

INFORMAÇÕES HIDROGEOLÓGICAS BÁSICAS DO ESTADO DE SC

Diogo R. A. da Silva¹ & Roberto E. Kirchheim²

Resumo – Este trabalho realiza uma discussão e uma análise dos bancos de dados hidrogeológicos existentes e disponíveis para o Estado de Santa Catarina. Através do cruzamento das informações obtidas nestes bancos com os limites das bacias e regiões hidrográficas, foi possível estimar algumas importantes relações de disponibilidades e demandas de água subterrânea. Trata-se de uma metodologia importante cujos resultados devem balizar as políticas públicas de gestão das águas subterrânea no Estado. Salientada esta importância, fica claro o quanto é importante manter os bancos de dados de forma consistida e sistemática.

Abstract – A closer analysis on the existing and available groundwater data bank for the Santa Catarina State reveals some deficiencies in terms of the data quality. Nevertheless, they give important information for the estimation of groundwater availability and annual extraction volumes within water basins and regions. These results are crucial for a more efficient state groundwater management. It's clear, after this study how much attention and importance should be given to new water well information and data bank quality maintenance.

Palavras-Chave – Poços tubulares, água subterrânea, gestão de águas subterrâneas.

1.Introdução

O Estado de Santa Catarina, guardada as peculiaridades regionais físicas e socioeconômicas, não difere do cenário nacional no que diz respeito à utilização das águas subterrâneas. É consenso entre os principais atores atuantes neste tema o incremento considerável de novas perfurações em todas as Bacias Hidrográficas, em todos os aquíferos do Estado. Conforme relatos de técnicos da CIDASC, por exemplo, nos últimos anos vem sendo perfurados cerca de 100 poços tubulares somente por intermédio desta instituição. Muitas destas perfurações estão relacionadas à expansão de serviços de abastecimento em cidades médias e pequenas, ou mesmo áreas de assentamentos e comunidades rurais, as quais têm sofrido com as constantes estiagens, principalmente no Oeste do Estado.

Já em outras circunstâncias, verifica-se uma forte tendência por parte do setor industrial em adotar alternativas de água subterrânea em sua matriz de abastecimento. Neste caso específico, a dinâmica depende dos critérios locacionais das próprias empresas, que tendem a instalar-se em alguns dos corredores de crescimento industrial e urbano identificados para o Estado. No caso destas regiões coincidirem com áreas potencialmente aquíferas, a opção pela perfuração de poços é bastante sedutora.

1) Pesquisador em Geociências, Serviço Geológico do Brasil – CPRM - Superintendência de Porto Alegre – e-mail: diogo.rodrigues@cprm.gov.br.

2) Pesquisador em Geociências, Serviço Geológico do Brasil – CPRM - Superintendência de Porto Alegre - e-mail: roberto.kirchheim@cprm.gov.br.

Dentre os fatores gerais que levam ao crescente uso de água subterrânea, os mais importantes são: (i) a deterioração progressiva da qualidade dos recursos hídricos superficiais e crescentes custos de captação e tratamento; (ii) vulnerabilidade das reservas superficiais aos períodos de estiagem em alguns pontos do país; (iii) avanços tecnológicos das bombas elétricas (submersas ou de eixo prolongado) que possibilitam a extração segura de grandes vazões a grandes profundidades; (iv) avanços na tecnologia de perfuração roto-pneumática e na diminuição dos investimentos necessários para adquirir e operar sondas; (v) expansão da oferta de energia elétrica; (vi) progressivo barateamento, redução dos prazos e riscos econômicos da construção dos poços; (vii) ausência em geral de impactos ambientais associados às extrações de água subterrânea e, finalmente (viii) estímulo à clandestinidade da extração sem o mínimo registro por parte dos órgãos de gestão.

Todos estes fatores atuam de forma concomitante e influenciam o dinâmico cenário dos recursos hídricos do Estado, sendo sua compreensão fundamental para orientar as políticas públicas específicas.

Muitas destas perfurações, para não dizer sua grande maioria, vêm sendo concluídas sem o devido consenso e registro dos órgãos de gestão e de forma a não reverter em dados, mesmo que pontuais, sobre os aquíferos e os respectivos poços.

Neste sentido, este trabalho realiza uma avaliação criteriosa do principal banco de dados existentes para o Estado de SC, no caso, o banco de dados do Sistema de Informação em Águas Subterrâneas (SIAGAS), mantido e operado pela CPRM. Tendo em vista as demandas de gestão das águas subterrâneas que SC tem pela frente e a forma como este Estado vem organizando-se para cumprir tal expectativa, a análise ora empreendida representa uma importante etapa inicial.

2. Antecedentes Técnicos

São relativamente recentes os estudos específicos sobre águas subterrâneas no Sul do Brasil, ao contrário de outras regiões, especialmente no Nordeste, onde tradicionalmente eram realizados inventários hidrogeológicos auspiciados por órgãos de desenvolvimento regional, como a antiga SUDENE.

No caso de SC, considerado um Estado com suficiente disponibilidade de águas superficiais, dada a densa rede de drenagem superficial contando com rios de variados portes, era natural que justamente sobre eles repousava a ênfase dos estudos e esforços institucionais. Na década de 80 ainda predominaram os grandes mapeamentos regionais ao estilo do Projeto Radam e, neste sentido, surgiu o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, confeccionado em 1986 sob coordenação do DNPM. Destacam-se também os exaustivos trabalhos de prospecção de carvão mineral e hidrocarbonetos, respectivamente nas bordas e no interior da província geotectônica denominada

Bacia Sedimentar do Paraná, que acabaram gerando valiosa informação geológica e hidrogeológica. Exemplo concreto desta contribuição foi o retrabalhamento estratigráfico empreendido pela Petrobrás definindo os modelos conceituais do Sistema Aquífero Guarani (SAG), incluindo informações obtidas em território Catarinense. No caso de Santa Catarina, cita-se os principais trabalhos: Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar (2002); Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Cubatão Norte (2006); Plano de Gestão e Gerenciamento da Bacia do rio Araranguá (1997); Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí (2006); Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina (de caráter estadual, 2006).

Observa-se que a ênfase clara destes trabalhos reside nas águas superficiais e que prevalecem as noções qualitativas e descritivas a respeito dos aquíferos, muitas vezes desconectadas do objetivo primordial destes mesmos planos, a saber, servir de base técnica para implementar a gestão integrada dos recursos hídricos. Óbvio que não se trata de uma situação exclusiva do Estado de SC e, tampouco, representa falta de visão técnica da parte dos atores envolvidos (executores e contratantes). Tratava-se de uma espécie de consenso nacional, o de avaliar os recursos hídricos de forma fragmentada, dando mais ênfase às águas superficiais e concentrando nelas seus esforços analíticos mais avançados, como análises estatísticas, modelos de fluxo e modelos de qualidade.

