particulares. Todos utilizam as águas para abastecimento humano e pouco mais de 50% dos poços também são utilizados para outros fins como dessedentação animal e irrigação. As localidades dos poços amostrados podem ser visualizadas no Anexo 1 – Pontos para Análises Químicas.

Alguns parâmetros apresentaram dispersão anômala, os quais devem ser conhecidos e considerados como mecanismo de gestão.

Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH das águas variaram de 3,8 a 7,3 (Figura 19), 16 amostras das 40 analisadas apresentaram pH fora da faixa do VMP. O pH da maioria das amostras foi de 6,0 a 7,5. Os menores valores de pH foram observados nas amostras POR/003 e POR/069. As maiores variações (> 1) nos valores de pH entre a primeira e segunda campanha foram identificadas nas amostras POR/051 e POR/112, nas demais amostras praticamente não se observou variação.



Ferro Total

Ferro total (Figura 20) foi quantificado em 14 amostras de água, sendo em 13 concentrações acima do VMP (0,3 mg/L), as maiores concentrações foram identificadas na

amostra POR/128 (19,18 e 7,3 mg/L, respectivamente na primeira e segunda campanha). Destaca-se que os valores elevados de turbidez e cor aparente foram ocasionadas provavelmente pela presença de ferro, alterando assim o padrão organoléptico de potabilidade.

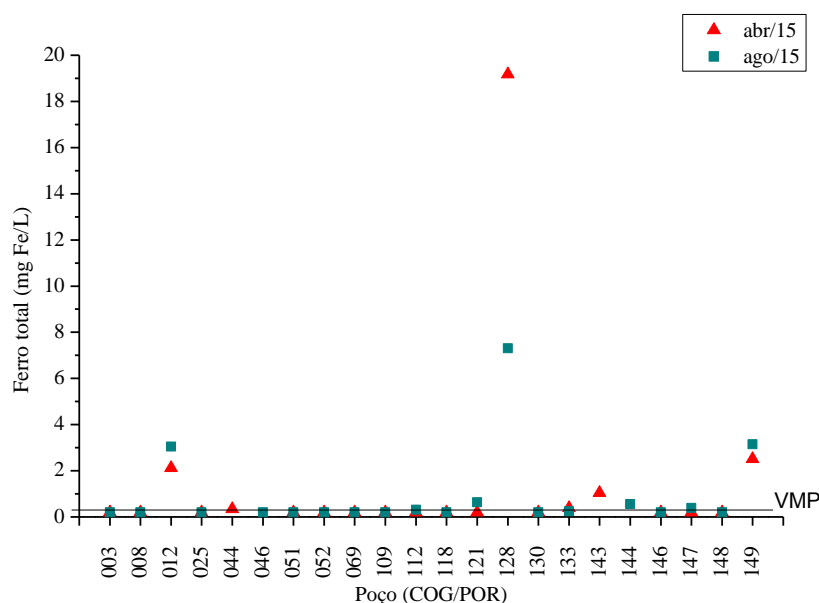


Figura 20 – Resultados de ferro total.

Nitrato

Nitrato (Figura 21), a forma mais estável de nitrogênio, foi identificado em quase todas as amostras (92,5%), as concentrações variaram de 0,19 a 72,95 mg N-NO₃⁻/L, cinco amostras tiveram concentrações acima do VMP. Os maiores valores identificados foram no poço POR/003. Quanto as variações entre a primeira e segunda campanha, as maiores foram nas amostras POR/003 e POR/118, nas demais praticamente não se observou variação. Nitrato ocorre em pequeno teor e valores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana (SANTOS, 2008). Baird e Cann (2011) reforçam que águas subterrâneas não contaminadas geralmente possuem níveis de nitrato de 4 a 5 mg N-NO₃⁻/L.

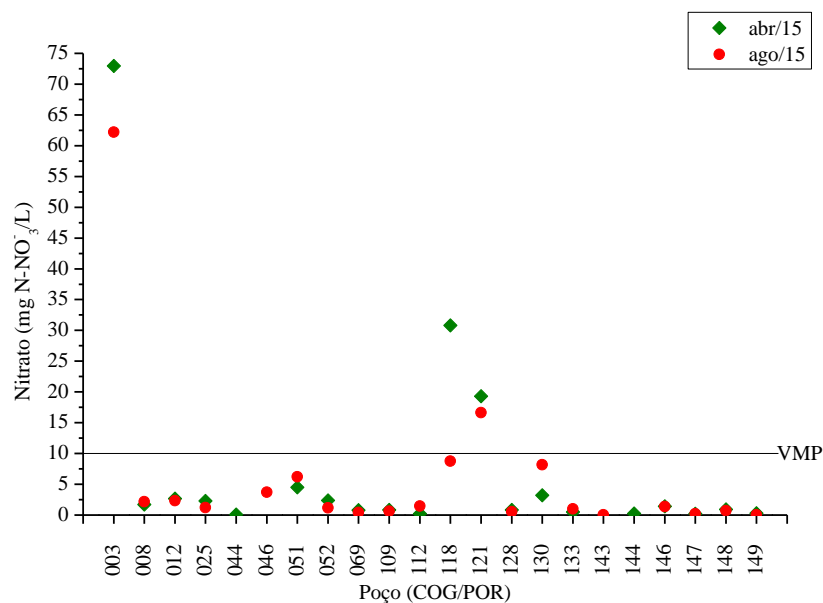


Figura 21 – Resultados de nitrato.

