

# LEGENDA HIDROGEOLÓGICA E UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS DO MAPA HIDROGEOLÓGICO DE SANTA CATARINA

*José Luiz Flores Machado<sup>1</sup>*

**Resumo.** Este artigo trata da confecção de uma legenda hidrogeológica para o Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina em ambiente SIG (ARCGIS). Esse mapa resulta de um convênio entre a CPRM/Serviço Geológico do Brasil e a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável do Governo de Santa Catarina. O produto final será composto por 10 mapas de trabalho em escala 1:250.000 das Regiões Hidrográficas do Estado e um mapa de integração na escala 1:500.000.

A legenda hidrogeológica descreve zonas e sistemas aquíferos denominados como **as** (aquíferos sedimentares), **af** (aquíferos fraturados), **app** (aquíferos pouco produtivos) e **na** (não aquíferos). Visando a conjugação da parte técnica com a gestão das águas subterrâneas foram selecionadas as seguintes variáveis: 1) Litologias, Dimensões e /ou Feições Estruturais, 2) Unidades Hidroestratigráficas, 3) Condições Hidrogeológicas, 4) Condições Morfológicas, 5) Vazões Prováveis e Variação do Nível Estático, 6) Qualidade da Água, 7) Tipos de Obras de Captação e Profundidade Estimada, 8) Importância Hidrogeológica Local, 9) Vulnerabilidade e Risco à Contaminação. Também são definidos os conceitos de unidade hidroestratigráfica e finalmente as principais unidades do Estado são descritas sucintamente.

**Abstract.** This article deals with the making of a legend for Hydrogeological Map of the State of Santa Catarina in GIS (ArcGIS). This map is the result of an agreement between the CPRM / Geological Survey of Brazil and the State Secretariat of Sustainable Economic Development of the Government of Santa Catarina State. The final product will consist of 10 preliminary maps at 1:250,000 scale of the Hydrographic Regions of the State and an integration map of 1:500,000 scale.

The legend describes hydrogeologic zones and aquifers referred as the **as** (sedimentary aquifers), **af** (fractured aquifers), **app** (less productive aquifers) and **na** (not aquifer). Aiming to combine the technical with the management of groundwater was selected the following variables: 1) Lithology, 2) Hydrostratigraphic Units, 3) Hydrogeological Conditions; 4) Morphological Conditions, 5) Probable Yields, 6) Water Quality, 7) Types of Wells and Estimated Depth, 8) Local Hydrogeological Importance, 9) Vulnerability and Risk of Contamination. Also are defined hydrostratigraphic units and finally the main units of the State are described briefly.

**Palavras-Chave:** Mapa hidrogeológico, unidades hidroestratigráficas, legenda hidrogeológica.

---

<sup>1</sup> CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Porto Alegre, RS. CEP: 90840-030. Tel: 51-34067300. e-mail: [jose.machado@cprm.gov.br](mailto:jose.machado@cprm.gov.br)

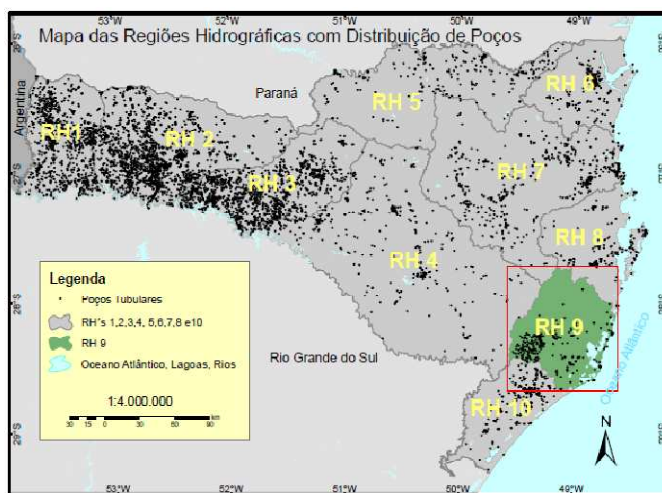
# 1 - INTRODUÇÃO

Este artigo é resultado dos trabalhos preliminares do Mapeamento Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina. Este projeto corresponde a um convênio firmado entre a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS, do Governo de Santa Catarina, com a CPRM/Serviço Geológico do Brasil para o mapeamento das águas subterrâneas na escala 1:500.000. Além deste produto, estabeleceu-se que as 10 regiões hidrográficas (RH's) do Estado seriam de forma preliminar mapeadas na escala 1:250.000, para no final dos trabalhos serem sintetizadas em uma única carta 1:500.000.

