

CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA ÁREA CORRESPONDENTE À BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA-BRASIL

Antonio Sílvio Jornada Krebs¹; José Eduardo do Amaral²

RESUMO – Os depósitos de leques aluviais e as rochas areníticas da Formação Rio Bonito, ambos de ampla distribuição na região carbonífera de Santa Catarina, constituem-se em importantes unidades geológicas no que diz respeito à disponibilidade de água subterrânea. Os estudos realizados na referida região permitiram verificar-se que os depósitos de leques aluviais bem como as rochas areníticas da Formação Rio Bonito constituem excelentes aquíferos. Desta maneira, a caracterização hidrogeológica, a avaliação da vulnerabilidade e riscos de contaminação permitirão que sejam adotadas medidas de proteção e que se utilize racionalmente este recurso natural.

ABSTRACT: The alluvial fan deposits and the arenitic rocks of the Rio Bonito Formation, both widely spread in the coal region of Santa Catarina State, are important geological units regarding the availability of groundwater. The studies which have been made in this region revealed that the alluvial fan deposits as well as the arenitic rocks of the Rio Bonito Formation make excellent aquifers. A definition of the hydrogeological characteristics of this aquifer, the evaluation of its vulnerability and its contamination risks will lead to protection measures and rational use of this natural resource.

Palavras-chave: sistema aquífero, leques aluviais, bacia carbonífera.

1

1 Antonio Sílvio J. Krebs, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rua Pascoal Meller 73, 88805-350 Criciúma. Fone 48 3431-7541 E-mail krebs@pa.cprm.gov.br

2 José Eduardo do Amaral, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rua Pascoal Meller 73, 88805-350 Criciúma. Fone 48 3431-7541 E-mail jeamaral@engeplus.com.br

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Carbonífera do Sul de Santa Catarina possui uma área aproximada de 1.625 km², dos quais cerca de 490 km² estão diretamente impactados pela atividade carbonífera, afetando, conseqüentemente as bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga, que perfazem uma área total de aproximadamente 10.000 Km². A figura 1 mostra a localização da área estudada. A região apresenta interesses conflitantes no que diz respeito ao planejamento territorial, desenvolvimento urbano, utilização dos recursos hídricos, recursos minerais e preservação ambiental.

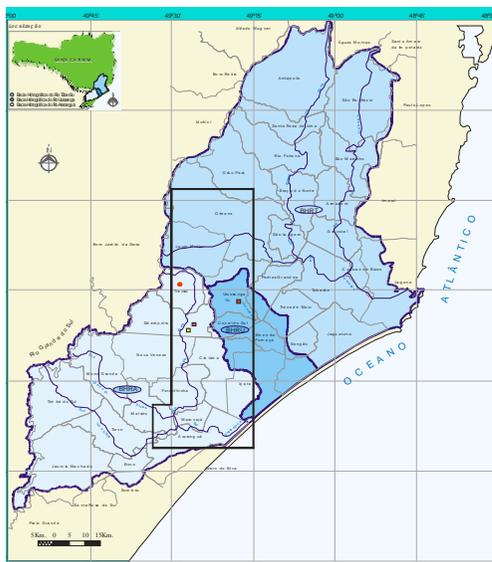


Figura 1 - Localização da bacia carbonífera em relação às bacias hidrográficas do sul do estado.

Segundo Santa Catarina (1997), a área correspondente à região carbonífera é um dos pontos considerados críticos no estado em relação à disponibilidade hídrica e à qualidade das águas, pois nessa porção 2/3 dos seus rios encontram-se poluídos. A referida área apresenta grande diversidade em suas atividades. Nela encontramos áreas de mineração de carvão, cerâmicas de revestimento e estrutural, indústrias metal mecânica, curtumes e agroindústrias.

