

**SUBSÍDIOS À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS:  
ZONEAMENTO DE DISPONIBILIDADES DE AQÜÍFEROS NA FOLHA  
XINGUARA, ESCALA: 1:250.000**

**Paulo Pontes Araújo<sup>1</sup>**

**Resumo** - Este trabalho mostra uma visão sistêmica do zoneamento de disponibilidades de aquíferos na Folha Xinguara, como subsídio parcial ao planejamento integrado para uso racional dos recursos hídricos, obtida a partir da interpretação preliminar dos dados disponíveis na área de estudo. Esta fase metodológica é marcada pelos parâmetros envolvidos no modelo de características das unidades litológicas. Em fase posterior de desenvolvimento metodológico, os parâmetros contidos no mapa serão integralizados a outros parâmetros, através da análise conjunta de lógica booleana e fuzzy. A disponibilidade de água subterrânea é de 1.419 milhões m<sup>3</sup> / ano. Nas rochas cristalinas a profundidade é estimada entre 10 e 40 metros por poço, e produção em torno de 8 m<sup>3</sup> / h / km<sup>2</sup>. Nas rochas sedimentares a produtividade é estimada em 15 m<sup>3</sup> / h / km<sup>2</sup>. As melhores perspectivas de uso das águas subterrâneas da Folha Xinguara são para os setores menos densamente habitados. Considerando as produtividades por poço, a população abastecida varia entre 800 e 1.500 pessoas, para um regime de 20 horas de bombeamento por dia, ou uma população entre 4.000 e 15.000 por meio de baterias de 5 a 10 poços.

**Abstract** – In this study is made an outline of availability aquifers zonation in the Xinguara Map, to help planning for wise use of water resources, given by interpretation of available data in study area. This methodological step is based in characteristic parameters of lithological unities. In a after methodological step the parameters of map will be integrated to others by the fuzzy and boolean analysis. The availability of groundwater is 1,419 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> per year. In crystalline rocks the well deep is 10 m to 40 m and the yield of about 8 m<sup>3</sup>/hr/km<sup>2</sup>. In sedimentary rocks the yield is about 15 m<sup>3</sup>/hr/km<sup>2</sup>. The best insight to groundwater use in Xinguara Map are in part less populated. If we consider the well yield, the people supplied per well range from 800 to 1,500 peoples, in 20 hours pumping time per day or 4,000 to 15,000 peoples with 5 to 10 wells.

**Palavras chave:** zoneamento – aquíferos – potencialidade – disponibilidade

---

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil – CPRM – DIGEAM, Tel (0xx91) 276-8577 – [ppontes@amazon.com.br](mailto:ppontes@amazon.com.br) - Belém – Pará.

## **INTRODUÇÃO**

O Mapa de Zoneamento de Disponibilidades de Aquíferos, escala 1:250.000, vem sendo executado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, para o Programa de Zoneamento Ecológico – Econômico – ZEE, desde o ano de 2000. Esta fase do desenvolvimento metodológico é marcada pelos parâmetros envolvidos no modelo de características das unidades litológicas, a serem integrados em um ambiente de geoprocessamento a outros parâmetros ambientais. Esta folha foi executada pela Divisão de Gestão Territorial da Amazônia – DIGEAM, tendo esta fase sido concluída em 2001.

Este trabalho, foi desenvolvido na Folha Xinguara, situada no sudeste do Estado do Pará. A área de estudo, com 18.150 km<sup>2</sup>, abrange nove municípios, sendo que cinco destes encontram-se com suas sedes dentro dos limites da folha.

O presente trabalho têm como finalidade mostrar uma visão sistêmica do zoneamento de disponibilidades de aquíferos, através da análise do potencial e disponibilidade de recursos de águas subterrâneas que ocorre na Folha Xinguara, como subsídio ao planejamento integrado para uso racional dos recursos hídricos, obtida a partir da interpretação preliminar dos dados disponíveis sobre a área de estudo.

Este mapa foi elaborado a partir dos dados de natureza hidrogeológica, geológica e hidroclimatológica, disponíveis até o presente estudo.

Na representação cartográfica foram utilizadas cores combinadas com símbolos, letras e índices numéricos para a individualização dos diversos terrenos hidrogeológicos e suas potencialidades e disponibilidades.