No final de 2010 foram entregues as cartas hidrogeológicas em escala 1:250.000 das bacias hidrográficas cujos rios deságuam junto ao Oceano Atlântico, na porção leste do Estado. Estas bacias hidrográficas correspondem às Regiões Hidrográficas 6, 7, 8, 9 e 10, que se localizam na região mais densamente povoada e industrializada, além de abrigar os mais importantes centros urbanos do Estado.

Entre os objetivos do mapeamento, destacam-se aqueles relacionados com o suporte para a gestão dos recursos hídricos e também base para a tomada de decisões nos casos de outorga de recursos hídricos subterrâneos. Para alcançar tais objetivos serem alcançados foi necessário o estabelecimento de um modelo de legenda hidrogeológica, de modo a melhorar a legibilidade do mapa e salientar os resultados mais significativos dos trabalhos de mapeamento.

A base de dados para a confecção do Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina foi o SIAGAS, que acumulou no período mais de 7000 poços cadastrados, em sua maioria proveniente de trabalho de campo. A base de poços e sua relação com as Regiões Hidrográficas (RH's) pode ser visualizada na figura 1.



**Figura 1** – Mapa com a distribuição dos poços e sua relação com as Regiões Hidrográficas.

## **2 – METODOLOGIA DE MAPEAMENTO**

Os mapas hidrogeológicos têm por objetivo primordial a representação da ocorrência e variações de potencialidade da água subterrânea, considerando aspectos quantitativos e qualitativos, em função da diversidade dos fatores geológicos (Feitosa *et al* (2008)).

Com relação ao convênio da CPRM/Serviço Geológico do Brasil e a Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável do Governo de Santa Catarina, o mapeamento hidrogeológico do Estado corresponde aos denominados mapas de média escala, mais especificamente escalas de 1:250.000 e 1:500.000.

A metodologia do mapa seguiu os procedimentos clássicos, adaptados para as condições vigentes relacionadas à quantidade e qualidade dos dados disponíveis. O mapa hidrogeológico envolveu a coleta, compilação, análise e interpretação dos dados. Os principais dados obtidos relacionaram-se com os levantamentos geológicos, geofísica de superfície e subsuperfície, geofísica de poço e relatórios de poços perfurados. De grande importância foram as compilações dos mapas hidrogeológicos já existentes (Freitas (2002), Machado (1995), além de várias dissertações e teses. Concomitante com o mapeamento, foi realizado um extenso cadastramento de poços, posteriormente incorporados ao Banco de Dados SIAGAS, que atualmente supera a 7200 poços.

## **3 - LEGENDA HIDROGEOLÓGICA DO MAPA HIDROGEOLÓGICO DE SANTA CATARINA**

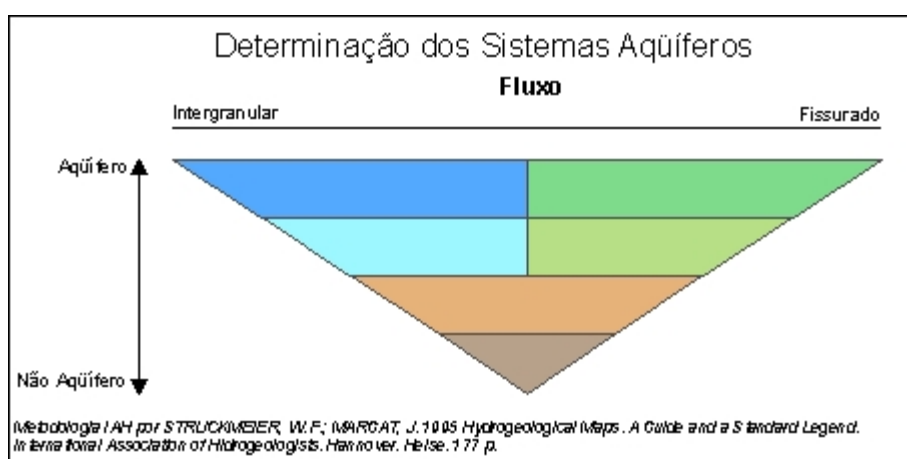
Uma das maiores dificuldades na apresentação e confecção dos mapas hidrogeológicos reside na grande quantidade de temas, dados e interpretações que devem ocupar um espaço finito e bastante reduzido. Mapas carregados de quantidades exageradas de informações dificultam a leitura e sua interpretação. Este problema gerado pela quantidade de informações é solucionado pelas novas técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (ARCGIS), com a subdivisão em várias *shapes*. Entretanto, apesar de sua praticidade, nem sempre o público-alvo é versado no manuseio dos *softwares*.