Do ponto de vista geológico, nesta área afloram rochas sedimentares e efusivas básicas e intermediárias que constituem a seqüência da borda leste da Bacia do Paraná. Na região costeira, ocorre uma diversidade enorme de depósitos de cascalhos, areias, siltes e argilas, relacionados a processos marinhos e continentais. O embasamento cristalino regional é composto de rochas granitóides tardi a pós-tectônicas, não aflorantes na área desta bacia. A figura 2 sintetiza a coluna estratigráfica da área desta bacia.

IDADE		TERMI-NOLOGIA	AMBIENTE/FORMAÇÃO		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Sistema Laguna-Barreira Holocênica	Depósitos Aluvionares	Sedimentos argilosos, argilo-arenosos, arenosos e cascalhos depositados junto às calhas ou planícies de inundação dos rios.	
				Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos	Areias quartzosas, esbranquiçadas, com granulometria fina a média, com estratificação plano paralela (fácies praial) e cruzada angular de pequeno a grande porte (fácies eólica).	
				Depósitos Lagunares	Areias e lamas ricas em matéria orgânica.	
	Depósitos Paleolagunares	Turfeiras, pântanos e alagadiços				
	Depósitos Flúvio-Lagunares	Areias siltico-argilosas, com restos de vegetais, com freqüentes depósitos biodetríticos.				
	Pleistoceno	Sistema Laguna-Barreira Pleistocênica	Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos e de Retrabalamento Eólico Atual	Areias quartzosas médias, finas a muito finas, cinza-amareladas até avermelhadas. Nas fácies praiais são comuns estruturas tipo estratificação plano paralela. Nas fácies eólicas é freqüente a presença de matriz rica em óxido de ferro, que confere ao sedimento tons avermelhados e estratificação cruzada acanalada.		
Terciário/Quaternário	Plioceno/Holoceno	Sistema Leques Aluviais	Depósitos de Encostas e Retrabalamento Fluvial	Cascalhos, areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais de transporte de material. Nas porções mais distais, depósitos resultantes do retrabalamento por ação fluvial dos sedimentos colúvio-aluvionares.		
MESOZÓICO	Cretáceo	Inferior	Grupo São Bento	Serra Geral	Derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio com freqüentes fraturas conchoidais. O litotipo preferencial é equigranular fino a afanítico, eventualmente porfirítico. Notáveis feições de disjunção colunar estão presentes.	
				Botucatu	Arenitos finos, médios, quartzosos, avermelhados, bimodais, com estratificação cruzada tangencial e acanaladas de médio e grande porte.	
	Jurássico	Superior		Rio do Rasto	Arenitos finos bem selecionados geometria lenticular, bordô com estratificação cruzada acanalada. Siltitos e argilitos bordô, com laminação plano paralela.	
PALEOZÓICO	Triássico	Inferior	Grupo Passa Dois	Terezina	Argilitos folhelhos e siltitos, intercalados com arenitos finos, violáceos.	
				Serra Alta	Folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuros a violáceos, com lentes de marga.	
				Irati	Folhelhos e siltitos pretos, folhelhos pirobetuminosos e margas calcáreas.	
	Permiano	Superior	Grupo Guatá	Palermo	Siltitos cinza-escuros, siltitos arenosos cinza claros, interlaminados, bioturbados, com lentes de arenito fino na base.	
				Rio Bonito	Membro Siderópolis	Arenitos cinza-claros, finos a médios, quartzosos, com intercalações de siltitos carbonosos e camadas de carvão
					Membro Paraguaçu	Siltitos cinza escuros com laminação ondulada intercalado com arenitos finos.
	Inferior	Grupo Itararé	Rio do Sul	Membro Triunfo	Arenitos cinza-claros, quartzosos ou feldspáticos, sigmoidais. Intercala siltitos.	
				Folhelhos e siltitos várvidos com seixos pingados, arenitos quartzosos e arenitos arcoseanos, diamictitos e conglomerados. Em nível de afloramento, constitui espessa seqüência rítmica.		
PRÉ-CAMBRIANO	Superior	Granitóides Tardi a Pós Tectônicos		Granitóides cinza-avermelhados, granulação média a grossa, textura porfirítica ou porfiróide, constituídos principalmente por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como acessório ocorre titanita, apatita, zircão e opacos. São aparentemente isotropos e recortados por veios aplíticos ou pegmatíticos.		