## **OBJETIVOS**

O objetivo desta análise é apresentar o Mapa de Zoneamento de Disponibilidades de Aquíferos – Folha Xinguara, escala 1:250.000, para o Programa de Zoneamento Ecológico – Econômico – ZEE, anexo a um relatório abordando as questões referentes à potencialidade e disponibilidades de águas subterrâneas. Em fase posterior de desenvolvimento metodológico, os parâmetros contidos no mapa supramencionados serão integralizados a outros parâmetros, isto é, declividade do terreno, uso do solo, índice de fraturamento e espessura do manto de alteração, objetivando a avaliação do potencial hidrogeológico modelado através da análise conjunta de lógica booleana e lógica nebulosa (fuzzy).

## ÁREA DE ESTUDO

A Folha Xinguara (SB.22-Z-C), abrange uma superfície de aproximadamente 18.150 km<sup>2</sup> e está situada na porção sudeste do Estado do Pará. É limitada pelos paralelos 7° 00' e 8° 00' sul e pelos meridianos 49° 30' e 51° 00' oeste de Greenwich (Figura 1). Os seus domínios territoriais envolvem os seguintes municípios: Xinguara, Rio Maria, Pau d'Arco, Cumaru do Norte, Floresta, Bannach, Redenção, Conceição do Araguaia, Ourilândia do Norte e Água Azul do Norte, sendo que as sedes dos quatro últimos, encontram-se fora dos limites da Folha.

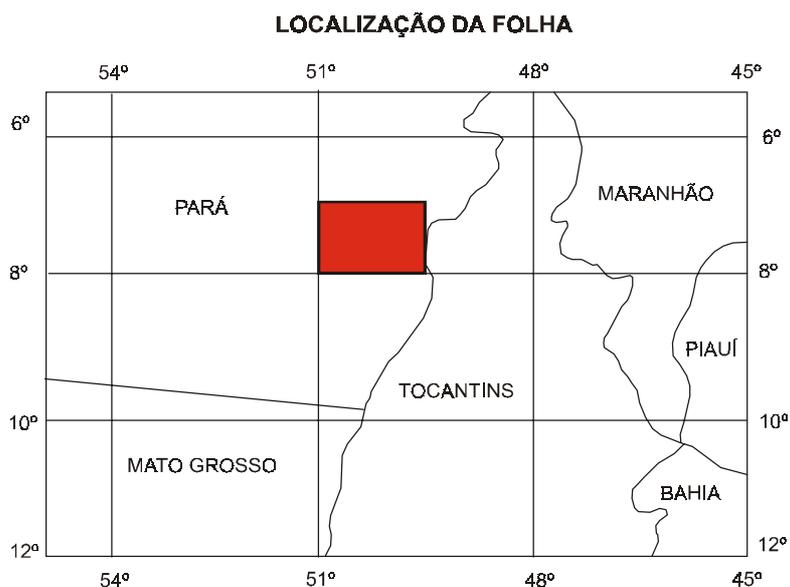


Figura 1 Mapa de localização da Folha Xinguara (SB.22-Z-C)

## METODOLOGIA

A elaboração do Mapa de Zoneamento de Disponibilidades de Aquíferos, Folha Xinguara, escala 1:250.000, contemplou as seguintes etapas de trabalho: a) coleta e tratamento dos dados; b) elaboração do mapa preliminar; c) análise e interpretação dos dados e; d) elaboração de mapa final.

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Os fundamentos geológicos apresentados neste item foram extraídos de Santos (2000), além de algumas observações de campo. Neste trabalho, foram consideradas as seguintes unidades posicionadas no Arqueano: Trondhjemitó Mogno, Tonalito Arco Verde, Complexo Xingu, Grupo Sapucaia, Grupo Andorinhas, Grupo Tucumã, Grupo Gradaús, Granodiorito Rio Maria e Monzogranito Xinguara.

No proterozóico os conjuntos rochosos cartografados na Folha Xinguara, encontram-se representados pelos sedimentos plataformais das serras das Andorinhas e Gradaús, pelos diversos

maciços graníticos anorogênicos distribuídos em diferentes setores da Folha e pelos metassedimentos do Cinturão Araguaia.

O Fanerozóico, na Folha Xinguara, está representado por litologias pertencentes ao Mesozóico e ao Cenozóico.

Ao Mesozóico, são atribuídas as manifestações magmáticas básicas anorogênicas, resultantes de evento tectônico distensivo, responsável pela colocação dos diques, no geral, de pequenas possanças e orientações variadas.

Ao Cenozóico se relacionam coberturas terciárias e quaternárias. As primeiras apresentam dimensões cartografáveis, na escala deste trabalho, apenas nos domínios da Formação Couto Magalhães; enquanto as coberturas quaternárias distribuem-se através de cordões aluvionares, nem sempre cartografáveis, ao longo de quase toda rede de drenagem da área estudada.