Mesmo assim, observa-se nos referidos trabalhos esforços técnicos valiosos e inovadores, como no caso da Bacia do rio Araranguá, onde os aquíferos contam inclusive com estimativas dos volumes de água subterrânea estocados sob a forma de reservas permanentes, como forma de caracterizar seu potencial e disponibilidade hídrica subterrânea. São metodologias de abordagem que se distinguem, sobremaneira, das tradicionais avaliações dos aquíferos. Mesmo no trabalho intitulado “Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina“, os aquíferos e as águas subterrâneas figuram apenas como coadjuvantes e não se avança em termos de diagnóstico regional e propostas de ações futuras.

Fica evidente a necessidade de organizar a informação existente em forma de uma base metodológica de trabalho e uma base cartográfica regional coerente com os propósitos da política estadual de recursos hídricos, que ora se desenvolve. Também torna-se fundamental envolver desde cedo os principais atores do campo temático das águas subterrâneas, não somente na busca por novas informações, como também na busca por consensos e nas discussões estratégicas sobre proposições em nível estadual.

O Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina, denominado PROESC, concluído em 2002, realizado sob a forma de um convênio entre a CPRM e o Governo do Estado de Santa Catarina, foi, e segue sendo, sem dúvida nenhuma, a mais importante referência de água subterrânea. Este fato se deve não somente ao seu caráter regional, a intensidade

analítica e a escala em que ocorreu a busca por informações, mas principalmente por envolver uma série de secretarias estaduais. O intuito deste projeto foi justamente preencher a lacuna de conhecimento sobre as águas subterrâneas da parte oeste do Estado, destacando condições geológicas e hidrogeológicas, potencialidades, qualidade físico-química das águas subterrâneas e aspectos construtivos dos poços tubulares. Destaca-se, entre as muitas informações disponibilizadas pelo PROESC, o cadastro de poços tubulares para a região, o qual, em seguida, uma vez encorpado por outros cadastros e fontes de informações, foi incorporado ao Sistema de Informações em Águas Subterrâneas - SIAGAS, desenvolvido e mantido pela CPRM para o país inteiro.

A manipulação das informações geradas pelo PROESC, fizeram aflorar questões fundamentais: (i) A não existência de semelhante estudo em outras regiões do Estado fazendo com que exista uma forte heterogeneidade de informações. Isto fica evidente na própria distribuição dos poços tubulares no Estado pois a região de cobertura do PROESC concentra a maioria dos poços registrados; (ii) (iii) O PROESC se concentrou em áreas coincidentes com as bases cartográficas geológicas oficiais, não obedecendo os limites das bacias hidrográficas. Resulta que algumas bacias possuem apenas parte de seu território avaliado pelo PROESC (corroborando o que foi reconhecido recém, ou seja, de que uma visão mais integradora dos recursos hídricos representa noção recente e de que prevalecia a percepção fragmentada dos recursos hídricos).

Outros antecedentes técnicos considerados importantes devem ser destacados: (i) As importantes contribuições técnicas dos órgãos de Estado como CIDASC e CASAN, não somente no que diz respeito a perfuração de novos poços, mas também no retrabalhamento técnico das informações e publicações técnicas. Destaca-se neste sentido o trabalho contratado pela CASAN para o modelamento do fluxo e otimização da exploração das águas subterrâneas dos aquíferos costeiros nos Iglestes/Santinho e Campeche/Joaquina no Município de Florianópolis, 1997; (ii) Os trabalhos desenvolvidos pela EPAGRI; (iii) As informações coletadas e disponibilizadas pelo DNPM de Santa Catarina sobre o aproveitamento mineral das águas subterrâneas no Estado; (iv) O estudo “Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC” Krebs, A., 2004, assim como os diversos trabalhos acadêmicos desenvolvidos no âmbito dos cursos de Pós-graduação da UFSC entre outros.

Pode-se constatar que existem regiões do Estado que possuem maior nível de informação hidrogeológica, como por exemplo: (i) a região contemplada pelo PROESC; (ii) os aquíferos costeiros de Florianópolis, (iii) os aquíferos existentes na Bacia do rio Araranguá, (vi) os aquíferos existentes em torno do município de Joinville (trabalhos pioneiros realizados por Baggio, Gonçalves entre outros).

Conforme será visto a seguir, dois aquíferos existentes no Estado de Santa Catarina merecem especial destaque, os estratos confinados do arenito da Formação Botucatu do Sistema Aquífero

Guarani (SAG) e as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, constituindo o denominado Aquífero Serra Geral. Ambos vêm sendo estudados e são objetos de novos estudos no marco de importantes projetos geológicos e hidrogeológicos em andamento, como é o caso do Projeto Aquífero Guarani e dos projetos elencados no marco do Projeto Pró Rio Uruguai/Aquífero Guarani, principalmente aqueles que tratam da interação química das águas entre o aquíferos SAG e Serra Geral. Em grande parte de SC (com exceção de suas áreas de recarga na borda da serra) o SAG representa uma grande reserva de água subterrânea, sobre a qual, especificamente em SC, pouco se conhece. De forma cada vez mais intensa os aquíferos costeiros vem sendo explorados para atendimento de água para consumo doméstico. Tratam-se de aquíferos livres extremamente vulneráveis à contaminação de superfície e muitas vezes sujeito a taxas de extrações que implicam em conseqüências do tipo inversão do fluxo, rebaixamentos excessivos e intrusão salina (considerada a mais séria e irreversível das externalidades deste processo).

A outorga de água subterrânea ainda não está implementada no âmbito do órgão gestor de recursos hídricos do Estado de Santa Catarina (Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável – Diretoria de Recursos Hídricos). Por outro lado, a perfuração de poços tubulares é objeto de licenciamento ambiental junto ao Órgão Ambiental do Estado (FATMA), a qual, mediante apresentação do projeto do poço e outras informações hidrogeológicas relevantes, fornece licença prévia (LP). Após a completção do poço, mediante o preenchimento de novo formulário a licença de operação (LO) é concedida ao usuário. O grande número de LP(s) protocoladas junto a FATMA dá uma idéia da quantidade de poços que vem sendo perfurados anualmente no Estado. Entretanto, em comparação com as LP(s), as pouquíssimas LO(s) evidenciam que as informações efetivas dos poços acabam não sendo fornecidas e, conseqüentemente, não são incorporadas em um sistema com capacidade de gerar informação estratégica para o incremento da gestão. Neste ínterim os analistas dos referidos processos não possuem ferramentas de gestão capazes de identificar situações de conflito hidrogeológico. Estas informações dos novos poços tubulares poderiam estar alimentando bancos de dados (compatíveis com o SIAGAS) e estar sendo inseridas dentro do sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado, gerando cenários e limitações para outorgas futuras de água subterrânea. As carências relacionadas ao banco de dados é uma das grandes entraves que precisam ser superados pelo estado na condução das políticas públicas relacionadas às águas subterrâneas. Se faz necessário contar com um banco de dados com retroalimentação através da outorga ou cadastramento ambiental, ação esta que deve fazer parte do planejamento estratégico do governo atual. O próprio Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, em seus cadernos específicos aponta para este cenário. De uma atitude quase que negligente, passando por visões que passaram a considerar a água subterrânea apenas como reserva

estratégica (somente), existem atualmente fortes tendências e pressões para que estas reservas sejam exploradas, dando suporte a iniciativas desenvolvimentistas em todas as regiões do país.