A fim de contornar ou pelo menos minimizar os problemas de legibilidade, optou-se no Mapa Hidrogeológico de Santa Catarina (escala final 1:500.000 e escala de trabalho 1:250.000), por uma solução que torne sua leitura mais auto-explicativa, como àqueles profissionais que tratam de gestão de recursos hídricos e que necessitam de respostas rápidas para suas demandas.

Desse modo, optou-se pela construção de uma legenda hidrogeológica que combinasse as zonas aquíferas determinadas pelo mapeamento hidrogeológico, com uma série de variáveis que as

representassem com maior detalhe e interesse para fins de conhecimento hidrogeológico, captação e gestão dos recursos, no nível da escala de trabalho e apresentação.

Para a confecção do mapa e a legenda hidrogeológica foram determinadas as zonas de ocorrência de águas subterrâneas: **as1, 2,...** são zonas aquíferas ligadas a sedimentos e rochas sedimentares, com predomínio de aquíferos com porosidade intergranular predominante; **af 1, 2,...**, zonas aquíferas ligadas a rochas ígneas e metamórficas, com predomínio de aquíferos com porosidade por fraturas predominantemente; **app**, aquíferos pouco produtivos ligados tanto a rochas sedimentares como ígneas e metamórficas; **na 1, 2,...**, para todas as zonas não aquíferas relacionadas com rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas. O esquema de cores na carta segue os padrões internacionais (Struckmeyer e Margat, (1995)), sendo os aquíferos sedimentares de cor azul, os ígneos e metamórficos de cor verde, aquíferos pouco produtivos e aquíferos de cor marrom clara e não aquíferos de cor marrom escura. Na figura 2 pode ser mais bem visualizada a classificação das zonas aquíferas.



**Figura 2** – Representação internacional de cores para os sistemas aquíferos.

Para a descrição de cada zona aquífera foram determinadas nove variáveis, que representam com maior abrangência a sua caracterização hidrogeológica: 1) Litologias, Dimensões e Feições Estruturais, 2) Unidades Hidroestratigráficas; 3) Condições Hidrogeológicas, 4) Condições Morfológicas, 5) Vazões Prováveis e Variação do Nível Estático, 6) Qualidade da Água TSD Totais de Sais Dissolvidos, 7) Tipos de Obras de Captação e Profundidade Estimada, 8) Importância Hidrogeológica Local, 9) Vulnerabilidade e Risco à Contaminação.

### 3.1 - Litologias, Dimensões e /ou Feições Estruturais

Descreve os tipos de rocha e sua composição. No caso de aquíferos sedimentares, se arenosos, qual a granulometria, estado de consolidação e geometria. Quando se tratam de aquíferos fraturados, observam-se estruturas de derrame, fraturamento e espessura do manto de intemperismo.

### **3.2 - Unidades Hidroestratigráficas**

São mapeadas zonas aquíferas, desse modo, faz-se necessário estabelecer uma correspondência com uma unidade hidroestratigráfica, parte dela ou inclusive várias unidades integradas. A conceituação e definição das unidades hidroestratigráficas utilizadas no mapeamento serão descritas posteriormente neste artigo.