## **HIDROGEOLOGIA REGIONAL**

Na Folha Xinguara, as águas subterrâneas, podem ocorrer em rochas granulares consolidadas (arenitos) e inconsolidadas (manto intempérico e aluviões), que formam aquíferos porosos ou granulares e em rochas ígneas e metamórficas, que compõem o domínio dos aquíferos de rochas duras fraturadas, conforme demonstrado no quadro 6.1.

Os tipos granulares afloram em áreas restritas, a leste / nordeste e ao sul da folha, correspondendo à cerca de 2% da área total. O grupo de aquíferos de rochas fraturadas ocupa a maior parte da folha 98%.

Os aquíferos aluviais têm, em geral, pequena expressão na Folha Xinguara.

O sistema hidrológico principal da Folha Xinguara está no domínio hidrográfico da sub-bacia 27 do Rio Araguaia. Este sistema é limitado pelos setores montanhosos, formadores dos divisores topográficos de águas superficiais e subterrâneas da unidade hidrológica.

Uma parcela teórica entre 20 e 40% das chuvas que caem neste domínio (média de 1.800 mm / ano) se infiltra no manto de alteração das rochas cristalinas do arqueano / proterozóico (16.044 km<sup>2</sup>) e nos depósitos areno-argilosos do fanerozóico e proterozóico (2.106 km<sup>2</sup>).

A espessura média do manto intempérico que cobre o substrato praticamente impermeável é de 50 m. Os parâmetros de condutividade hidráulica são estimados entre 10<sup>-1</sup> e 10<sup>-5</sup> cm / s (Fetter, 1988).

Os pacotes metassedimentares de idade proterozóica ocupam blocos afundados do embasamento geológico (grabens) e sobrepõe-se ao sistema aquífero das rochas cristalinas. O domínio de ocorrência mais importante constitui o Cinturão Araguaia (cerca de 497 km<sup>2</sup>). A espessura média do pacote metassedimentar é estimada em 100 m. Estima-se que as características

hidráulicas sejam variáveis com coeficientes de condutividade hidráulica entre  $10^{-9}$  e  $10^{-6}$  cm / s (Fetter, 1988).

As principais entradas de água do sistema hidrogeológico são os fluxos subterrâneos, os quais são alimentados pelas infiltrações das chuvas que caem nos domínios relativamente mais permeáveis e realçados do relevo, cujos fluxos subterrâneos convergem para o sistema de drenagem e para os pacotes de sedimentos, geralmente localizados nos setores mais deprimidos da topografia.

As principais saídas do sistema hidrogeológico são os rios que drenam a área acima das cotas de 670 m, correspondentes ao granodiorito Rio Maria, praticamente impermeável, e pelo bombeamento de algumas dezenas de poços rasos e profundos em atividades na Folha Xinguara.

Neste particular, nas zonas urbanas localizadas no âmbito da Folha Xinguara, o bombeamento excessivo nas áreas de descarga poderá inverter os gradientes, induzindo infiltrações a partir dos rios e / ou de fontes de poluição dispostas em subsuperfície, tais como tanques de armazenamento de combustíveis, fossas, dentre outras. Por conseguinte, é necessário estudo mais aprofundado desta relação água subterrânea / água superficial, tendo em vista estes pontos e a possível indução de contaminantes por poços em operação.

Portanto, uma simulação matemática (analítica ou numérica), prospectiva das condições de uso e proteção das águas subterrâneas da Folha Xinguara, deverá ter como base às unidades hidrográficas das sub-bacias 18 (Rio Xingu), 27 e 28 (Rio Araguaia) e 29 (Rio Tocantins), as interações com os mananciais de superfície, as condições e níveis atuais de utilização e as formas de uso e ocupação do meio físico.

## ESTIMATIVA DAS RESERVAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A tabela 7.1 apresenta os parâmetros fundamentais para o cálculo das reservas de águas subterrâneas dos dois principais domínios aquíferos da Folha Xinguara, com base nos quais podem ser estimadas as suas potencialidades e disponibilidades.