3. Bancos de Dados

Conforme foi recém discutido O SIAGAS constitui-se em importante instrumento de análise, sendo praticamente o único banco de dados disponível com abrangência regional (cobrindo todo o Estado) incluindo poços tubulares públicos e privados. Sendo assim, este estudo se propõe a realizar uma análise crítica de suas informações avaliando a possibilidade de sua apropriação, como pilar da futura gestão das águas subterrâneas do Estado. Salvo as campanhas de cadastramento da CPRM, sendo em parte apoiadas pelo Governo do Estado (através de convênios, como por exemplo, a iniciativa de gerar um Mapa Hidrogeológico de SC, a qual previa uma campanha de cadastramento), pouca informação adicional tem sido incorporada a este banco de dados. Os processos de licenciamento de poços tubulares, conforme foi discutido, não estão sendo incorporados ao sistema. As Figuras a seguir apresentam as principais análises de caráter global do SIAGAS para SC.

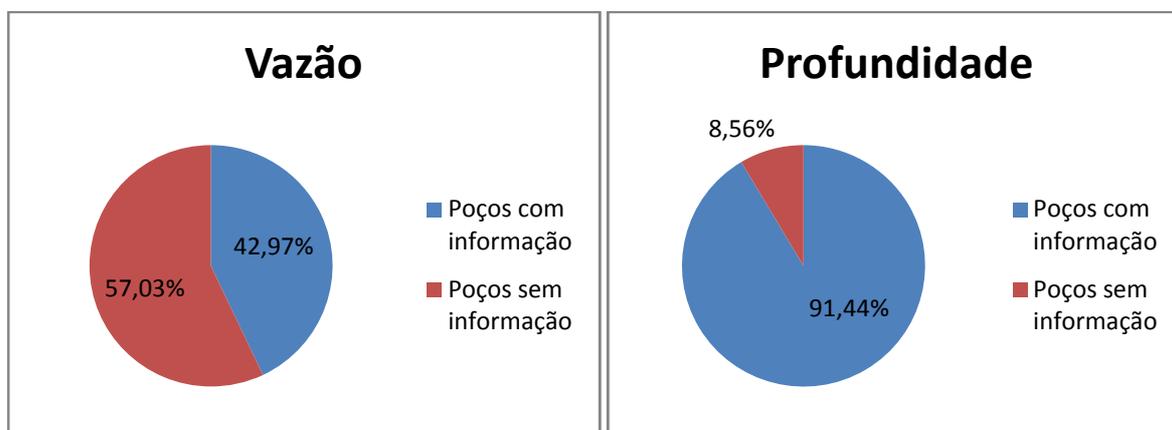


Figura 1 – Proporção da existência dos dados de vazão e profundidade.

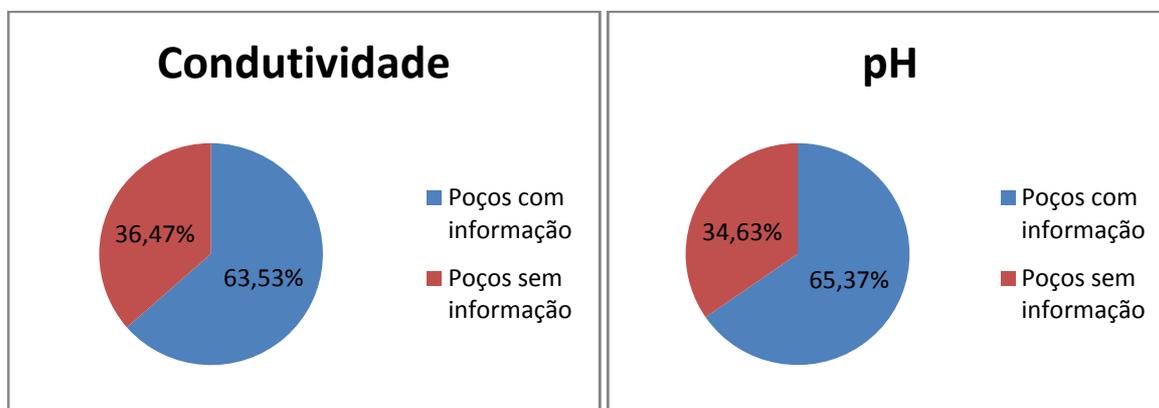


Figura 2 – Proporção da existência dos dados de condutividade e pH.

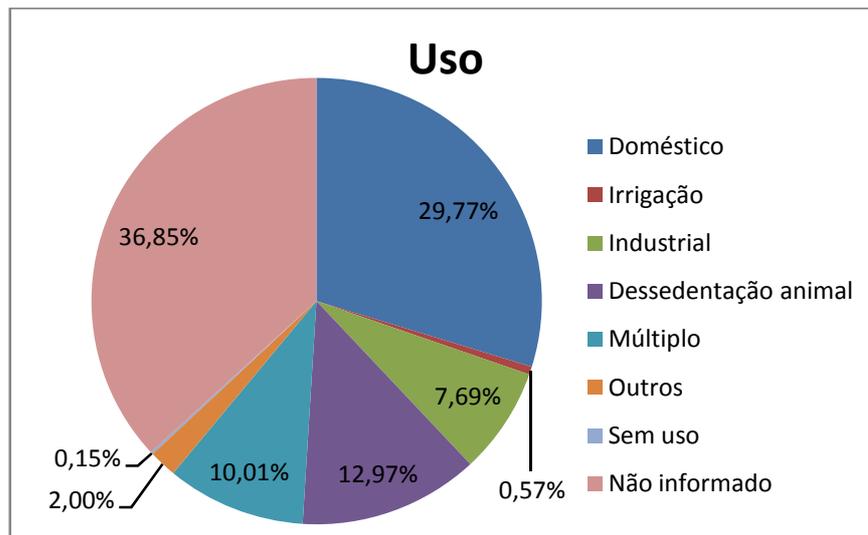


Figura 3 – Proporção de uso dos poços tubulares para Santa Catarina.