### **3.3 - Condições Hidrogeológicas**

Estabelecidas as unidades hidroestratigráficas, será descrita sua ocorrência como aquífero livre, semiconfinado ou confinado além da sua extensão, se regional ou local. Dados sobre sua porosidade, continuidade, homogeneidade ou heterogeneidade e isotropia/anisotropia completam sua caracterização.

### **3.4 - Condições Morfológicas**

Descrição sucinta da geomorfologia da zona aquífera, p. ex., se são terrenos planos, montanhosas de baixa ou grande altitude. Espessuras e tipos de solos. O relevo influencia diretamente nas condições de recarga e descarga das unidades hidroestratigráficas presentes.

### **3.5 - Vazões Prováveis e Variação do Nível Estático**

As capacidades específicas dos poços de uma ou mais unidades hidroestratigráficas são analisadas para o estabelecimento das vazões prováveis. O nível estático médio indica a probabilidade de vazões maiores e mais constantes nos poços. Indica a potencialidade dos aquíferos captados, pois vazões mais significativas mostram valores maiores de condutância e capacitância hidráulica.

### **3.6 - Qualidade da Água TSD Total de Sais Dissolvidos**

Através da interpretação das análises químicas, comparar teores e verificar se as águas estão dentro dos padrões de potabilidade. Como padrão comparativo sempre colocar os valores médios de Teor de Sais Totais (TSD) da zona aquífera. Salientar a presença de anormalidades químicas, como altos teores de flúor, nitratos, ferro total e presença de gás sulfídrico.

### **3.7 - Tipos de Obras de Captação e Profundidade Estimada**

São aconselhados os principais tipos de obra para captar águas subterrâneas da zona aquífera. Geralmente são privilegiados os poços tubulares profundos, podendo ser também poços ponteira,

aproveitamento de fontes, etc. A profundidade dos poços leva em consideração o tipo de aquífero, sua espessura, confinamento e resultados hidráulicos obtidos através da interpretação de testes de bombeamento.

### **3.8 - Importância Hidrogeológica Local**

O levantamento hidrogeológico permite fazer um balanço sobre a disponibilidade de água da zona aquífera e a demanda associada. Desse modo, um aquífero menos produtivo poderá ter grande importância em uma região densamente povoada ou industrializada. Ao contrário, um aquífero de grande potencialidade poderá ter pequena importância por situar-se em regiões despovoadas, sem vocação agrícola ou outras situações desfavoráveis de demanda.

### **3.9 - Vulnerabilidade e Risco à Contaminação**

Estes temas correspondem a um estudo específico por sua importância e métodos de estudo. Trata-se aqui de estimar a partir das litologias, capacidades de infiltração e potencialidade aquífera, qual seria o provável grau de vulnerabilidade da zona aquífera. Também se estima o risco de contaminação pela presença de agentes perigosos como venenos e insumos agrícolas, além da falta de saneamento ambiental especialmente nas áreas urbanas.

A figura 3 apresenta uma visualização do layout do Mapa Hidrogeológico da Região Hidrográfica 9 (RH 9) do Estado de Santa Catarina.