Coliformes Totais

Todas as amostras, exceto a POR/143 e POR/149 (primeira campanha), apresentaram Coliformes totais (Figura 22). A *Escherichia coli* (*E. coli*), bactéria de origem exclusivamente fecal de humanos e de animais homeotérmicos, foram identificados em 10 amostras (25%), sendo três na primeira coleta e sete na segunda. O maior valor foi no poço POR/144 (320 NMP/100 ml). Nove poços (POR/003, POR/008, POR/052, POR/069, POR/128, POR/130, POR/146, POR/148 e POR/149) que foram coletados águas nas duas campanhas não se identificou a bactéria *E. coli*. Águas para consumo humano não devem ter as bactérias pesquisadas e a Portaria n.º. 2914, cita no Artigo 24 que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.

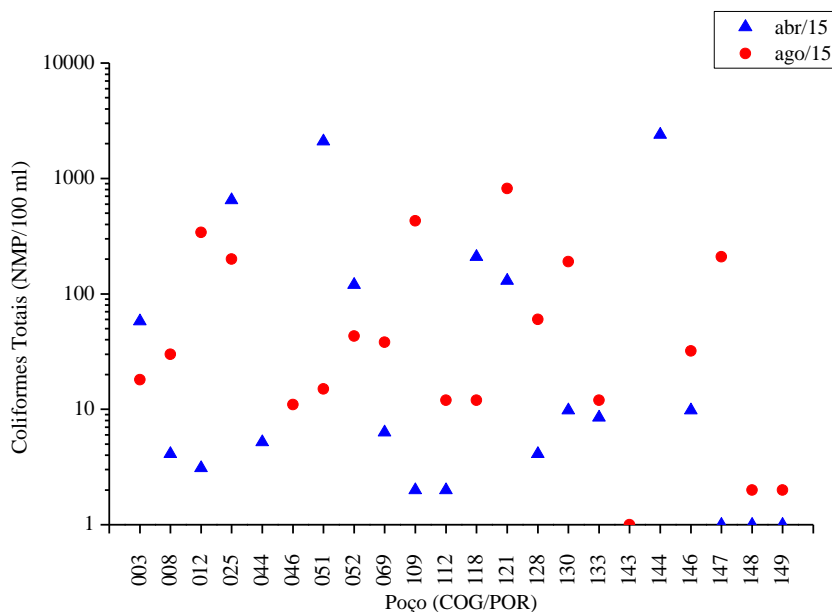


Figura 22 – Resultado de Coliformes totais.

Arsênio

Arsênio (Figura 23) foi identificado em seis amostras na primeira campanha e o mesmo número na segunda, em quatro delas o elemento foi identificado nas duas coletas. A amostra POR/144 apresentou concentração (0,013 mg As/L) pouco maior que o VMP (0,010 mg As/L). Destaca-se que arsênio é raro na natureza e quando identificado nas águas é provavelmente de despejos industriais, mineração ou poluição por agrotóxicos (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005). Baird e Cann (2011) menciona que os níveis naturais de arsênio em água podem ser muito altos, e é mais comum aparecer problemas de saúde desta fonte que de antropogênicas. Cita também que o arsênio é carcinogênico em humanos e que em Bangladesh a água subterrânea apresenta níveis de 0,5 a 1,0 mg/L. Destaca ainda que a média global de arsênio na água potável fica em torno de 0,0025 mg/L.

A remoção de arsênio é possível passando a água sobre a superfície de alumina ativada (óxido de alumínio), sendo o arsênio adsorvido, ou utilizar a osmose reversa. A primeira técnica requer limpeza periódica das espécies adsorvidas para permanecer ativa e a segunda é caro (BAIRD; CANN, 2011).

Nota: LQ = 0,001 mg As/L.

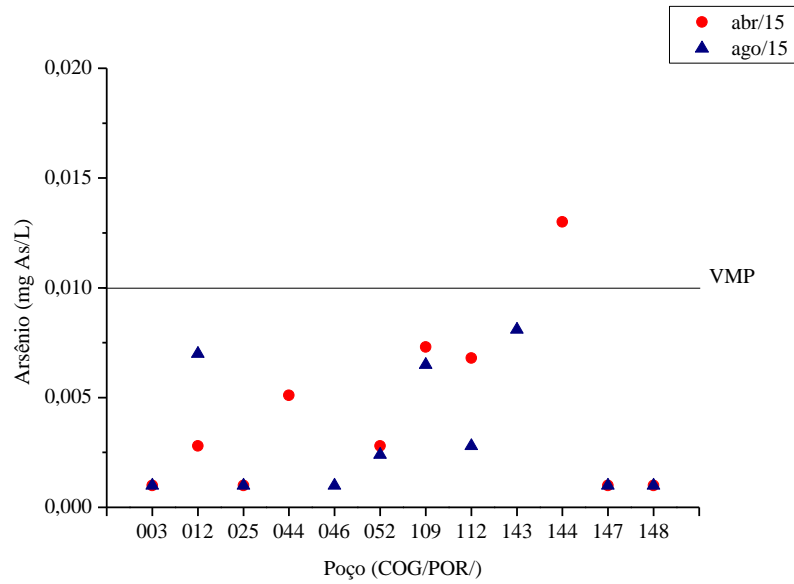


Figura 23 – Resultados de arsênio.

Bário

O bário (Figura 24) foi identificado em 80% das amostras analisadas, porém só na amostra POR/003 e na primeira coleta foi quantificado um valor praticamente 6,6 vezes maior que o VMP (0,7 mg Ba/L). Em quatro poços foi identificado o bário somente na primeira coleta.

Nota: LQ = 0,05 mg Ba/L.