Figura 2: Coluna estratigráfica da área da área correspondente à Bacia Carbonífera de Santa Catarina. Segundo Krebs 2004

2 OBJETIVOS

Fornecer subsídios para a adequada gestão dos recursos hídricos, bem como auxiliar nos projeto de recuperação ambiental da região carbonífera, os quais estão sendo realizados pelas diferentes empresas que atuam nesse setor.

3 PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

As atividades de mineração e beneficiamento de carvão, as atividades industriais, a falta de rede de coleta e de tratamento de esgoto em todos os municípios e a utilização de defensivos agrícolas nas áreas cultivadas estão entre os principais fatores responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, degradação do solo e, conseqüentemente, pelo comprometimento ambiental de grande parte da área correspondente à bacia do rio Araranguá.

3.1 Principais Aquíferos da Região Carbonífera

Os estudos realizados por Krebs (2004), demonstraram que na região carbonífera ocorrem aquíferos relacionados aos diferentes tipos de rocha e sedimentos aí presentes. As rochas ígneas constituem os aquíferos do tipo fraturado e as rochas sedimentares gonduânicas; os sedimentos terciários e ou quaternários constituem os aquíferos do tipo poroso.

No domínio das rochas sedimentares (Formações Rio do Sul, Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova, Rio do Rasto e Botucatu) bem como dos sedimentos terciários e/ou quaternários (Depósitos de Leques Aluviais, Depósitos Arenosos Marinhos com Retrabalhamento Eólico e Depósitos Flúvio-Lagunares), o armazenamento é controlado pelo maior ou menor grau de permeabilidade das rochas ou sedimentos. Neste sentido, quanto mais arenosa for a rocha ou o sedimento maior quantidade de espaços intergranulares ela terá e, conseqüentemente, maior permeabilidade ela apresentará. No caso das rochas cristalinas, o armazenamento é controlado pelas fraturas. Desta forma, quanto mais fraturadas estiverem as rochas na área, maior a possibilidade de ocorrência de água subterrânea.

Dentre estes aquíferos, aquele relacionado aos Depósitos de Leques Aluviais, bem como aquele relacionado à Formação Rio Bonito, se destacam por sua importância como fontes de abastecimento para fins domésticos ou industriais.

3.2 Aquífero relacionado aos Depósitos de Leques Aluviais

3.2.1. Distribuição e caracterização hidrogeológica

Ocorrem de maneira contínua a partir da encosta inferior do planalto gonduânico e dos morros-testemunhos ao longo de toda a da bacia. Ao sul estes leques aluviais são cobertos pelos

depósitos arenosos de origem marinha e retrabalhamento eólico e por depósitos siltico-arenosos de origem flúvio-lagunar.

Litologicamente estes depósitos são formados por grânulos, seixos, cascalhos e blocos de rochas basálticas e, subordinadamente, areníticas ou pelíticas, com ou sem matriz arenosa. Na porção da bacia, onde o fluxo já está desconfinado, estes conglomerados são clastos-suportados e, de uma maneira geral, possuem pouca ou nenhuma matriz, o que lhes confere uma alta permeabilidade. A geometria das camadas é lenticular. Porém, em nível de afloramento apresentam uma forma aproximadamente tabular.

O modelo hidrogeológico, estabelecido a partir das características de relevo, características granulométricas, mudanças litológicas, variações de permeabilidade, linhas equipotenciais, sugere tratar-se de um aquífero com porosidade intergranular extenso, com regime de fluxo livre, semiconfinado ou confinado, com nível estático próximo à superfície.