O cadastro de poços tubulares do SIAGAS, sob iniciativa e responsabilidade da CPRM, constam (à data de junho de 2011) registros de 7165 poços tubulares, praticamente 3750 poços a mais do que no ano de 2006, quando o diagnóstico do Plano Estadual de Recursos Hídricos contabilizou 3.419 poços tubulares para Santa Catarina. O cruzamento das informações do SIAGAS com os mapas possuindo os limites das Regiões Hidrográficas e suas respectivas Bacias Hidrográficas pode ser apreciado na Figuras 4 abaixo. De forma complementar aos mapas, os Quadro 1 e 2 sintetizam as informações segundo a lógica das Regiões e Bacias Hidrográficas.

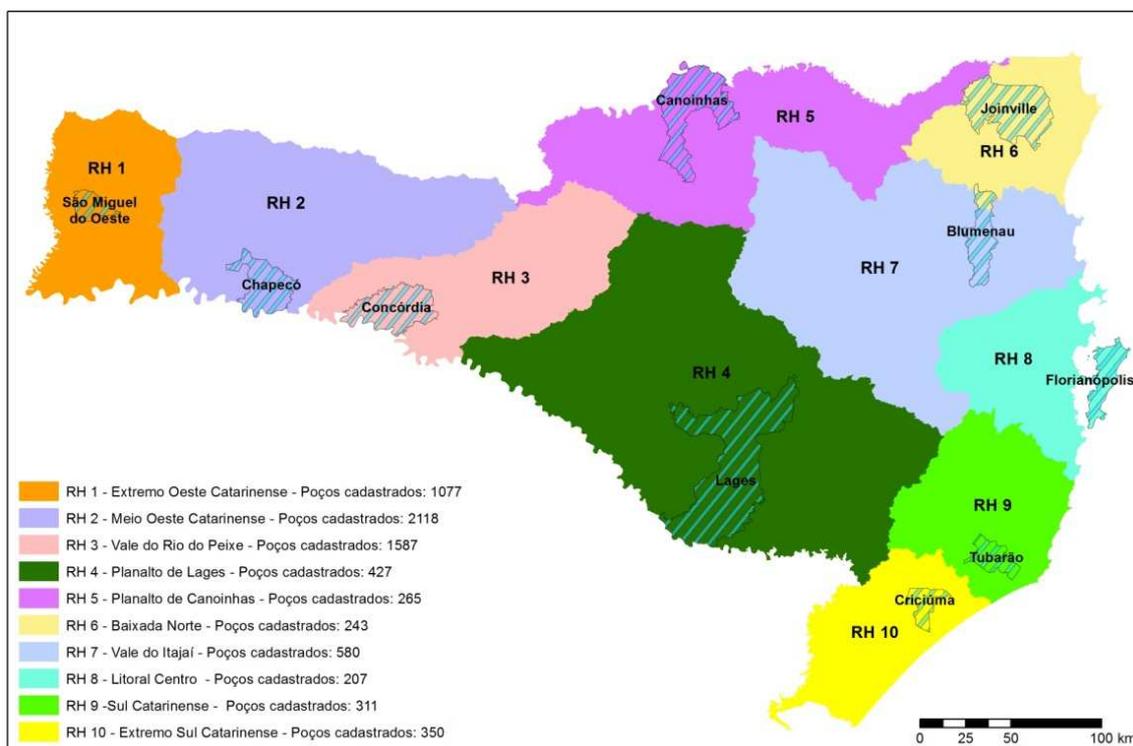


Figura 4 - Mapa com as Regiões Hidrográficas de Santa Catarina e respectivo número de Poços.

O Mapa da Figura 5 apresenta um Mapa Hidrogeológico Preliminar para o Estado baseado no agrupamento de unidades litoestratigráficas. Se saliente que neste momento a CPRM em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de SC está desenvolvendo o Mapa Hidrogeológico do Estado em escala 1:500.000, cujas premissas estão mais associadas ao comportamento hidrodinâmico e hidroquímico das águas subterrâneas. A partir das análises realizadas, chega-se a algumas conclusões importantes:

- A cobertura do SIAGAS no Estado não é homogênea. A complementação desta tarefa consiste em prioridade no horizonte de gestão de água subterrânea.

- Constata-se um grande número de poços fora de operação ou sem informação quanto ao estado de funcionamento, regime de operação e vazões, consequência da falta de sistematização hidrogeológica. Além de representarem perdas econômicas importantes, estas carências, por um lado dificultam a estimativa do somatório das extrações atuais (para compor um balanço de entradas e saídas).

- A grande maioria dos poços tubulares é utilizada para suprir demandas de abastecimento de água potável em meio urbano e rural, sendo comum o aspecto multiuso das mesmas. Esta proporção chega a > 65% dentre os poços com informação de uso. O uso da água subterrânea para fins industriais (8%) é uma realidade e encontra-se em franco crescimento no Estado, consequência dos benefícios econômicos da isenção de pagamento pelo uso da água e os baixos custos de perfuração e completação de poços, além das vantagens intrínsecas da captação de águas subterrâneas. Ressaltam-se, entretanto, as grandes proporções de poços sem informação quanto ao uso, somando quase 44% das vazões totais e 59% dos registros.

O mapa hidrogeológico preliminar sugere que:

- As unidades aquíferas mais produtivas do Estado ocorrem em suas áreas costeiras, principalmente os aquíferos arenosos livres formados pelas barreiras marinhas, depósitos praias e eólicos em geral. No caso da unidade conformada pelos depósitos aluvionares e coluvionares, recentes ou antigos, se observa uma grande produtividade, a qual, entretanto não pode ser generalizada em toda extensão da unidade.

- Situação semelhante ocorre com os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral, de grande heterogeneidade, e capazes de fornecer vazões muito altas em detrimento de regiões, mesmo muito próximas das primeiras, onde as perfurações podem resultar improdutivas. A unidade aquífera da Formação Serra Geral impõem-se as demais em relação à área de ocorrência, mas principalmente em relação aos volumes extraídos, estimadas em > de 90% do somatório total de vazões.

- Já o Caso do SAG é um tanto diferente de todos os demais uma vez que possui grande extensão geográfica, porém caráter confinado na maior parte do Estado. Nas áreas confinadas, em função da pressão litostática e das condições de recarga regional, as vazões dos poços podem ser grandes, chegando a 1000m³/h. O custo de construção de tal poço é grande e são poucas as empresas de perfuração no mercado aptas para este tipo de obra. Nas áreas de afloramento, sempre sujeitas a grandes declividades as condições aquíferas são fracas. Nas áreas com cobertura de basalto inferior a 300m, o SAG está sendo explorado de maneira bastante intensa, o que requer cuidados adicionais.