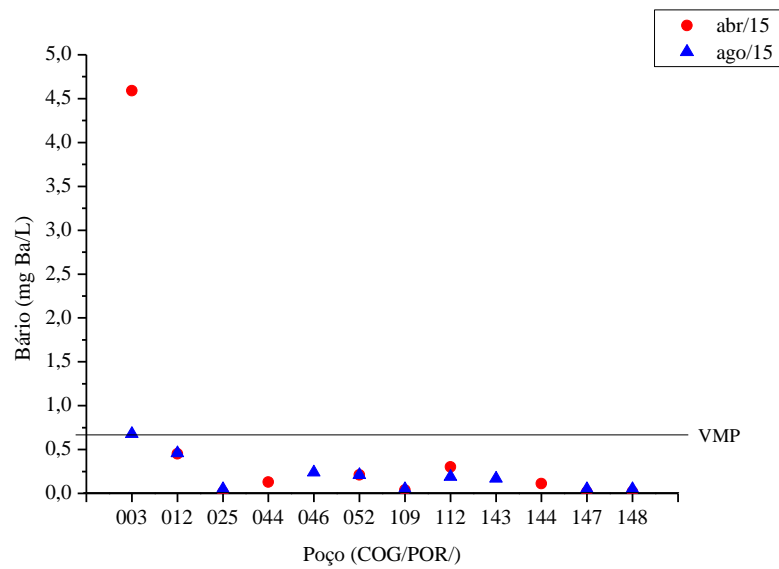


Figura 24 – Resultados de bário.

Cádmio

A Figura 25 mostra que o cádmio foi encontrado na amostra POR/148 em concentração de três vezes mais (0,015 mg Cd/L) que o VMP (0,005 mg Cd/L). No poço POR/003 o cádmio foi quantificado nas duas coletas e praticamente na mesma concentração (0,00037 mg Cd/L e 0,00036 mg Cd/L, respectivamente na primeira e segunda coleta).

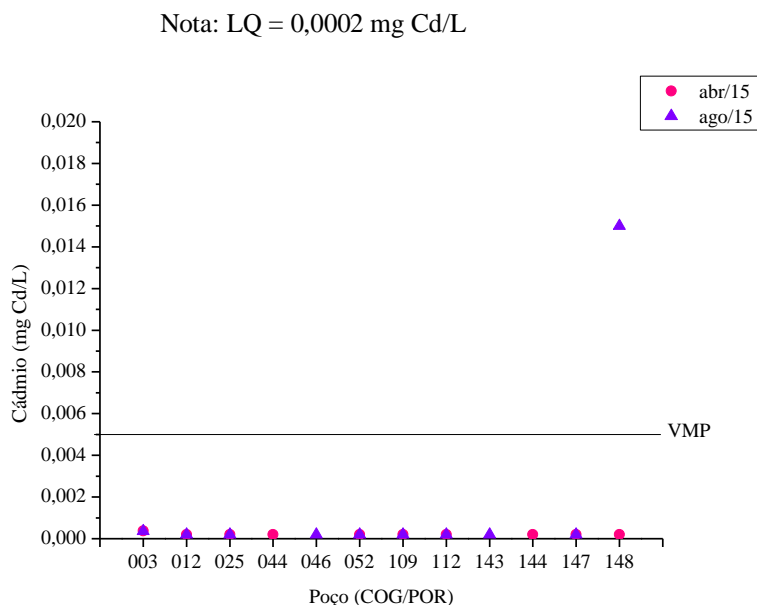


Figura 25 – Resultados de cádmio.

Chumbo

O elemento chumbo (Figura 26) foi detectado no poço POR/003 nas duas coletas e em concentrações acima do VMP (0,01 mg Pb/L), porém a diferença entre as concentrações foi de quase 20 vezes. Chumbo também foi identificado na segunda coleta do poço POR/112, mas em concentração de quase 1,7 vezes menor que o VMP.

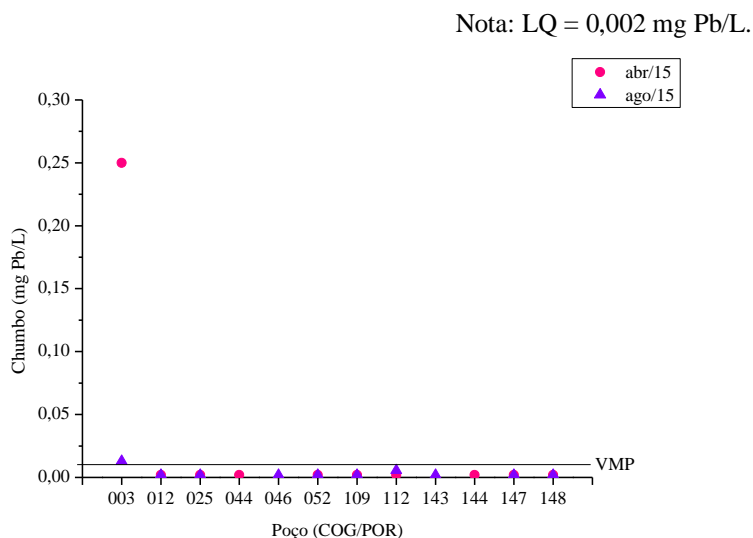


Figura 26 – Resultados de chumbo.

Cianeto

Cianeto (Figura 27) foi identificado em dois poços na segunda coleta, esses localizados em Cachoeira Grande, as concentrações (0,013 mg CN/L e 0,012 mg CN/L, respectivamente no poço POR/003 e POR/012) foram abaixo do VMP (0,07 mg CN/L).