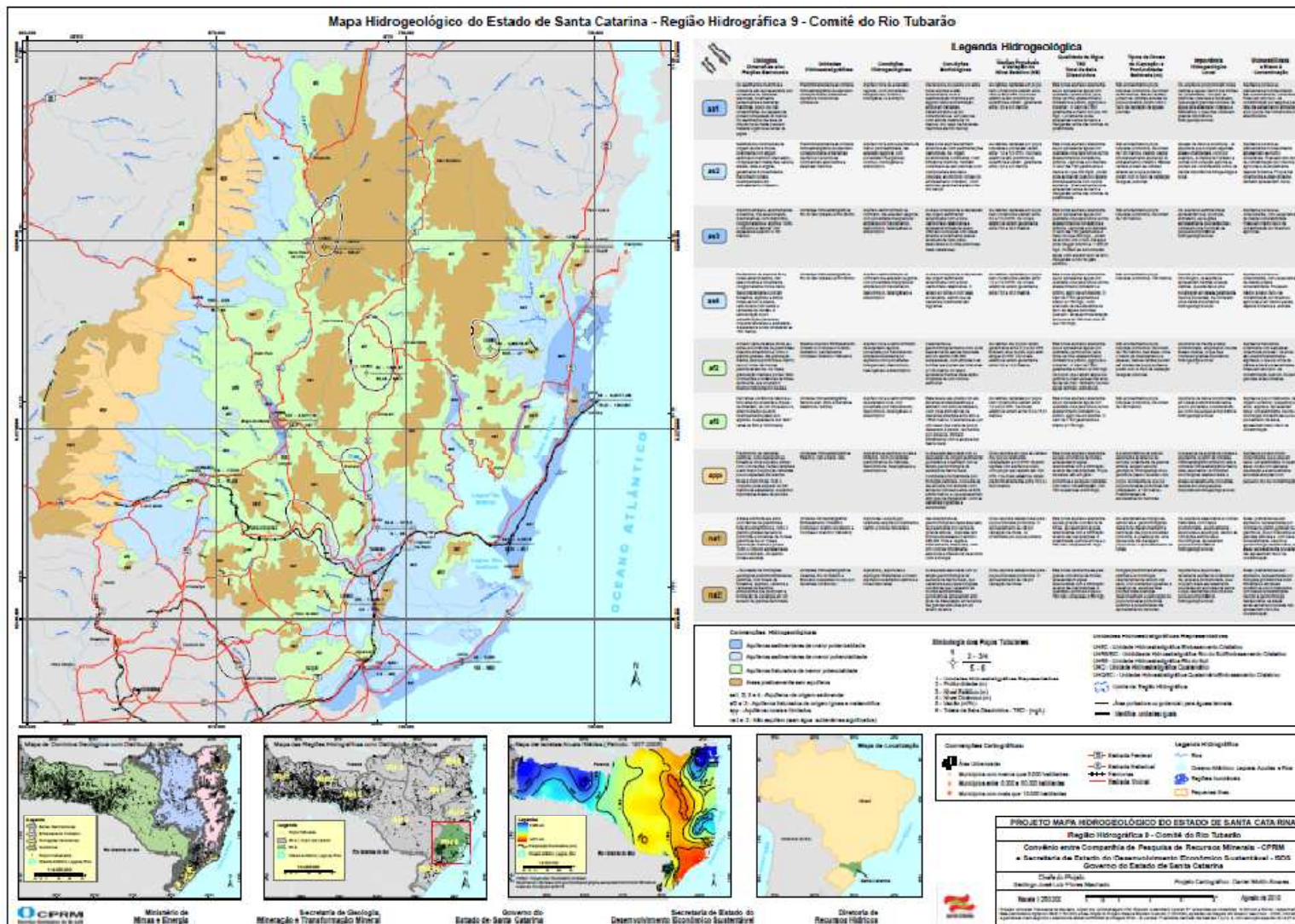
## **4 - CONCEITUAÇÃO E DELINEAMENTO DE UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS**

### **4.1 - Princípios**

Nos estudos hidrogeológicos existe a necessidade de um conhecimento mais aprofundado da litoestratigrafia de uma determinada região e seu relacionamento com as unidades hidrogeológicas. Tais unidades são essencialmente unidades estratigráficas, definidas e distinguidas pelas suas propriedades condutoras (ou não) de água, sendo denominadas unidades hidroestratigráficas e de hidroestratigrafia o estudo de seus inter-relacionamentos e propriedades (Galloway *et al.*, 1982). A seguir serão visualizadas as conceituações relacionadas com as unidades hidroestratigráficas e os sistemas aquíferos, de acordo com diferentes autores como apresentado em Machado (2005).

Nestas investigações de águas subterrâneas é fundamental uma etapa de definição e mapeamento das unidades aquíferas e confinantes (unidades hidroestratigráficas) na subsuperfície da área a ser estudada. Com o delineamento dessas unidades, fragmenta-se o arcabouço geológico em função de sua permeabilidade, procurando-se definir o sistema de fluxo.

No último século, as colunas litoestratigráficas mudaram muito com o avanço dos conhecimentos geológicos, entretanto, o agrupamento corrente das formações consiste ainda de uma



**Figura 3** – Visualização do Mapa Hidrogeológico da Região Hidrográfica 9 e o layout da legenda hidrogeológica.

mistura de nomenclaturas antigas e outras mais recentes. Desse modo, os nomes dos aquíferos têm variado de acordo com o aumento do conhecimento dos sistemas de fluxo de águas subterrâneas.