- Os aquíferos gonduânicos, especialmente Rio Bonito e Itararé, possuem características muito variáveis e a produtividade depende da existência de calhas estruturais e permeabilidade secundária imposta por fraturamentos. O mesmo vale para as unidades sedimentares gonduânicas superiores.

- No caso das rochas duras, ou seja, dos aquíferos fraturados compostos pelas rochas granitóides, metamórficas indistintas e máficas-ultramáficas faltam informações para que se possa melhor definir suas propriedades aquíferas. Por analogia, julga-se serem aquíferos de baixa a muito baixa produtividade.

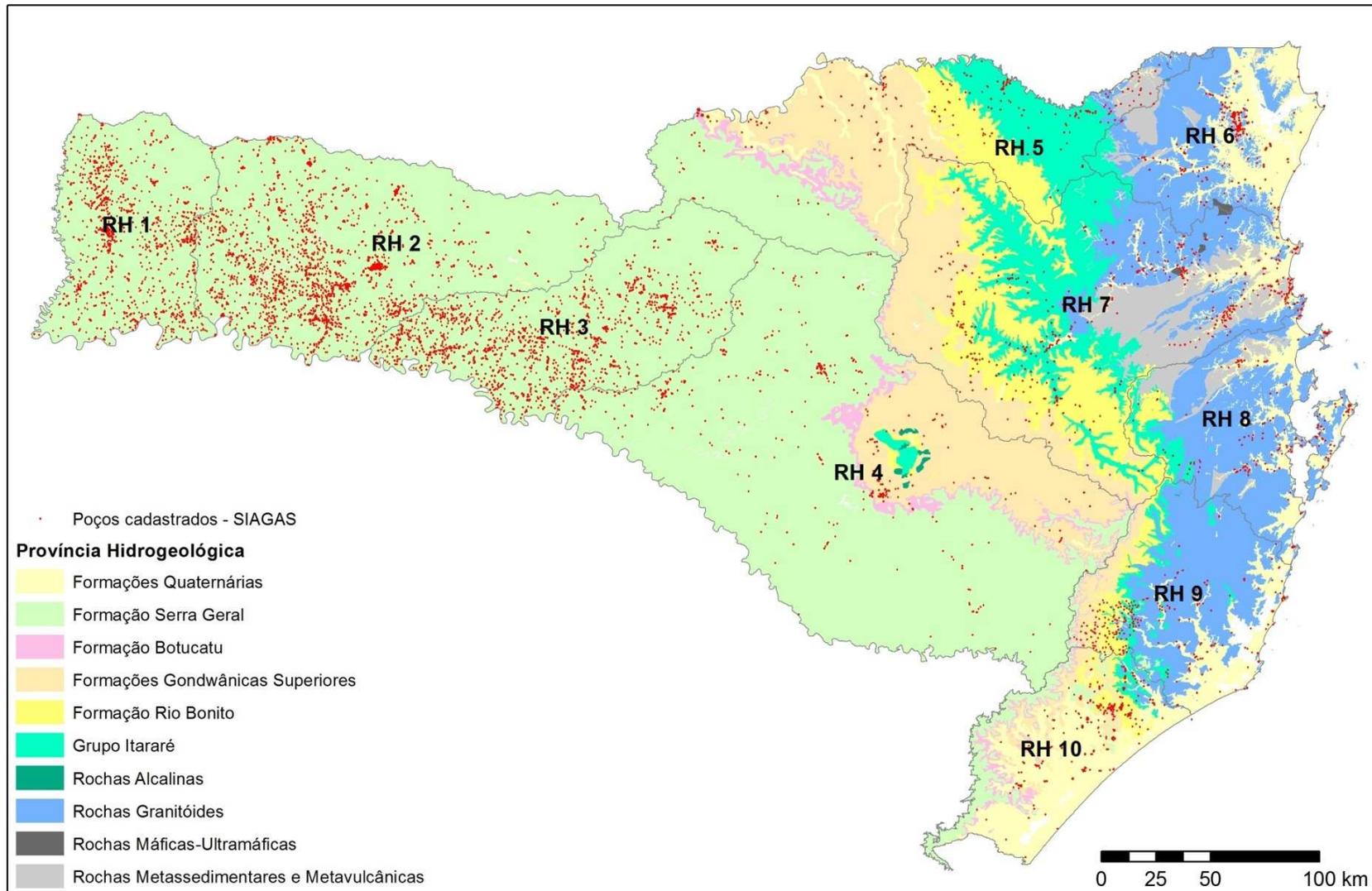


Figura 5 - Mapa Hidrogeológico Preliminar para Santa Catarina.

Quadro1 – Cadastro de Poços (SIAGAS) por Região Hidrográfica para Santa Catarina.

REGIÃO HIDROGRÁFICA	Mun	Área	NP	% ¹	km ² /Poço	P Inc	% ²	Bacia Hidrográfica	Principais Unidades Aquíferas Aflorantes ¹	Q
RH 01 - Extremo Oeste Catarinense	33	5.838	1077	15,03	5,42	481	44,66%	Rio Peperi-Guaçu	Formação Serra Geral	-
								Rio das Antas	Formação Serra Geral	9,7
RH 02 - Meio Oeste Catarinense	60	11.307	2118	29,56	5,34	1493	70,49%	Rio Chapecó	Formação Serra Geral	10,5
								Rio Irani	Formação Serra Geral	36
RH 03 - Vale do Rio do Peixe	39	7.923	1587	22,15	4,99	1149	72,40%	Rio Jacutinga	Formação Serra Geral	13
								Rio do Peixe	Formação Serra Geral	17
RH 04 - Planalto de Lages	34	22.787	427	5,96	53,37	218	51,05%	Rio Canoas	Formação Serra Geral	13
									Fm. Gonduânicas Superiores	-
RH 05 - Planalto de Canoinhas	19	10.929	265	3,70	41,24	181	68,30%	Rio Iguaçu	Formação Serra Geral	10
									Fm. Gonduânicas Superiores	-
RH 05 - Planalto de Canoinhas	19	10.929	265	3,70	41,24	181	68,30%	Rio Canoinhas	Província Quaternária	-
									Formação Serra Geral	10
RH 05 - Planalto de Canoinhas	19	10.929	265	3,70	41,24	181	68,30%		Fm. Gonduânicas Superiores	-
								Rio Negro	Formação Rio Bonito	-
RH 06 - Baixada Norte	16	4.877	243	3,39	20,07	78	32,10%		Grupo Itararé	-
								Rio Cubatão (Norte)	Província Quaternária	-
RH 06 - Baixada Norte	16	4.877	243	3,39	20,07	78	32,10%		Rochas granitóides	-
								Rio Itapocu	Província Quaternária	-
RH 06 - Baixada Norte	16	4.877	243	3,39	20,07	78	32,10%		Rochas granitóides	-
									Grupo Itararé	-
RH 07 - Vale do Itajaí	56	15.360	580	8,09	26,48	250	43,10%	Rio Itajaí	Formação Serra Geral	8,9
									Sistema Aquífero Guarani	-
RH 07 - Vale do Itajaí	56	15.360	580	8,09	26,48	250	43,10%		Fm. Gonduânicas Superiores	-
									Formação Rio Bonito	-
RH 07 - Vale do Itajaí	56	15.360	580	8,09	26,48	250	43,10%		Grupo Itararé	-
									Rochas Granitóides	-
RH 08 - Litoral Centro	21	5.262	207	2,89	25,42	96	46,38%	Rio Tijucas	Província Quaternária	-
									Grupo Itararé	-
RH 08 - Litoral Centro	21	5.262	207	2,89	25,42	96	46,38%		Rochas Granitóides	-
									Rochas Mt Sed. e Mt. Vulcânicas	-
RH 08 - Litoral Centro	21	5.262	207	2,89	25,42	96	46,38%	Rio Biguaçu	Província Quaternária	-