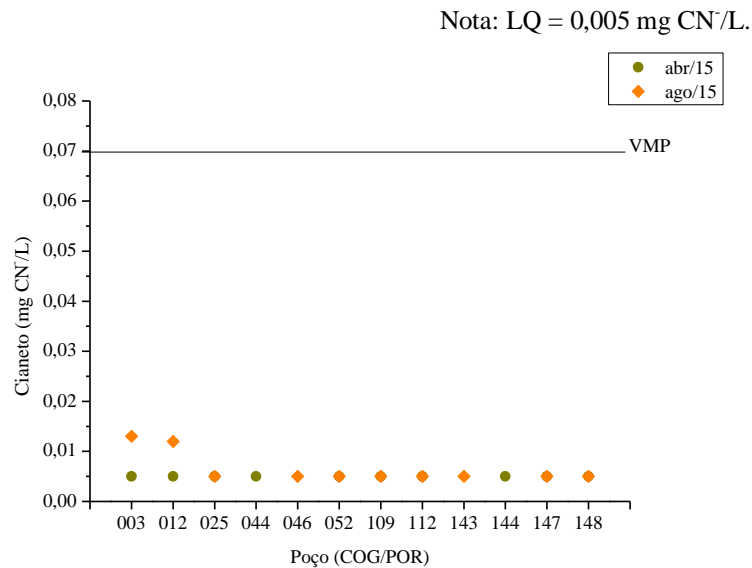


Figura 27 – Resultados de cianeto.

Urânio

Percebe-se na Figura 28 que 12 resultados apresentaram urânio, porém na amostra do poço POR/003 - primeira coleta, a concentração foi pouco maior que o VMP (0,015 mg U/L) da Resolução Conama n.º. 396, de 2008. No entanto, quando a referência é a Portaria n.º. 2914, de 2011 (0,03 mg U/L) isso não acontece.

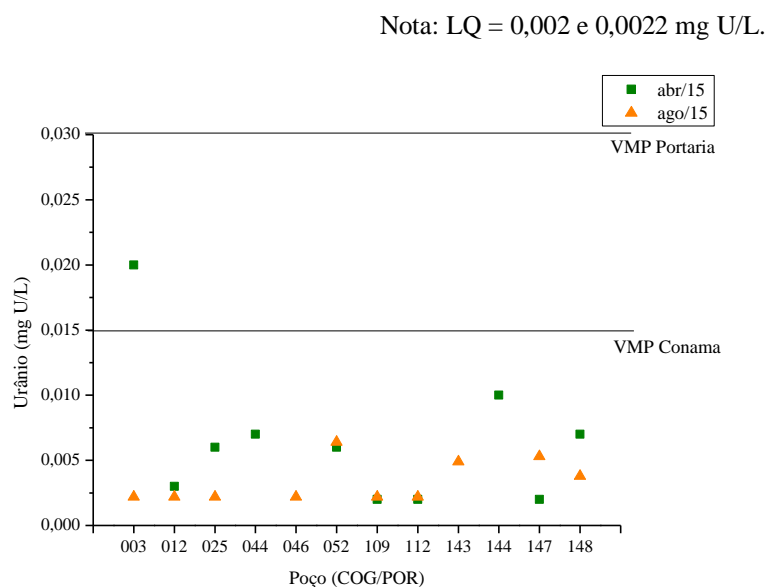


Figura 28 – Resultados de urânio.

Alumínio

Mais uma vez a amostra POR/003 se destaca com a presença de elementos químicos analisados, pois o alumínio (Figura 29) foi quantificado nas duas coletas e em média 4,1 vezes acima do VMP. A amostra POR/025 também foi detectado alumínio na segunda coleta, porém em concentração inferior ao VMP.

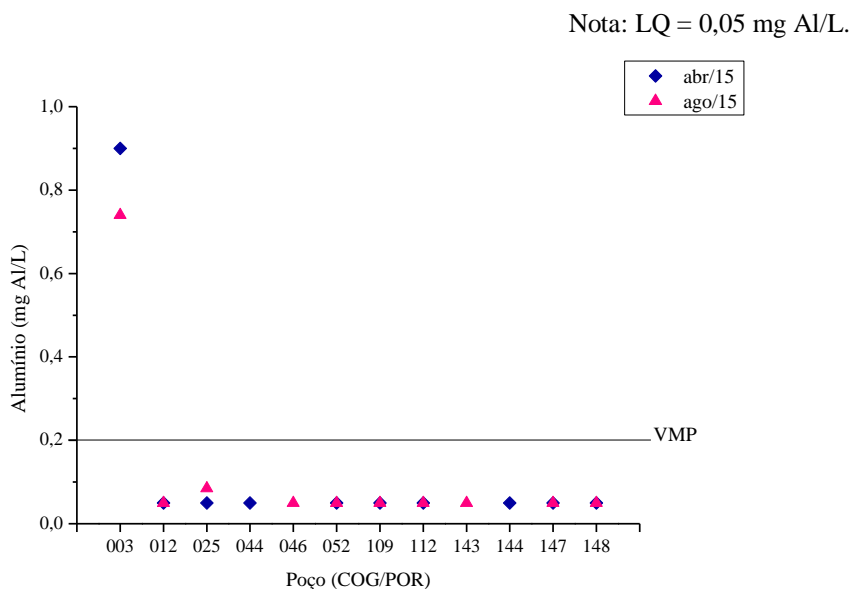


Figura 29 – Resultados de alumínio.

Manganês

Manganês (Figura 30) foi identificado na maioria dos poços, resultando em 13 resultados com o elemento. Nos poços POR/003, POR/044, POR/112 e POR/143 foi constatado valores acima do VMP (0,1 mg Mn/L). Porém, as maiores concentrações foi no poço POR/003, praticamente 4 vezes maior que o VMP.