A recarga se processa de maneira direta a partir das precipitações através dos próprios depósitos de leques ou de seus solos residuais e de maneira indireta a partir da infiltração de água nas encostas e deslocamento para as planícies onde se encontram os leques, isto é, no sentido do declive hidráulico. As verificações realizadas em minas de subsolo permitiram constatar-se que em alguns trechos os rios Mãe Luzia e Sangão contribuem para a recarga do aquífero relacionado à Formação Rio Bonito, subjacente aos leques. Este fato permite afirmar-se que os referidos cursos d'água contribuem também para a recarga do aquífero relacionado aos leques aluviais.

3.2.2. Vulnerabilidade natural e riscos de contaminação

O Mapa de Vulnerabilidade da bacia do Rio Araranguá, apresentado na figura 3 mostra que este sistema aquífero possui vulnerabilidade natural que varia de moderada à extrema. Em suas porções mais distais, a vulnerabilidade é moderada. Isto se deve ao fato de nestas porções os leques possuírem uma cobertura de material siltico-argiloso, originada a partir de processos de transbordamento. À medida que se aproximam da linha de costa, estes depósitos de leques são encobertos por depósitos arenosos marinhos com retrabalhamento eólico. Na porção média destes depósitos de leques, ocorre uma faixa onde a vulnerabilidade é alta. Em suas áreas proximais, estes depósitos rudáceos com alta permeabilidade não possuem cobertura e apresentam vulnerabilidade extrema. Cabe ressaltar-se que nestas porções com gradientes topográficos mais elevados se processa a recarga deste aquífero.

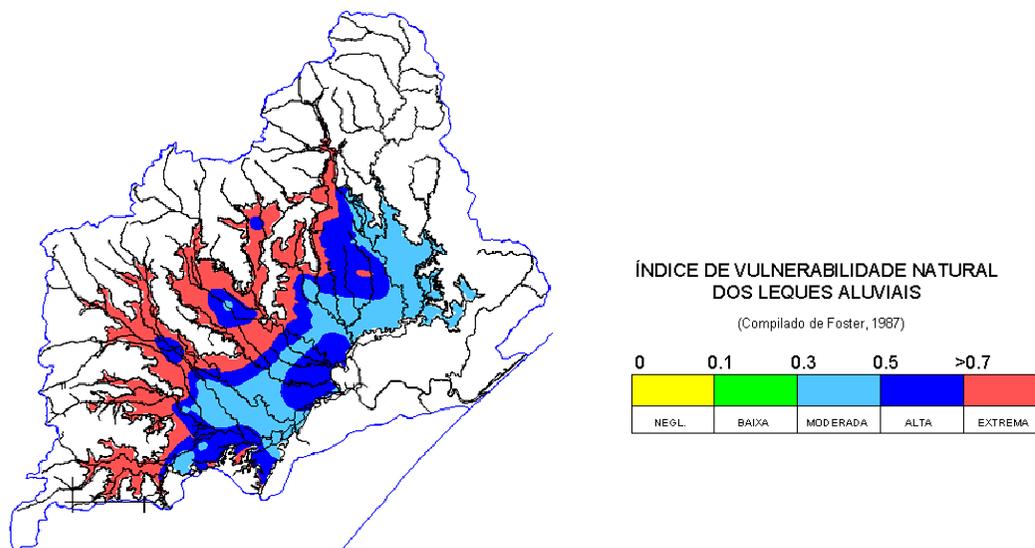


Figura 3. Mapa de vulnerabilidade natural do aquífero relacionado aos Depósitos de Leques aluviais

3.2.3. Aspectos qualitativos

A leitura do diagrama de Piper, apresentado na Figura 4, mostra que existem três famílias de água bem definidas neste sistema aquífero. O grupo principal, constituído por 51,6% das amostras, concentra-se no campo das águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas; 25,8% foram classificadas como águas sulfatadas ou cloretadas sódicas; e 16,1%, como bicarbonatadas sódicas.