									Rochas Granitóides	-
									Rochas Mt Sed. e Mt. Vulcânicas	-
								Rio Cubatão (Sul)	Província Quaternária	64
									Rochas Granitóides	-
								Rio da Madre	Rochas Mt Sed. e Mt. Vulcânicas	-
									Província Quaternária	48,5
RH 09 - Sul Catarinense	24	5.733	311	4,34	18,43	231	74,28%	Rio Tubarão	Província Quaternária	33
									Rochas Granitóides	8
									Grupo Itararé	12
								Rio D'Una	Província Quaternária	38,7
Rochas Granitóides	37									
RH 10 - Extremo Sul Catarinense	28	5.052	350	4,88	14,43	189	54,00%	Rio Urussanga	Formação Rio Bonito	17
									Grupo Itararé	8
									Rochas Granitóides	35
								Rio Araranguá	Província Quaternária	18,85
									Formação Serra Geral	15
									Sistema Aquífero Guarani	13,5
									Formação Rio Bonito	11
								Rio Mampituba	Província Quaternária	-
Formação Serra Geral	-									

Observação: **Mun** – Número de Municípios inseridos total ou parcialmente nos limites da Bacia; **Área** – Área da Bacia em km²; **NP** – Número de Poços Tubulares registrados no SIAGAS; **%¹** – Porcentagem de Poços na Bacia; **km²/Poço** – Área média em km² correspondente a cada poço na Bacia; **P Inc** – Número de poços com informações incompletas; **%²** – Porcentagem de poços com carências de informação; **Q** – Vazão média das principais unidades aquíferas em m³/h.

Existem outras fontes de informação sobre poços em SC, porém limitadas em quanto a sua acessibilidade e aproveitamento. A intenção de perfuração de poços requer a concessão de uma licença ambiental por parte da FATMA cujo processo gera um registro físico. Uma vez concluídos e completadas as obras, mediante a apresentação dos memoriais técnicos devidamente preenchidos, os poços recebem licenças de uso. Entretanto, estes registros não vêm sendo consistidos e, por permanecerem ainda em formato físico, acabam não gerando bancos de dados, limitando a possibilidade de compartilhamento. Trata-se de um numeroso conjunto de poços, da ordem de >2.000 poços, os quais poderiam estar compondo o cadastro SIAGAS. É fundamental que este enorme passivo de informação seja avaliado e o sistema de licenciamento ambiental de poços seja revisto. Observa-se que para algumas Bacias Hidrográficas existem cadastros de usuários em pleno desenvolvimento. Embora representem uma excelente iniciativa, evidenciando o emprego de uma lógica descentralizada de participação no sistema de gestão, estes cadastros ainda não fornecem dados em quantidade e qualidade suficiente para elaborar cenários de disponibilidade versus demanda de água subterrânea.

De maneira geral, utilizando dados do IBGE, verifica-se a tendência em todas as regiões hidrográficas de que aproximadamente 10.44% das demandas de consumo populacional urbanas sejam atendidas por mananciais subterrâneos, enquanto que, em meio rural, esta proporção, como esperado, sobe para 83%. A análise geral para o Estado, sob a ótica de água subterrânea se traduz em uma participação de 17.24% no atendimento das demandas populacionais totais (urbanas e rurais). Estes números devem ser analisados com muita cautela e somente devem servir como referência, jamais como estimativas absolutas de uso. Sabe-se que muitos domicílios informados como possuindo rede geral, são, em verdade, abastecidos por poços tubulares operados por rede geral pelas concessionárias.

4.Avaliação das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas

A avaliação das disponibilidades subterrâneas para o Estado de Santa Catarina representa uma tarefa bastante complexa em função da falta de dados hidrogeológicos consistentes. Conforme já foi discutido, a informação existente concentra-se em algumas poucas regiões. Apesar destas dificuldades, foi feito um esforço de quantificação tanto na estimação das disponibilidades, como na estimação dos volumes extraídos pelo universo de poços registrados. A comparação entre ambas resulta em cenários de utilização de água subterrânea para cada uma das bacias hidrográficas.

De acordo ao que foi exposto na introdução deste item, optou-se em estimar as disponibilidades hídricas subterrâneas do Estado a partir da quantificação das reservas reguladoras (salientando-se que as reservas reguladoras representam apenas uma parcela das disponibilidades

hídricas subterrâneas totais). Alerta-se desde já que as reservas reguladoras são entendidas aqui como sendo equivalentes às recargas de longo período que alimentam as várias unidades aquíferas presentes em cada bacia. Trata-se de um valor único, atribuído à bacia, resultante do somatório dos volumes unitários que ingressam ao longo de um ano hidrológico em cada um dos aquíferos que a compõem. Não são avaliadas nesta abordagem as imensas reservas permanentes, função da capacidade de armazenamento que alguns aquíferos podem chegar a desenvolver.