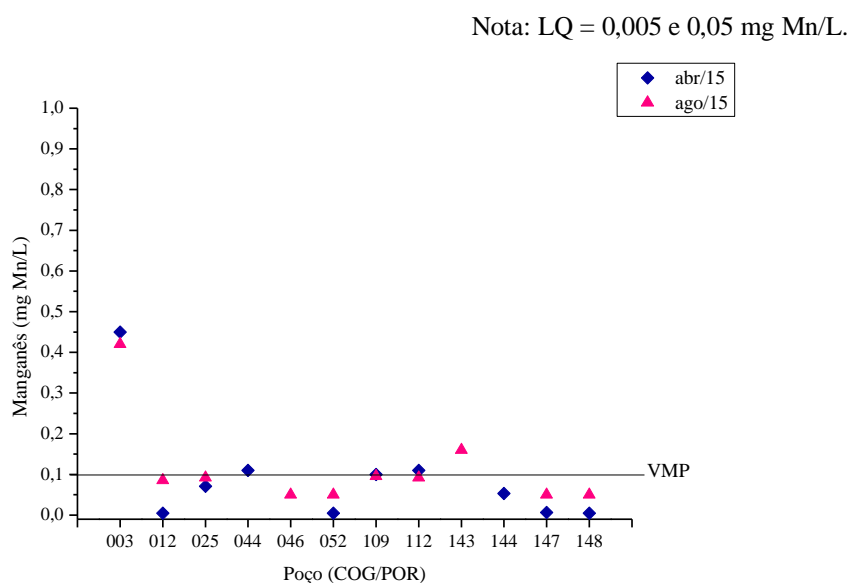


Figura 30 – Resultados de manganês

Considerações e orientações quanto à qualidade da água

A avaliação dos dados obtidos a partir das análises de qualidade da água subterrânea em Poranga conduz para as seguintes características:

- Baixa concentração de sais.
- Algumas amostras registraram turbidez e cor aparente alteradas provavelmente devido ao ferro identificado.
- *Escherichia coli* foram encontradas nas amostras POR012(2ª coleta), POR025, POR051, POR109(2ª coleta), POR112(2ª coleta), POR118(2ª coleta), POR121(2ª coleta), POR144(2ª coleta), POR147(2ª coleta), constatando que a qualidade das águas está sendo afetada por atividades antrópicas.
- Coliformes totais foram identificados em quase todas as amostras de água indicando recurso poluído. Por segurança devem ser consumidas após tratamento.
- Ferro total foi identificado acima do VMP nas amostras POR012, POR044, POR112 (2ª coleta), POR121 (2ª coleta), POR128, POR133 (1ª coleta), POR143, POR144, POR147 (2ª coleta), POR149 (2ª coleta). Tais valores elevados podem ser consequência da precipitação de ferro proveniente dos minerais das rochas que compõem o aquífero. Este mesmo Ferro pode ainda estar presente incrustado no pré-filtro e filtro dos poços tubulares, que ao bombearem, diluem seus concentrados para a água.
- A maioria das águas analisadas foi classificada como bicarbonatadas sódicas e cloretadas sódicas.
- O poço POR003 mostrou uma condição preocupante, com padrões de concentração superiores ao VMP para os elementos bário, chumbo, urânio, alumínio, manganês e nitrato. O bário pode ser decorrente de resíduos do fluido de perfuração comumente utilizado na construção de poços, possivelmente o poço necessita limpeza e desenvolvimento. Chumbo, urânio e alumínio refletem contaminação por processos industriais nas adjacências, os quais não foram identificados. Necessário uma avaliação das condições construtivas do poço para verificar a estabilidade da proteção. Manganês pode ser decorrente de insumos agrícolas, principalmente como elemento suplementar para ração de animais.
- Identificou-se valor de nitrato acima do VMP nos poços POR003, POR118 (1ª coleta) e POR121. O contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas é o íon nitrato, NO_3^- , que normalmente ocorre em aquíferos de zonas rurais e urbanas. O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

Em síntese, as águas de Poranga apresentaram, em geral, baixa concentração de sais, porém algumas tiveram turbidez e cor aparente alteradas provavelmente por conta do ferro identificado. Nitrato e *Escherichia coli* foram encontrados em algumas amostras, constatando que a qualidade das águas está sendo alterada por atividades antrópicas. Coliformes totais foram identificados em quase todas as amostras de água e por segurança devem ser consumidas após tratamento. A maioria das águas analisadas foi classificada como bicarbonatadas sódicas e cloretadas sódicas.

Algumas concentrações anômalas foram identificadas nas amostras das águas, com relevância para os elementos Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Urânio, Alumínio e Manganês, que pontualmente apresentaram valores acima do VMP da Resolução nº. 396, do Conama. A amostra POR/003 apresentou anomalias para os elementos Alumínio (comumente usado na fabricação de latas para envasamentos diversos e no tratamento da água como coagulante), Bário (comumente encontrado como composto nas lamas de perfuração de poços e também em tintas), Chumbo (largamente encontrado como componentes de produtos eletrônicos, principalmente em baterias e ainda como pigmentos em tintas), Manganês (encontrado como composto na liga metálica da fabricação de ferro e como micronutriente para ração animal) e Urânio (encontrado como pigmento na fabricação de vidros e cerâmicas). Neste caso específico pode-se recomendar uma avaliação detalhada das condições do poço de coleta, no que se refere às condições dos materiais empregados e proteção sanitária, pois as anomalias sugerem uma intensa antropização nas adjacências do ponto de coleta e consequente poluição. Salienta-se que uma obra de captação de água subterrânea construída fora dos padrões técnicos oferece riscos à potabilidade da água captada, pois facilita a permeabilização por insumos superficiais e contaminantes dos mais diversos.