Tabela 7.1 Parâmetros fundamentais dos domínios aquíferos da Folha Xinguara

Domínios Hidrogeológicos	Extensão (km <sup>2</sup> )	Espessura média (m)	Porosidade efetiva média (%)	Isoieta média anual (mm/ano)
Rochas cristalinas	16.044	50	3	1.800
Rochas sedimentares	2.106	100	6	

As reservas permanentes de água subterrânea (Rp) correspondem aos volumes estocados nos aquíferos, abaixo das flutuações anuais de nível da zona saturada. Este volume é igual ao produto da extensão de ocorrência do aquífero, pela sua espessura média saturada e pelo

coeficiente de porosidade efetiva (aquífero livre) e / ou armazenamento (aquífero confinado ou semiconfinado).

Quadro 6.1 Coluna Hidroestratigráfica da Folha Xinguara, escala 1:250.000

<b>ZONEAMENTO DE DISPONIBILIDADES DE AQUÍFEROS</b>			
<b>Principais Terrenos Hidrogeológicos</b>	<b>Tipo de Aquífero</b>	<b>Classificação de acordo com o Potencial</b>	<b>Descrição Sumária dos Aquíferos</b>
Sedimentos Recentes	<b>S E D I M E N T A R</b>	Baixo	Aquíferos de Coberturas Elúvio/Colúvio Aluvionar ( <i>Qal</i> ), contínuos, livres, compostos por camadas de cascalhos e areias, intercaladas por siltes e argilas.
Sedimentos Lateríticos		Moderado	Aquíferos de Coberturas Lateríticas ( <i>Tlt</i> ), locais livres e/ou confinados localmente, associado a lateritos ferruginosos exibindo horizontes argilosos concrecionários.
Grupo Tocantins e Grupo Gemaque		Elevado	Aquíferos da Formação Couto Magalhães ( <i>Pcm/q</i> ) e da Formação Cachoeirinha ( <i>Pca</i> ), locais confinados. Encontrados em associação com lâminas carbonosas intercaladas por fácies arenosas de geometria laminar. Espessura estimada em 100m.
Diabásio Básico	<b>F R A T U R A D O</b>	Baixo	Aquíferos do Diabásio Cumaru ( <i>Mdc</i> ), fraturados atravessando diferentes seqüências sedimentares. Profundidade estimada de 100 a 150m.
Grupo Gemaque		Moderado	Aquíferos da Formação São Roque ( <i>Psr</i> ), fraturados associados aos arenitos conglomeráticos. Favorecidos pelo regime tectônico distensivo.
Grupo Rio Fresco		Moderado	Aquíferos da Formação Naja ( <i>Prn</i> ) e da Formação Tocandeiras ( <i>Ptc</i> ), fraturados, associados a quartzo-arenito e brechas intraformacionais. Favorecidos pelo regime tectônico distensivo.
Plutonismo Ácido		Moderado	Aquíferos do Sienogranito Redenção ( <i>Pgr</i> ), fraturados, localizados, favorecidos pelo sistema tectônico distensivo. Potencial hidrogeológico ampliado associado ao manto de rocha alterada. Q=40m <sup>3</sup> /h. Profundidade entre 40-60m.
Grupo Gradaús e Grupo Andorinhas		Moderadamente elevado	Aquíferos do Grupo Gradaús ( <i>Agd</i> ), e Grupo Andorinhas ( <i>Aan</i> ), fraturados, associados a metachert e formação ferrífera bandada.
Monzogranito Xinguara		Baixo	Aquíferos do Monzogranito Xinguara ( <i>Axg</i> ), fraturados, restritos aos limites transicionais, delimitados por transcorrências e cavalgamento oblíquo. Aquíferos praticamente ausentes: presentes nessas áreas quando ocorre manto de rocha alterada.
Granodiorito Rio Maria		Baixo	Aquíferos do Granodiorito Rio Maria ( <i>Arm</i> ), fraturados, associados a granitóides. Aquíferos praticamente ausentes: presentes nessas áreas quando ocorre manto de rocha alterada.
Complexo Xingu / Tonalito Arco Verde		Baixo	Aquíferos do Complexo Xingu ( <i>Axi</i> ) e Tonalito Arco Verde ( <i>Aav</i> ), fraturado, associado a granitóides. Aquíferos praticamente ausentes: presentes nessas áreas quando ocorre manto de rocha alterada. Espessura estimada de 20m.
Trondjemito Mógno		Baixo	Aquíferos do Trondjemito Mógno ( <i>Amg</i> ), fraturados, associados a gnaisses. Aquíferos praticamente ausentes: presentes nessas áreas quando ocorre manto de rocha alterada.
Grupo Tucumã e Grupo Sapucaia	Muito baixo	Aquíferos do Grupo Tucumã ( <i>Atu/sd</i> ) e Grupo Sapucaia ( <i>Asa</i> ), praticamente ausentes: presentes nessas áreas quando ocorre faixa aluvionar. Espessura estimada de 10m.	