## 4.2 - Unidade Hidroestratigráfica – conceitos

É reconhecido pelos hidrogeólogos que o fluxo de água subterrânea nem sempre é restringido aos limites de uma unidade estratigráfica reconhecida. Os dois termos hidrogeológicos, “**aquífero**” e “**unidade hidroestratigráfica**”, são comumente empregados para subdividir a subsuperfície em unidades de maior importância para a hidrogeologia das águas subterrâneas (Noyes *et al.*). O termo “aquífero”, porém, é mais utilizado quando se leva em consideração o seu uso no abastecimento de água em termos econômicos. O conceito de aproveitamento econômico torna relativos os conceitos aqui tratados, pois eventualmente formações geológicas pouco permeáveis terão seu aproveitamento baseado em disponibilidades e necessidades momentâneas ou mesmo duradouras.

O termo “aquífero” é comumente definido por leis e regulamentações locais, o que torna ainda mais complicado o seu uso como um termo técnico. Utilizando-se a denominação de aquífero para determinada camada geológica, as outras camadas podem também ter denominações tais como aquítardo, aquíclude ou aquífugo. Entende-se por **aquíitardos** as formações litológicas que armazenam água, mas possuem um coeficiente de condutividade hidráulica muito pequena quando correlacionados com o dos aquíferos e como consequência transmitem água muito lentamente. Isto torna muito difícil a sua captação através de poços, entretanto, condições geológicas de drenança permitem que forneça verticalmente água para as formações mais permeáveis, quando então podem ser exploradas. Os **aquícludes** são aquelas formações litológicas que contêm água em seus poros, porém não têm capacidade de transmiti-la, impossibilitando a sua captação econômica. Esse conceito aplica-se especialmente no caso das argilas, que por sua alta porosidade armazenam até 50% de água, que não são transmitidas pelo baixíssimo coeficiente de condutividade hidráulica que possuem, não havendo possibilidade de captá-la através de poços tubulares.

Além das argilas, formações geológicas que retenham ou impeçam a circulação de água em um meio aquífero, atuando como confinantes podem ser consideradas como aquícludes, como é o caso de alguns diques e soleiras de diabásio. Os **aquífugos** restringem-se às formações geológicas de rochas duras (maciças), que não contêm água e nem possuem a propriedade de transmiti-la. Incluem-se nesse caso as rochas granitóides e metamórficas inalteradas. Quando essas rochas estão intensamente fraturadas, como costuma ocorrer com as rochas basálticas, elas podem constituir aquíferos. Uma síntese das possibilidades de interação entre porosidade e condutividade hidráulica (permeabilidade) é apresentada na figura 4.





**Figura 4** – Classificação das unidades hidroestratigráficas de acordo com suas características de porosidade e permeabilidade (DAEE/USP, 1992).

O termo “unidade hidroestratigráfica”, no entanto, tem sido definido de maneiras variadas na literatura, não possuindo uma definição formal dentro do Código de Nomenclatura Estratigráfica Norte Americano (NASCN (1983)). **Unidades hidroestratigráficas** foram originalmente propostas por Maxey (1964) para “*corpos de rocha com extensão lateral considerável compondo um arcabouço geológico que funciona razoavelmente como um sistema hidrológico distinto*”. Ele também mostra a necessidade de definir unidades de água subterrânea que são baseadas não somente em características litológicas específicas, mas inclui parâmetros que correspondem especialmente ao movimento, ocorrência e armazenamento. A definição de Maxey (1964) implica que as unidades hidroestratigráficas possuam continuidade hidráulica e sejam entidades independentes de escala e mapeáveis. A capacidade de mapeamento neste caso significa que a geologia de superfície pode ser subdividida de acordo com a permeabilidade (Seaber, 1988). Assim uma unidade hidroestratigráfica única pode incluir uma formação, parte de uma formação, ou um grupo de formações.