Com base nas análises realizadas pode-se salientar a presença do elemento Arsênio em concentrações que merecem atenção, denotando-se padrões acima do VMP (0,01 mg/L) como no caso da amostra POR/144 que apresentou 0,013 mg/L. Identificou-se ainda este elemento em baixas concentrações nas amostras POR/012, POR/044, POR/109, POR/112 e POR/14. Neste caso sugere-se uma continuidade do monitoramento não só do Arsênio, como também de todos os elementos que concentram associados à intensa ocupação antrópica, com objetivo de certificar as fontes de tais contaminantes e estabelecer planos de contenção para a devida proteção do manancial. Para o adequado monitoramento é de suma importância que sejam ampliados os pontos de coleta, com o devido controle das possíveis interferências. Outro fator a ser considerado é a periodicidade das coletas, como programação para os períodos de máximas e mínimas precipitações pluviométricas.

6.5.4. Fiscalização do uso clandestino da água

É necessário um controle dos volumes de exploração e verificação das ações de outorga que regulamentam as condições de uso da água. Desta forma é possível acionar os responsáveis pelo uso clandestino e gerenciar com mais propriedade os recursos disponíveis para cada setor do município. Neste sentido é de suma importância a construção de poços segundo as Normas Técnicas de Construção (Ver Anexo 2 - NBR 12.444), resultando em obras com características de pleno aproveitamento na captação da água subterrânea. Ações de fiscalização durante a construção dos poços são preponderantes neste sentido, devendo ser desenvolvida por profissional geólogo com comprovada capacitação.

6.5.5. Monitoramento dos níveis da água subterrânea

É de suma importância o conhecimento das formas de circulação e armazenamento da água subterrânea. Portanto, sugere-se a continuidade do monitoramento dos níveis da água nos vários pontos cadastrados. Essa medida auxilia no conhecimento acerca das condições de recarga, bem como das respostas do armazenamento do aquífero aos eventos de precipitação. Tal ação permite eficiência no gerenciamento da distribuição do recurso, pois a oferta da água subterrânea pode variar sazonalmente.

Outra ação importante é a continuidade do monitoramento quantitativo, este é proveniente de informações acerca das vazões de operação dos poços, bem como dos testes de bombeamento elaborados especificamente para dimensionar o potencial produtivo do poço. Sugere-se a realização de testes de vazão adicionais, principalmente nos poços de elevadas vazões que estão presentes em todo o município. Testes de produção bem elaborados proporcionam dados consistentes para a instalação e definição do regime de bombeamento dos poços. Sugere-se que estes testes sejam realizados em três etapas, sendo uma delas de 24 horas. As bombas utilizadas nestes testes devem ser adequadas à situação inerente a cada poço, considerando suas profundidades e vazão.

6.5.6. Estudos geofísicos e estruturais para determinação das zonas potenciais

Devido às características geológicas e estruturais do município de Poranga, onde a circulação e armazenamento da água subterrânea ocorrem em meio fissural, realizou-se pesquisa geofísica de detalhe para a caracterização destas zonas potenciais. Inicialmente realizou-se a identificação das fraturas através de tratamento digital de imagem, que forneceram subsídio à realização do levantamento geofísico.

Os métodos geofísicos que fornecem melhor resultado para a região são eletrorresistividade (caminhamento elétrico) e eletromagnético VLF (*Very Low Frequency*), os quais foram desenvolvidos na região de poranga. O principal objetivo da pesquisa geofísica é estabelecer a geometria das zonas anômalas, incluindo largura, extensão e profundidade das zonas fraturadas. Para tanto é necessário um controle detalhado dos parâmetros de aquisição, como abertura de eletrodos (que controla a profundidade da aquisição), densidade das estações e direção dos caminhamentos (perpendicular ao alinhamento das fraturas).

Na investigação geofísica realizada programou-se a distância entre estações de 10 metros, o que resulta em uma escala de detalhe para locação de poços em domínio fissural. A distância entre as estações de aquisição podem ser modificadas localmente, porém sempre considerando a orientação da estrutura prospectada previamente visualizada nas imagens orbitais. Uma meta importante da campanha geofísica é refinar a delimitação das zonas que registram elevado potencial de vazão, como pode ser visualizado no Anexo 1 – Prancha Área Potencial de Vazão (m³/h).

Com base nos resultados das pesquisas geofísicas, no que se refere à caracterização das zonas promissoras (anomalias), sugere-se a construção de poços locados de modo a interceptar estas estruturas (fraturas). Os poços devem preservar a distância mínima necessária para não acarretar na interferência das captações. Para ambiente fissural é complexo estabelecer um valor padrão, pois se trata de meio anisotrópico com intensas variações laterais nas características hidrodinâmicas. Para as considerações acerca das perfurações sugeridas no presente projeto, estabeleceu-se a distância mínima de 300m (trezentos metros). Para a determinação do padrão real de distância entre os poços deve-se tomar como base a geometria das zonas fraturadas, obtidas através do levantamento geofísico.

6.5.7. Acompanhamento das obras de construção dos poços

É de suma importância a ação de acompanhamento das obras de construção dos poços (Ver Anexo 2 - NBR 12.444). Tais obras possuem características que contemplam a segurança hídrica e ambiental, é uma obra de engenharia e necessariamente deverá apresentar um projeto para desenvolvimento. O projeto do poço deve incluir parâmetros relevantes como: profundidade estimada, tipos de rochas seccionadas, diâmetro de perfuração, diâmetro de revestimento, tipo de revestimento instalado, previsão da quantidade de revestimento vedado, previsão da quantidade de filtros, profundidades de instalação dos filtros, instalação de tampa de fundo, especificações da cimentação do espaço anelar superior para impermeabilização do fluxo

superficial, especificações da laje de proteção sanitária, instalação da tampa de boca, instalação de sistema de tranca do acesso ao poço, instalação de tubos guia para medições de nível, construção da estrutura de proteção externa.

6.5.8. Realização de dimensionamento técnico do sistema de bombeamento e investimento na aquisição de bombas adequadas a condição hidrodinâmica do poço.