A determinação numérica destas reservas baseia-se na premissa de que as recargas se equivalem às descargas na escala da bacia (entendo-se as descargas como os fluxos subterrâneos que conformam a denominada vazão de base dos seus rios principais). Ao não se conhecer a geometria de cada um dos aquíferos, necessária para a determinação segura das reservas, busca-se apoio nos dados hidrológicos com largas séries e consistidas históricas. Através da separação de escoamentos nos respectivos hidrogramas, estimam-se os valores destas descargas, e por consequência, as recargas, isto é, as reservas reguladoras. Em analogia a estudos realizados em bacias de mesma magnitude às do Estado de SC, contando com unidades aquíferas semelhantes, determinou-se que uma razoável estimativa destas reservas reguladoras equivaleria às vazões com Q85% de permanência, conforme o Quadro 2. Esta hipótese de trabalho foi testada com rigor na Bacia do Taquari-Antas no RS e foi tema de uma dissertação de mestrado recente (Análise integrada de usos d' água Superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: o caso do alto rio Paranaíba, Silva, C. Fernando, 2007). Estes dados deverão ser analisados com o rigor necessário quando forem estudados os critérios de outorga de água subterrânea para cada bacia ou região hidrográfica e de como os mesmos farão parte (integrar-se-ão) na geometria do sistema atual de gestão do Estado.

Esta abordagem implica adotar todo o sistema em estado de equilíbrio, onde as extrações atuais são consideradas pequenas. Isto não significa afirmar que os conflitos de uso e sobre-exploração em certas porções dos aquíferos não possam vir a ocorrer. Muitos destes aquíferos, em especial a unidade Formação Serra Geral e as unidades da Província do Embasamento Cristalino, possuem dinâmicas de fluxo locais. A perda deste equilíbrio gera um regime transitório, onde a retirada poderá ser compensada depois de transcorrido um tempo por: (i) uma variação do armazenamento do aquífero, um incremento da recarga (recarga induzida), ou (iii) uma diminuição de descarga. Após alguns meses ou anos, dependendo dos valores envolvidos, a descarga do aquífero, que é proporcional ao volume armazenado, se reduz. Uma nova situação de equilíbrio pode ser atingida. Entretanto, caso não seja encontrada em função de taxas de retirada muito grandes, a depleção do aquífero e a perda subsequente do armazenamento torna-se inevitável.

Durante este processo de busca de equilíbrio ao longo de todo o corpo aquífero, muito provavelmente corpos de água superficial como nascentes e açudes nas imediações, podem vir a

sofrer efeitos de recarga induzida ou perda dos aportes de descarga, tendo suas vazões e volumes diminuídos. A escala de informação retrabalhada nesta análise e o nível de informações disponíveis, não permite a identificação de onde tais efeitos seriam mais perceptíveis, muito menos sua magnitude. Muito provavelmente, locais de menor espessura saturada de aquífero, ou regiões onde os mesmos possuam comportamento livre típico seriam áreas mais vulneráveis. Da mesma forma a perda do artesianismo nas regiões de descarga seria esperada.

Os valores indicam uma correspondência esperada entre a disponibilidade e o tamanho das bacias, fato que muda de cenário quando se analisa o valor sob forma específica (disponibilidade dividida pela área). Notou-se que as maiores disponibilidades específicas ocorrem em bacias litorâneas sujeitas a substanciais eventos de recarga (em função da maior precipitação anual nesta porção do Estado) e da presença de importantes áreas de aquíferos praias e eólicos com alta capacidade de regularização das vazões. No caso da Bacia do Itajaí destacam-se as vastas áreas cobertas pelos aquíferos da Formação Rio Bonito e Grupo Itararé. Bacias com grandes áreas cobertas por unidades aquíferas do embasamento cristalino comportam-se de forma similar às que possuem cobertura vulcânica, no caso, cobertas pela unidade aquífera Serra Geral.

5. Balanço Hídrico Preliminar

Uma eficiente gestão dos recursos hídricos subterrâneos no âmbito das bacias hidrográficas depende fundamentalmente das relações de balanço entre os volumes de entrada (via recarga) e saídas (através das extrações). Através do SIAGAS dever-se-ia poder estimar com maior precisão a magnitude das extrações anuais e sua distribuição espacial no Estado. Este é um dos objetivos intrínsecos do referido banco de dados, ou seja, servir aos órgãos gestores para fundamentar as políticas públicas em águas subterrâneas. Os somatórios de vazões avaliados na unidade de vazão (m^3/h) subentendem que os respectivos poços estão operando e aptos para extrair as vazões informadas. Muito cuidado deve ser tomado quando calculado os volumes finais de água extraída ao ano, pois não se conhece o regime operacional de cada um destes poços e seus respectivos rebaixamentos. Para efeitos de cálculos futuros pode estimar-se que trabalhem a um regime entre 10 a 12 horas de bombeamento/dia. Com base nas informações obtidas das análises conjuntas de todas as fontes de informação ora apresentadas, foi possível desenvolver o somatório de extrações de água subterrânea, conforme seus respectivos usos, para cada uma das bacias hidrográficas do Estado. Ressalta-se que as vazões adotadas neste Quadro correspondem às vazões corrigidas (preenchimento de lacunas com as vazões médias por município).

O número de registros de poços tubulares para o Estado de Santa Catarina e o conseqüente somatório das extrações acaba ficando abaixo do verdadeiro cenário de uso de água subterrânea em

função da clandestinidade, entendida aqui como o fato de existirem um grande número de poços em funcionamento do qual não se possui registro algum. Neste sentido estima-se que: (i) existam (10x) mais poços em operação dos que aqueles registrados no SIAGAS adicionados de outros cadastros; (ii) sua distribuição espacial é similar a atual para as Bacias com informação; (ii) Os poços clandestinos teriam hipoteticamente as mesmas vazões dos já existentes; (iii) as vazões finais em hm^3/ano são divididas por 2 imaginando uma operação ininterrupta de 12h de funcionamento/dia.

O Quadro 2 abaixo identifica para cada bacia hidrográfica do Estado as disponibilidades hídricas subterrâneas (estimadas a partir das reservas reguladoras via separação de escoamento nos hidrogramas dos exutórios principais), os somatórios das extrações (considerando clandestinidade) e a porcentagem de comprometimento das reservas.