Seaber (1988) descreve que existe uma divergência entre os hidrogeólogos sobre se “mapeiam e nomeiam os sistemas de fluxo e as formações rochosas separadamente, ou tentam encontrar meios de combinar os dois conceitos integrados em um único sistema de mapeamento e nomenclatura”. Muito dessa divergência em classificar e nomear unidades hidroestratigráficas ocorre porque “a natureza dos contornos de uma unidade não tem sido definida antes do mapeamento da unidade”. A definição proposta por Seaber (1982; 1986; 1988) para **unidade hidroestratigráfica**, é que esta é “*um corpo rochoso distinto por sua porosidade e permeabilidade*”, que ele considera mais consistente com a nomenclatura estratigráfica estabelecida. Com essa definição, Seaber tenta comprovar a observação de que uma “unidade hidroestratigráfica pode ocorrer em uma ou mais unidades estratigráficas, aloestratigráficas, pedoestratigráficas e litodêmicas”. Ele empenha-se em definir uma unidade hidroestratigráfica que se aplica a todos os ambientes geológicos, baseando-se nas propriedades das rochas e sedimentos.

Embora as unidades hidroestratigráficas estejam definidas em termos de fluxo de água subterrânea, a feição controladora é geológica. Estes horizontes litoestratigráficos têm sido utilizados para definir a arquitetura dos aquíferos, como no caso do estudo do Sistema Aquífero Guarani.

### 4.3 - Zonas aquíferas, aquíferos e sistemas aquíferos.

Partindo das menores para as maiores áreas, os termos usados para classificar rochas produtoras de água são zona, aquífero e sistema aquífero (Laney e Davidson (1986)). Os termos são propositalmente vagos (Freeze e Cherry (1979)) e também suficientemente flexíveis para compreender uma variedade de ambientes e escalas hidrogeológicas, contemplando as necessidades do projeto, conforme afirma Jorgensen (1982) em um editorial intitulado “*Aquifer Names*”, publicado em *Proceedings of the First C.V. Theis Conference*. Ainda nesse editorial ele argumenta que a falta de uma nomenclatura completa cria noções falsas, que podem levar a interpretações hidrológicas errôneas ou despropositadas.

A nomenclatura complica-se quando se designa fontes de água subterrânea usando nomes de formações ao invés de nomes hidroestratigráficos, o qual implicaria que: (1) a unidade inteira atua como um aquífero; (2) não existe conexão hidráulica entre unidades permeáveis adjacentes (MacFarlane *et al.* (2000)).

Uma **zona** é usada para separar um segmento de um aquífero com características hidrológicas particulares e que não são típicas de todo o aquífero, p. ex., uma subunidade altamente permeável de um aquífero regional, que pode ser delimitada em uma área cobrindo dezenas a centenas de quilômetros quadrados, constituiria uma zona.

Um  **aquífero**, como definido por Lohman *et al.* (1972), corresponde a “*uma formação, grupo de formações ou uma parte de uma formação que contém suficiente material permeável para ceder significantes quantidades de água para poços e fontes*”. Fetter (1994) supõe que, para ser um aquífero, uma unidade rochosa deveria ter uma permeabilidade intrínseca mínima de 0,01 darcy, ou uma condutividade hidráulica aproximada de 0,03 pés/dia.