Sugere-se como diretriz para a gestão o dimensionamento adequado dos sistemas de bombeamento, onde as bombas instaladas sejam compatíveis com as vazões de produção do poço, bem como com as distâncias da adução até o sistema de armazenamento. Contemplando as perdas de carga ao longo do sistema.

7. DIAGNÓSTICO LEGAL E INSTITUCIONAL

A base legal nacional para a gestão dos recursos hídricos foi desenvolvida inicialmente voltada para as águas superficiais. Isso se deu devido, principalmente, a dois fatores, primeiro a dominialidade das águas subterrâneas ser estadual e a segunda, a falta de conhecimento dos domínios aquíferos. Considerando que os estudos nesse sentido são de certa forma recentes, sem os quais não se tem condição de gerenciar. Com o aumento da demanda, tornou-se necessário o Estado constituir regras a serem aplicadas.

A nível nacional, a legislação mais antiga é o Código das Águas (1934), no entanto é direcionada para as águas minerais. A partir de 1999 com as discussões sobre o Aquífero Guarani identificou-se a necessidade de se constituir uma legislação orientativa para as águas subterrâneas.

No estado do Ceará, a partir da atualização da Lei 11.996 de 1994 através da Lei 14.844 de 2010 foi incluído um capítulo específico para as águas subterrâneas (Cap. 6, Art. 31 a 36).

No ano de 2012 foi publicado o Decreto 31.077 que regulamenta a Lei 14.844, que dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado do Ceará.

No Capítulo III do referido Decreto, destaca-se a necessidade da formalização da permissão de construção e do uso da água através da outorga.

7.1 Legislação ambiental

No âmbito das legislações ambientais, no que diz respeito às águas subterrâneas, destaca-se:

- Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, a qual institui a política nacional de meio ambiente.
- Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002, tem como finalidade regulamentar o inciso II do art. 9 da Lei 6.938 que estabelece critérios para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil.
- Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, trata das sanções penais e administrativas, regulamentado pelo Decreto 3.179 de 21 de setembro de 1999.
- Lei 9.795 de 1999, dispõe sobre a educação ambiental.
- Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, institui o sistema nacional de unidade de conservação da natureza.
- Resolução CONAMA N° 303 de 2002, trata das definições e limites de áreas de preservação permanente, definindo nascentes como exutórios de águas subterrâneas.
- CONAMA N° 335 de 2003, dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.
- CONAMA N° 396 de 2008, trata da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.
- Resolução CONAMA N° 357 de 2005, revogou a Resolução N° 20 de 1986 que trata da classificação dos corpos d'água com foco principal para as águas superficiais motivando posteriormente a necessidade da criação Resolução 396/08, suprimindo uma lacuna no que se trata da infiltração de efluentes no solo e conseqüentemente nas águas subterrâneas.

7.2 Legislação sobre águas minerais e adicionadas de sais

- Decreto-Lei 198 de 1940 alterado pelo Decreto-Lei 227 de 1967, Código de Mineração que trata da necessidade das jazidas de águas subterrâneas serem regidas por leis especiais.
- Decreto 7.841 de 1945 dispõe sobre a competência do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM da autorização de lavra das águas minerais.

7.3. Legislação sobre qualidade da água para consumo humano - Resoluções ANVISA

- Resolução ANVISA RDC N° 274/05, declara a identidade e as características mínimas de qualidade a serem obedecidas pela água mineral natural, água adicionada de sais envasadas e o gelo para consumo humano.

7.4. Legislação sobre recursos hídricos

- Decreto federal N° 24.643 de 10 de julho de 1934, denominado Código de Águas que no seu Título 4, artigos 96 a 101 dispõe sobre as águas subterrâneas, destacando-se temas como: distância de construção de um poço em relação a outro; proibindo construções potencialmente poluidoras próximas a poços ou nascentes; e necessidade de autorização administrativa para abertura de poços em terrenos de domínio público.
- Constituição Federal de 1988, extingue o domínio privado da água e estabelece que as águas subterrâneas são de domínio dos Estados.
- Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta Lei estabelece os instrumento de gestão e indica que as águas subterrâneas estão sujeitas à outorga.
- Lei N° 9.984 de 2000, cria a Agência Nacional de Águas.

7.4.1 Resoluções e Moções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos

- Resolução N° 9 de 21 de junho de 2000, institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas.
- Resolução N° 15 de 11 de janeiro de 2001, trata de diretrizes gerais para a gestão das águas subterrâneas.
- Resolução N° 16 de 08 de maio de 2001, estabelece critérios gerais para outorga de direito de uso de recursos hídricos.

- Resolução N^o 22 de 24 de maio de 2002, estabelece diretrizes para a inclusão das águas subterrâneas no Plano de Recursos Hídricos.
- Resolução N^o 29 de 11 de dezembro de 2002, dispõe sobre as diretrizes para outorga de uso de recursos hídricos no que diz respeito ao aproveitamento dos recursos minerais.
- Resolução N^o 48 de 21 de março de 2005, estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.
- Resolução N^o 55 de 28 de novembro de 2005, estabelece diretrizes para elaboração do Plano de utilização da água na mineração, previsto na Resolução 29/02.
- Resolução N^o 65 de 07 de dezembro de 2006, estabelece diretrizes de articulação da obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com o licenciamento ambiental.
- Resolução N^o 76 de 16 de outubro de 2007, dispõe sobre diretrizes gerais para a integração entre a gestão de recursos hídricos e a gestão de águas minerais, termais, gasosas, potáveis de mesa ou destinada a fins balneários.
- Moção N^o 5 de 30 de novembro de 2001, refere-se aos poços jorrantes do Vale do Gurguéia localizado no Estado do Piauí.
- Moção N^o 10 de 24 de maio de 2002, sugere a criação de um programa de preservação dos aquíferos termais da região Centro-Oeste.
- Moção N^o 12 de 29 de novembro de 2002, solicita medidas que fortaleçam o Programa de Águas Subterrâneas para Região Nordeste.
- Moção N^o 13 de 29 de novembro de 2002, solicita medidas que fortaleçam o Programa de Águas Subterrâneas na Bacia Carbonífera Sul-Catarinense.
- Moção N^o 18 de 25 de março de 2003, solicita medidas para implantação nas Universidades brasileiras de cursos de pós-graduação em hidrogeologia.
- Moção N^o 25 de 26 de março de 2004, solicita que os editais do CTHidro (Fundo Setorial de Recursos Hídricos) contemplem estudos e projetos voltados para a gestão integradas da qualidade e quantidade das águas subterrâneas.
- Moção N^o 31 de 21 de março de 2005, indica a necessidade de criação da Década Brasileira de Água.