Somente 6,5% foram classificadas como sulfatadas ou cloretadas cálcicas ou magnesianas. Considerando-se o campo dos cátions, verifica-se que a maioria das águas, ou seja, 54,8%, é classificada como águas mistas e 41,9%, como águas sódicas. Considerando-se o campo dos ânions, constata-se que 67,7% são classificadas como águas bicarbonatadas e 25,8%, como águas cloretadas.

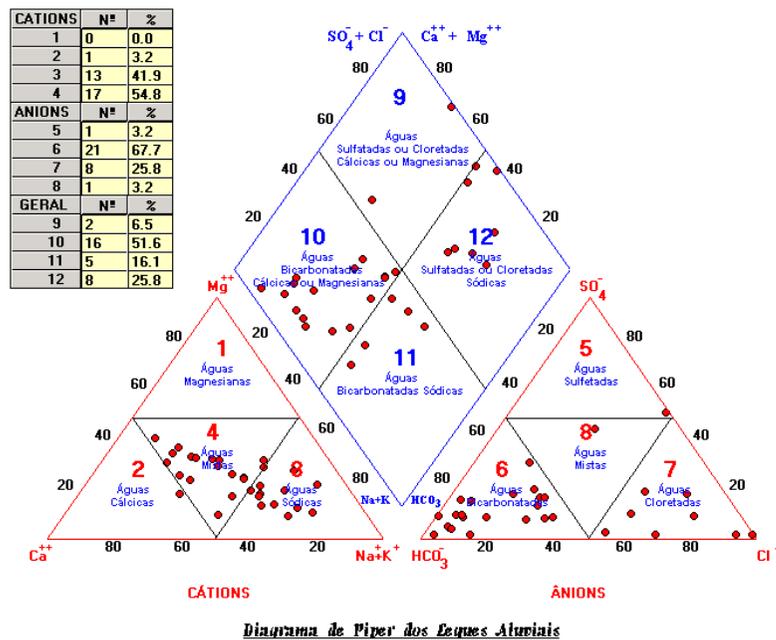


Figura 4. Diagrama de Piper para as águas do aquífero dos Depósitos de Leques Aluviais

3.3 Aquífero relacionado à Formação Rio Bonito

3.3.1 Distribuição e caracterização hidrogeológica

A Formação Rio Bonito ocorre ao longo de toda a era da bacia carbonífera. Do ponto de vista litológico, é constituído por arenitos finos a médios, quartzosos, bem selecionados, porosos e permeáveis. Subordinadamente ocorrem arenitos médios a grossos, feldspáticos, com matriz areno-argilosa, também bastante permeáveis. Intercalam camadas de siltitos carbonosos e carvão.

As correlações litofaciológicas realizadas entre perfis de furos de sonda demonstraram que a Formação Rio Bonito constitui um sistema aquífero que apresenta múltiplos intervalos aquíferos relacionados geneticamente às diferentes associações litofaciológicas presentes no Membro Siderópolis e no Membro Triunfo.

Por suas características litológicas e granulométricas, posicionamento estratigráfico e distribuição em área, pode-se concluir que este aquífero possui porosidade intergranular e é extenso.

Nas suas áreas de afloramento, onde as camadas areníticas são aflorantes, comporta-se geralmente como aquífero livre, extenso, e onde as camadas de arenito são capeadas por camadas de siltitos ou carvão ou ainda onde é capeado pela formação Palermo, comporta-se como aquífero extenso confinado. Localmente, onde ocorre interseção de diferentes sistemas de falhas, pode se comportar como aquífero intergranular extenso fraturado, livre ou confinado.

O modelo hidrogeológico, estabelecido através das linhas de fluxo bem como informações geológicas e geomorfológicas indicam claramente que suas áreas de recarga estão situadas nas encostas do planalto gonduânico e morros (Montanhão e outros). Esta conformação hidrodinâmica mostra a contribuição de duas fontes principais de infiltração. Nas bordas da bacia, principalmente na borda oeste-noroeste e proximidades do Montanhão, onde as declividades do terreno são altas e as velocidades da circulação são elevadas, a recarga realiza-se por drenança das águas dos aquíferos fraturados, relacionadas às rochas ígneas, e drenança das demais formações geológicas e depósitos de tálus, sobrepostos à formação Rio Bonito, que afloram nas encostas do planalto gonduânico. Na área de afloramento desta formação, a recarga dá-se por infiltração direta, a partir das precipitações, através dos solos residuais e transportados.