Quadro 2 – Balanço entre Disponibilidade versus Demandas

Bacia Hidrográfica	Disponibilidade Hídrica Subterrânea (hm^3/ano)	Extrações (hm^3/ano)*	Extrações com Clandestinida (hm^3/ano)**	% Comprometimento das Disponibilidades
ANTAS	670,17	57,97	289,84	43,25
ARARANGUÁ	1113,56	9,22	46,10	4,14
BIGUAÇU	153,90	1,75	8,76	5,69
CANOAS	3023,14	8,00	39,98	1,32
CANOINHAS	241,48	1,73	8,63	3,57
CHAPECÓ	2454,38	104,62	523,08	21,31
CUBATÃO NORTE	297,66	5,91	29,54	9,93
CUBATÃO SUL	267,18	7,29	36,44	13,64
DA MADRE	109,71	0,85	4,25	3,87
DO PEIXE	1119,44	56,52	282,60	25,24
D'UNA	167,27	3,08	15,40	9,21
IGUAÇU	1011,12	1,97	9,83	0,97
IRANI	511,78	79,12	395,59	77,30
ITAJAÍ	7796,95	2,63	13,17	0,17
ITAPOCU	967,69	1,75	8,76	0,91
JACUTINGA	279,68	72,89	364,45	130,31
MAMPITUBA	205,33	1,75	8,76	4,27
NEGRO	763,67	0,11	0,54	0,07
PELOTAS	1360,46	1,75	8,76	0,64
PEPERI	351,95	164,34	821,68	233,46
TIJUCAS	1043,07	1,75	8,76	0,84
TUBARÃO	1625,37	5,38	26,92	1,66
URUSSANGA	237,75	3,32	16,61	6,98

(**) Vazões multiplicadas pelo fator de clandestinidade (10) e divididas por (2), fator devido a operação de 12h/dia.

Do Quadro acima se conclui que algumas bacias hidrográficas, do ponto de vista de quantidade de água subterrânea, destacam-se por um excesso de extração em relação às reservas reguladoras, entre elas em ordem de prioridade: Peperi, Jacutinga, Irani e Antas. Coincidentemente são Bacias nas quais se sabe que existe uma forte tendência de uso de água subterrânea e das quais

se possui um nível maior de informação de poços. Em todas as demais, a situação estaria em pleno conforto.

Esta estimativa mostra tendências com números brutos e deve ser analisada com criticidade, devendo sempre ser corrigida à medida que novos números relacionados a poços sejam desvelados. Do ponto de vista da quantidade de água subterrânea no Estado de SC nota-se que em escala de bacia hidrográfica não existem conflitos. Novamente este não fato não significa que não possam estar havendo conflitos localizados envolvendo campos de poços e rebaixamentos pronunciados e constantes em algumas regiões do Estado. De fato, principalmente em regiões costeiras existem relatos deste tipo de situação.

6. Considerações Finais

Não foi objetivo desta análise o preenchimento das lacunas de informação primária nas demais áreas de SC, mas sim realizar esforços (institucionais) para coletar o máximo de informações existentes possíveis e identificar regiões com carência de informação definindo ações técnicas e políticas que venham a fortalecer o conhecimento hidrogeológico do Estado. Estes resultados devem ser encarados como pontos de partida para subsidiar futuras ações específicas de água subterrânea no âmbito do Estado.

Existe uma grande heterogeneidade na magnitude do potencial hidrogeológico do Estado, independentemente da escala de abordagem. Esta não-linearidade espacial do arcabouço geológico impõe desafios ao aproveitamento das águas subterrâneas. Por outro lado, verifica-se que a gestão destes recursos, protagonizada pelos governos e suas parcerias com a sociedade, não necessariamente tem sido coerente com seu uso crescente, gerando situações de perceptível desregularização. É justamente como parte desta preparação técnica e jurídica dos órgãos de gestão estadual frente às novas questões impostas pela alternativa das águas subterrâneas e, em específico, em alusão direta ao Estado de Santa Catarina, que reside a contribuição deste modesto trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- BAGGIO, S.B. Água Subterrânea em Joinville - SC “Avaliação hidrogeológica do aquífero fraturado”. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP Instituto de Geociências. 1997, 91 p.
- GONÇALVES, M. L., DUARTE, U. *Estudo da água subterrânea na Região de Joinville* In: 9º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1996, Salvador. Anais do 9º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Salvador: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1996.
- GONÇALVES, M.L. *Qualidade da Água Subterrânea*. In: KNIE, J. L. W. Atlas Ambiental da Região de Joinville: Complexo Hídrico da Baía da Babitonga. Florianópolis: FATMA/ GTZ, 2002. p. 119 – 120.

- GONÇALVES, M. L. *Sobre exploração do aquífero cristalino do Município de Joinville* In: 4º Congresso Latinoamericano de Hidrogeologia Subterrânea, 1998, Montevideo.
- Anais do 4º Congresso Latinoamericano de Hidrogeologia Subterrânea. Montevideo: Associação Latinoamericana de Hidrologia Subterrânea, 1998. v.2. p.852 – 860
- GONÇALVES, M. L., BARBOSA, B. C. R. *A Hidrogeologia da Micro Bacia Hidrográfica do Rio Mississipi (SC)* In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis. Anais do 12º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis: 2002.
- SDM. 1998. *Diagnóstico dos Recursos Hídricos e organização dos agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar*. Universidade do Sul de Santa Catarina /Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Cadastro mineiro. Site www.dnpm.gov.br
- SDM. *Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: Diagnóstico Geral*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis, SC. 163p. 1997.
- SDM. *Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis, SC. 163p. 1998.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO / CENTRO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGIA PROF. PARIGOT DE SOUZA. *Vazões de estiagem em pequenas bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina, relatório final*. Florianópolis: CASAN / CEHPAR. 38p, 1982.
- CARUSO Jr., F. 1995. *Mapa Geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina*. Brasília: DNPM. 1995. 52 p.1 mapa.
- HAUSMAN. A. *Esboço hidrogeológico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre : UFRGS, 1965. (SEDEGEO).
- MACHADO, J. L. F. *Mapa hidrogeológico da folha de Criciúma escala 1:250.000*. In: SILVA, M.A.S.; LEITES, S. R.; (org.). Porto Alegre. Folha SH - 22-X-B, Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : CPRM, 1996. 1 mapa (Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil).
- MARTIN, L.; SUGUIO, K; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. *Mapa geológico do quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina*. Brasília : DNPM, 1988. 40 p. (Série geologia, 28; Seção Geológica básica, 18).
- SILVA, F.,C. *Análise integrada de usos de água Superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: o caso do alto rio Paranaíba*. Tese de Mestrado submetida ao curso de Pós-Graduação do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- FOSTER, S.et ali, *Groundwater Quality Protection*, The World Bank, 2002.
- CABRAL, J. et ali, *Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento*, 2004.
- CPRM, *Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul*, 2005.
- HIRATA, R, et ali. *Sustainability of Groundwater Resources and its Indicators*, IAHS, 2006.
- EPT/CASAN. *Relatório do Estudo do Manancial Subterrâneo das Dunas da Praia dos Ingleses e Campeche em Florianópolis*, SC, 1998.
- Convênio CPRM / Governo do Estado de Santa Catarina. *Diagnóstico dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Oeste de SC – Projeto Oeste de Santa Catarina*, 2002.
- KREBS, A.,S.,J. *Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia do Rio Araranguá*. Tese submetida ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Doutorado em Geografia, 2004.