- Moção N° 38 de 07 de dezembro de 2006, recomenda a adoção do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas-SIAGAS pelos órgãos gestores e usuários de informações hidrogeológicas.

7.5. Legislação Estadual de Recursos Hídricos

- Lei 14.844 de 28 de dezembro de 2010, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, com destaque para o Capítulo VI, Artigos 31 a 36, que trata das Águas Subterrâneas.
- Decreto N° 31.076 de 12 de dezembro de 2012, trata da outorga de direito de uso de recursos hídricos e de execução de obras e serviços de interferência hídrica.
- Decreto N° 31.077 de 12 de dezembro de 2012, dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos no que diz respeito à conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado do Ceará.
- Resolução CONERH N°01, de 16 de dezembro de 2009, trata dos procedimentos gerais de lacração e obturação de poços escavados e tubulares.

8. RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Conforme o Decreto 31.077, que regulamenta a Lei 14.844, é necessário atentar para os seguintes aspectos:

- Realizar campanhas de regularização de uso através de solicitação de outorga;
- Realizar monitoramento quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas na região;
- Avaliar continuamente as reservas hídricas subterrâneas quanto as suas características químicas, bacteriológicas e vazões resultantes nos diferentes ambientes geológicos;
- Acompanhar as ações programadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas no que se refere às águas subterrâneas;
- Ampliar os estudos de cunho hidrogeológico regionais e locais;

- Viabilizar a construção de poços tubulares profundos e piezômetros para pesquisas e monitoramento.
- Aplicar a cobrança dos recursos hídricos;
- Inserir ações de gestão referentes às águas subterrâneas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias sugeridos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas e validados pelo CONERH.
- Orientar quanto à proteção sanitária: como a região de Poranga apresenta características de armazenamento de água subterrânea em domínio fissural, sugere-se a cimentação de todo o espaço anelar entre os diâmetros de perfuração e revestimento, ao longo de toda seção de tubos lisos ou, quando houver, até o topo da primeira seção de filtros e utilização da água subterrânea para consumo humano somente após devido tratamento, atendendo a Portaria do Ministério da Saúde que regulamenta o padrão de qualidade.
- **Orientar quanto às áreas de proteção, restrição e controle:** determinar e regulamentar as áreas de proteção de poços; determinar as características de vulnerabilidade dos aquíferos; pontuar as atividades poluidoras existentes na área; regular o uso da água em períodos de escassez; e, restringir o uso da água em situações de poluição constatada.
- **Cadastrar poços:** realizar constante atualização do inventário de fontes de água (poços tubulares, amazonas e nascentes) e inclusão da base de dados de águas subterrâneas gerenciadas pelos órgãos Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (Cogerh) e Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS).
- Realizar **manutenção e operação dos poços.** Verificar através de vídeo-inspeção a situação de conservação dos tubos de revestimento dos poços, a fim de identificar quebras ou fissuras que possam comprometer a qualidade da água e a estabilidade do poço. No mesmo contexto, se faz importante ainda a manutenção do sistema de bombeamento para manter a regularidade do abastecimento.
- **Identificar e controlar poços abandonados ou jorrantes:** deverão ser obstruídos segundo a norma técnica para impedir a contaminação do aquífero; poços jorrantes ou artesianos surgentes devem ser dotados de fechamento hermético para evitar o desperdício de água.
- Realizar o lacramento e a obturação em poços abandonados e/ou desativados com risco potencial de poluição do aquífero.

- Implantar instrumentos para controle, medição e monitoramento de volumes explorados nas captação

Conclui-se salientando que a gestão do recurso hídrico subterrâneo envolve ações técnicas e científicas que visam a manutenção dos mananciais. Estas ações devem ocorrer de modo coordenado entre gestão e usuário para que resulte no equilíbrio entre oferta e demanda da água, bem de grande valia e importância para a manutenção da vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baird, C. & Cann. M. 2011. Metais pesados tóxicos. In: Química Ambiental. Tradução: Marco Tadeu Grassi *et al.* Porto Alegre: Bookman. p. 685-734.

Barbosa, C.M.S. 2006. Diretrizes para gestão participativa das águas subterrâneas. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Holos, Ano 22, Outubro 2006.

Decreto 31.077 de 12 de Dezembro de 2012

Decreto 31.077 de 12 de Dezembro de 2012

Hager, F. P. V. e D'almeida M. L. 2008. Legislação aplicada às águas subterrâneas, XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, RN.

Lei Nº 14.844 de 28 Dezembro de 2010

Lei Nº 14.844 de 28 Dezembro de 2010

Santos, A. C. 2008. Noções de Hidroquímica. In: Feitosa, F.A.C. *et al.* (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, p. 325-357.

Vaitsman, D. S. & Vaitsman, M. S. 2005. Água Mineral. Rio de Janeiro: Interciência. 222 p.

www.cogerh.com.br

www.funceme.br