As reservas permanentes do domínio de rochas cristalinas (Rpx) são:

$$R_{px} = 16.044 \times 10^6 \times 50 \times 0,03$$

$$R_{px} = 24.066 \text{ milhões m}^3$$

As reservas permanentes do domínio de rochas sedimentares (Rps) compreendem as reservas acumuladas em condições de aquífero livre (Rpl) e de aquífero semiconfinado (Rpc).

$$R_{pl} = 2.106 \times 10^6 \times 100 \times 0,06$$

$$R_{pl} = 12.636 \text{ milhões m}^3$$

As reservas armazenadas sob condições de semiconfinamento (Rpc) são calculadas com base no coeficiente de armazenamento estimado, ou seja:

$$R_{pc} = 2.106 \times 10^6 \times 100 \times 0,001$$

$$R_{pc} = 210 \text{ milhões m}^3$$

As reservas totais dos terrenos sedimentares (Rps) são:

$$R_{ps} = R_{pl} + R_{pc} = 12.636 + 210$$

$$R_{ps} = 12.846 \text{ milhões m}^3$$

As reservas permanentes totais de água subterrâneas (Rp) da Folha Xinguara são:

$$R_p = R_{px} + R_{ps} = 24.006 + 12.846$$

$$R_p = 36.852 \text{ milhões m}^3$$

O cálculo das reservas reguladoras ou transitórias pode ser efetuado de várias maneiras. Neste caso, como não são conhecidos os valores de variação do nível da água ( $\Delta h$ ), nem ter sido realizado ensaio de bombeamento, para o cálculo da reserva reguladora ( $R_r$ ), procurou-se avaliar o valor de  $\Delta R$  - índice de armazenamento, que pode, em condições de equilíbrio natural, ser considerada como o volume de infiltração efetivo anual (Feitosa & Manoel Filho, 1977), ou seja, sua reserva reguladora, pois de acordo com a expressão abaixo, pode-se dizer que:

$$R_r = \Delta R \times A$$

Admitindo-se uma pluviometria média anual de 1.800 mm para uma área de 16.044 km<sup>2</sup> (rochas cristalinas) e outra de 2.106 km<sup>2</sup> (rochas sedimentares), tem-se um volume de água precipitado da ordem de 252,72 x 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> (terrenos cristalinos) e 37,9 x 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> (sedimentos).

Assim, considerando-se uma taxa de infiltração de 30% extrapolada para toda a área de estudo, o volume anual de recarga por infiltração direta da pluviometria, ou seja, a reserva reguladora, tem-se para os terrenos cristalinos ( $R_{rc}$ ) e para os sedimentos ( $R_{rs}$ ), valores da ordem de:

$$R_{rc} = 7.581 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$R_{rs} = 1.137 \times 10^6 \text{ m}^3$$

## PLANEJAMENTO E EXPLOTAÇÃO DAS RESERVAS SUBTERRÂNEAS

As reservas explotáveis dependem dos parâmetros de viabilidade técnica e econômica dos projetos de captação e / ou uso. Ao nível do planejamento adota-se como explotável uma fração (entre 25 e 50%) das reservas reguladoras dos aquíferos livres, semilivres ou semiconfinados.

Considerando a grande descontinuidade das zonas aquíferas das rochas cristalinas, bem como a ocorrência de vastas áreas desprovidas de manto intempérico, e as grandes heterogeneidades dos sedimentos fanerozóicos e proterozóicos, adota-se como disponibilidade apenas 15% das reservas reguladoras para os domínios cristalinos e 25% das reservas reguladoras para os domínios sedimentares.

A tabela 8.1 apresenta as dimensões hidrogeológicas e as disponibilidades de águas subterrâneas da Folha Xinguara.

Tabela 8.1 Dimensões Hidrogeológicas e Disponibilidades Hídricas Subterrâneas.

Domínio Hidrogeológico	Extensão km <sup>2</sup>	Reserva Permanente milhões m <sup>3</sup>	Reserva Reguladora milhões m <sup>3</sup> /ano	Disponibilidade milhões		Disponibilidade Específica	
				m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h/km <sup>2</sup>
Rochas cristalinas	16.044	24.006	7.581	1.135	36	2,24	8
Rochas sedimentares	2.106	12.846	1.137	284	9	4,27	15
Totais	18.150	36.852	8.718	1.419	45	6,51	23

Na área de 18.150 km<sup>2</sup>, a disponibilidade de águas subterrâneas está assim distribuída: rochas cristalinas 1.135 milhões m<sup>3</sup> / ano, ou 36 milhões m<sup>3</sup> / s e rochas sedimentares 284 milhões m<sup>3</sup> / ano, ou 9 milhões m<sup>3</sup> / s.