Na maior porção da área estudada, a drenagem superficial não atua na realimentação do aquífero, pois os rios têm caráter efluente, isto é, recebem contribuições dos aquíferos, com exceção de locais específicos onde afloram rochas areníticas da Formação Rio Bonito ou onde ocorrem falhas com caráter distensional.

3.3.2 Vulnerabilidade e riscos de contaminação

Devido às atividades de mineração de carvão, esses aquíferos múltiplos têm comportamento bastante distinto no que diz respeito à vulnerabilidade e aos riscos de contaminação.

Os intervalos aquíferos do topo da Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis) são aflorantes em parte da área estudada e constituem-se, predominantemente, de litologias arenosas. Estas características conferem-lhes uma alta vulnerabilidade natural. Os intervalos aquíferos posicionados estratigraficamente acima da camada de carvão Barro Branco, são os mais comprometidos. Em todas as áreas onde houve atividades de mineração de carvão a céu aberto e em subsuperfície, bem como disposição de rejeito piritoso, constata-se que os referidos intervalos, estão em parte comprometidos e, em casos extremos, foram destruídos, como se pode ver nas proximidades de Siderópolis, em uma área minerada a céu aberto em épocas passadas com a walking drag-line conhecida como Marion. O mesmo ocorre no município de Criciúma, onde existem pilhas de rejeito piritoso dispostas sobre áreas de afloramento de rochas areníticas desta seqüência. Análises em amostras de água coletadas em minas de subsolo (a partir do gotejamento do teto) evidenciaram a péssima qualidade da água. A figura 5 mostra o mapa de vulnerabilidade natural do aquífero profundo na bacia do Rio Araranguá.

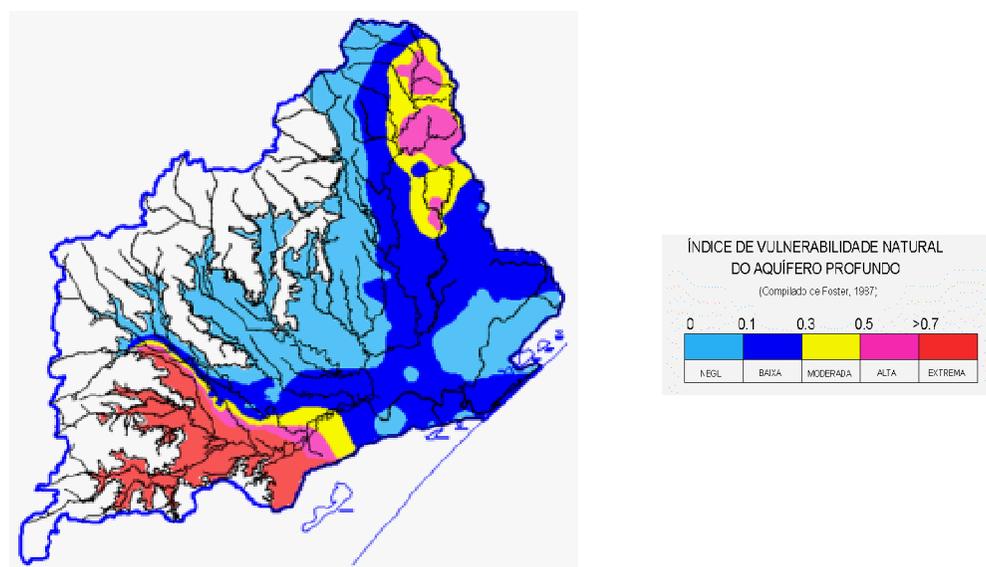


Figura 5. Mapa de vulnerabilidade natural do aquífero Profundo (Formação Rio bonito)

3.3.3 Aspectos qualitativos

Antes de se abordarem as características físico-químicas e microbilógicas das águas deste sistema é importante que se comentem alguns fatores que direta ou indiretamente influenciam a qualidade das suas águas.

Inicialmente cabe ressaltar-se que a Formação Rio Bonito contém entre suas litologias importantes camadas de carvão, desde há muito tempo lavradas. A natureza predominantemente arenosa de seus litótipos confere-lhe uma boa potencialidade como aquífero. Porém, o fato de abrigar minas a céu aberto e minas de subsolo bem como grandes pilhas de rejeito piritoso altera suas características como aquífero.

Outro fator a ser considerado relaciona-se aos aspectos geológicos e estruturais. O mapeamento litofaciológico realizado durante esta tese demonstrou que nesta formação geológica são freqüentes as variações laterais e verticais de fácies litológicas. Demonstrou-se também que no âmbito desta formação ocorrem freqüentes falhas geológicas que provocam basculamento dos blocos rochosos. Muitas vezes estas falhas encaixam diques de diabásio. Todos estes fatores interferem no comportamento hidrogeológico desta formação assim como nos aspectos hidroquímicos de suas águas. Pelo exposto, pôde-se constatar que é difícil definir-se uma assinatura hidrogeoquímica padrão para as águas desta formação.

A figura 6 mostra que as águas do Sistema Aquífero Rio Bonito possuem grande variação composicional sem apresentar uma herança composicional específica de cada intervalo litológico

águas subterrâneas e, conseqüentemente, para a adoção de medidas mitigadoras que objetivem a recuperação dos recursos hídricos na área correspondente à bacia carbonífera.

Este intervalo aquífero (Sequência Superior – Membro Siderópolis) da Formação Rio Bonito, na área da Vila Funil, apresenta água de péssima qualidade. Os baixos valores de pH e altos valores de acidez total, ferro total e sulfatos, demonstram o comprometimento deste intervalo aquífero neste local.



Figura 7. Localização dos piezômetros implantados na Vila Funil, município de Siderópolis

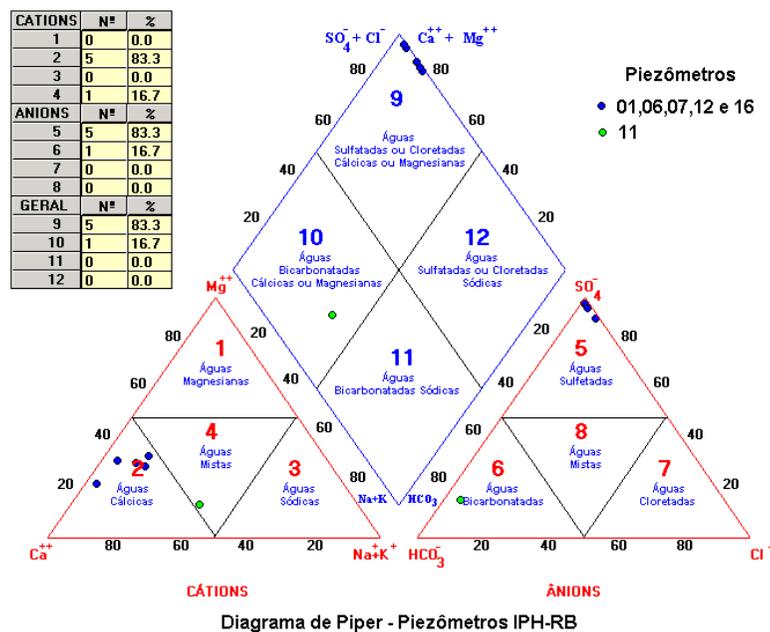


Figura 8. Diagrama de Piper das águas amostradas na Vila Funil

3.3.4 Potencialidade aquífera

A potencialidade aquífera desta formação é muito variável e depende de uma série de fatores tanto de ordem geológica e geomorfológica como de fatores climatológicos e antrópicos. O trabalho de cadastramento de pontos de água demonstrou que os poços tubulares profundos construídos neste sistema aquífero apresentam vazões que variam de 1 m³/h (PT-132 e PT-135) até 20 m³/h (PT-61), com um valor médio de 6,71 m³/h.