A disponibilidade específica de águas subterrâneas na Folha Xinguara é da ordem de 8 m<sup>3</sup> / h / km<sup>2</sup> em terreno cristalino e, de 15 m<sup>3</sup> / h / km<sup>2</sup> em terreno sedimentar, somando um total de 23 m<sup>3</sup> / h / km<sup>2</sup>.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As condições climáticas privilegiadas e as características litológicas das formações geológicas, na Folha Xinguara, fazem com que os recursos subterrâneos representem papel importante na solução de abastecimento d'água nas diferentes modalidades (irrigação, consumo doméstico, consumo industrial, dentre outras), com ênfase para o abastecimento público.

A importância relativa elevada das águas subterrâneas da Folha Xinguara pode ser avaliada pelas disponibilidades da ordem de 1.135 milhões m<sup>3</sup> / ano, ou 36 milhões m<sup>3</sup> / s, distribuídos de forma irregular nas zonas aquíferas (manto de intemperismo associado a fraturas) nos 16.044 km<sup>2</sup>

de rochas cristalinas e, de 284 milhões  $m^3$  / ano ou 9 milhões  $m^3$  / s nos 2.106  $km^2$  de terrenos sedimentares, ou seja um total de 1.419 milhões  $m^3$ /ano.

Nos terrenos cristalinos a profundidade é estimada entre 10 e 40 metros por poço (bem locado, construído e operado com manutenção periódica), com uma produção estimada variando em torno de 8  $m^3$  / h /  $km^2$ . Neste contexto hidrogeológico, a produtividade de poço depende, fundamentalmente, de uma boa locação, a qual, normalmente, deverá ser realizada pela interação de dados obtidos pela interpretação fotogeológica em escala igual ou maior do que 1:40.000, análise geoestrutural / tectônica e prospeção geofísica. A fase de teste deverá compreender, a obtenção da curva característica de produção, com definição do seu ponto de vazão crítica ou máxima.

Nos terrenos sedimentares a produtividade por poço (bem construído, desenvolvido e operado com manutenção periódica) é estimada por volta de 15  $m^3$  / h /  $km^2$ . A produtividade do poço depende da adequada captação dos corpos arenosos atravessados e situados na metade inferior da espessura saturada. Faz-se necessária, também, o uso das técnicas de perfilagem geofísica para uma boa colocação dos filtros e a aplicação de técnicas de desenvolvimento, tais como defloculantes de argilas e pistoneamento. A fase de teste deverá compreender, igualmente, a obtenção da curva característica de produção com definição de vazão máxima.

Considerando as produtividades calculadas (8 a 15  $m^3$  / h /  $km^2$ ), a população abastecível por poço varia entre 800 e 1.500 pessoas, para um regime de 20 horas de bombeamento por dia, ou população entre 4.000 e 15.000 por meio de baterias de 5 a 10 poços.

As melhores perspectivas de uso das águas subterrâneas da Folha Xinguara são para os setores menos densamente habitados.

Nos núcleos urbanos, as águas subterrâneas poderão desempenhar um papel complementar ou estratégico, suprindo as necessidades vitais durante situações de emergência ou acidentes ambientais, mediante um gerenciamento integrado dos recursos hídricos disponíveis. Para isso, uma rede básica de poços deverá ser selecionada, com base nos dados de cadastramento e estabelecidas as condições gerenciais de acionamento e compensação dos proprietários pelo uso do poço requisitado.

Para apropriação destes potenciais de águas invisíveis, certamente, que a solução implica numa regionalização e setorização hidrográfica do gerenciamento, incluindo o controle do auto-abastecimento coletivo e / ou familiar.

## **BIBLIOGRÁFICA CONSULTADA**

- FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. (1997). **Hidrogeologia**: Conceitos e aplicações. Fortaleza. CPRM / LABHID-UFPE. 412 p: il.
- FETTER, C. W. 1988. **Applied Hydrogeology**. Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus; OH, 488 p.
- SANTOS, A. dos – Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais. Folha Xinguara; escala 1:250.000. Belém, DNPM/CPRM. 2.000