A condutividade hidráulica na Formação Rio Bonito varia de $5,4 \times 10^{-9}$ m/s a $7,0 \times 10^{-7}$ m/s. Estes valores mostram uma baixa capacidade de movimentação horizontal das águas subterrâneas na porção superior da referida formação. Constatou-se, no entanto, que há uma tendência de aumento de condutividade hidráulica com o aumento da profundidade, tendo-se em vista que no Membro Siderópolis, ocorre um acréscimo de areia à medida que aumenta a profundidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento realizado em campo permitiu verificar-se que dentro do domínio dos leques aluviais, quase todas as comunidades rurais dos municípios desta bacia (com exceção daquelas posicionadas nas proximidades da escarpa) utilizam água subterrânea, captada por meio de poços escavados, para suprir suas demandas.

Os trabalhos de campo executados bem como observações realizadas em minas subterrâneas de carvão, permitiram verificar-se que em diversos locais da bacia carbonífera ocorre conexão vertical do aquífero freático com os intervalos aquíferos profundos. Este fato foi percebido no município de Maracajá, onde o aquífero freático relacionado aos depósitos de leques aluviais alimenta o aquífero Rio Bonito através da Falha Mãe Luzia. Fato semelhante verificou-se em Criciúma e Siderópolis.

Dos 148 poços tubulares cadastrados na área da bacia carbonífera, 67 (46,2%) captam água do Sistema Aquífero Rio Bonito (alguns destes poços captam água também do Sistema Aquífero Rio do Sul); 39 (26,9%), do Sistema Aquífero Rio do Rasto e Botucatu, 25 (17,23%), do Sistema Aquífero Palermo, Irati Estrada Nova 5 (3,45%), do Sistema Aquífero Leques Aluviais, 4 (2,76%), do Sistema Aquífero Depósitos Arenosos Marinhos com Retrabalhamento Eólico e 4 (2,76%), do Sistema Aquífero Serra Geral (Krebs 2004). Com este cadastramento pôde-se constatar também que apesar da importância dos recursos hídricos subterrâneos para a área de estudo, existem fatores que comprometem sua utilização plena, destacando-se entre eles a perfuração indiscriminada de poços, a ausência de saneamento básico e os poços abandonados e/ou mal construídos que, associados à alta, em alguns casos extrema vulnerabilidade natural dos Sistemas Aquíferos, ressaltam a necessidade urgente de políticas de gestão para uma exploração racional deste recurso.

O gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica tem como escopo principal a eficiência do uso da água disponível como forma de se evitar o desperdício e de se diminuir os custos da produção industrial e agrícola, garantindo-se, assim, de forma ambientalmente correta, que as gerações vindouras não venham a sofrer com a escassez e possível carência deste recurso tão essencial. Conhecer os recursos hídricos subterrâneos é, sem sombra de dúvida, a única forma de termos consciência de sua importância. Este conhecimento poderá prevenir o descaso que se tem verificado para com os recursos hídricos superficiais.

5 BIBLIOGRAFIA

KREBS, A.S.J, 2004. Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Araranguá, SC. Florianópolis. UFSC. Departamento de Geociências. 2v. 376p (tese de Doutorado).

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e meio Ambiente. 1997. Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina: diagnóstico geral. Florianópolis. 173p.

FOSTER, S., VENTURA, M. & HIRATA, R. 1987. Contaminacion de las aguas subterrâneas: un enfoque ejecutivo de la situacion em América Latina y el Caribe em relacion com el suministro de água potable. Lima: OMS/OPS-HPE/CEPIS. 42 p.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.