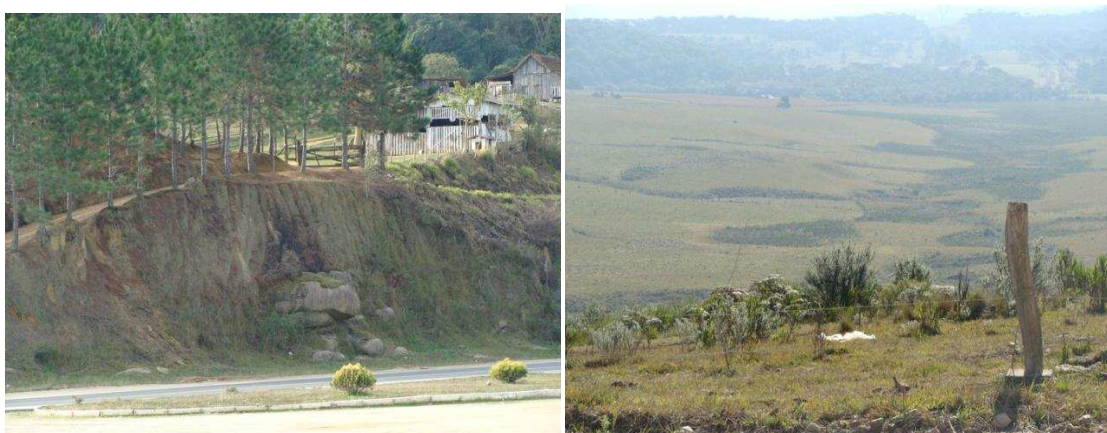
Para maiores áreas, um **sistema aquífero** foi originalmente definido por Poland *et al.* (1972) como “*um corpo heterogêneo de materiais com intercalações permeáveis e pobremente permeáveis que funcionam como uma unidade hidroestratigráfica produtora de água; ele compreende duas ou mais camadas permeáveis, separadas ao menos localmente por aquíferos que impedem o movimento das águas subterrâneas, mas que não afetam a continuidade hidráulica do sistema*”. A unidade confinante foi definida como equivalente aos termos aquífero e aquícluído e tem sido usada nos relatórios do *U.S. Geological Survey* desde 1972. Laney e Davidson (1986) sugerem que a definição de sistemas aquíferos poderia ser mais geral se o termo “ *aquíferos*” fosse substituído pelo termo “*camadas permeáveis*”. Para Jorgensen *et al.* (1993), um **sistema aquífero** pode ser descrito como consistindo de “*dois ou mais aquíferos no mesmo sistema hidráulico, os quais estão separados na maioria dos locais por uma ou mais unidades confinantes*”. Do mesmo modo, eles

definem um **sistema confinante** como “*duas ou mais unidades de confinamento, separadas na maioria dos locais por um ou mais aquíferos que não estão no mesmo sistema hidráulico*”.

## 5 - UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA

O andamento dos trabalhos de campo, que constaram de um amplo cadastramento de poços, proporcionou que o Banco de Dados Hidrogeológicos SIAGAS atingisse um número de 7296 poços inventariados. Os levantamentos geológico e hidrogeológico permitiram uma definição preliminar das unidades hidroestratigráficas, que serão abaixo sucintamente descritas e ilustradas com fotos.

A Unidade Hidroestratigráfica Embasamento Cristalino, composta basicamente por gnaisses, migmatitos, granulitos, xistos, calcários e granitos intrusivos, apresenta-se como um aquífero pobre, porém com águas de boa qualidade. A Unidade Hidroestratigráfica Campo Alegre/Itajaí, associada ao embasamento cristalino, compõe-se de rochas vulcano-sedimentares e sedimentares siliciclásticas, com porosidade predominante por fraturas, localmente apresenta boa potencialidade hidrogeológica e águas de boa qualidade (figura 5).



**Figura 5** – Granitos alterados e rochas vulcano-sedimentares das Unidades Embasamento Cristalino e Campo Alegre.

A Unidade Hidroestratigráfica Itararé, composta por arenitos finos, diamictitos, tilitos, folhelhos e varvitos, comporta-se como um aquífero de dupla porosidade, intergranular e fraturada. Apresenta boa potencialidade, porém com restrições quanto à sua qualidade química (figura 6).



**Figura 6** – Contato por falha entre folhelhos da Unidade Itararé e granito alterado.

A Unidade Hidroestratigráfica Rio Bonito compõe-se de arenitos médios a finos, siltitos, folhelhos e carvão. Predominam aquíferos com porosidade intergranular, localmente de grande produtividade e má qualidade quando associados com camadas de carvão (figura 7).



**Figura 7** – Arenitos e argilitos falhados da Unidade Rio Bonito

A Unidade Hidroestratigráfica Palermo, síltica, confina a Unidade Hidroestratigráfica Rio Bonito, comportando-se como um aquitardo (figura 8).



**Figura 8** – Siltitos argilosos da Unidade Palermo

A Unidade Hidroestratigráfica Irati, basicamente pelítica, não possui água significativa, comportando-se como um aquiclude (figura 9).



**Figura 9** – Folhelhos cinza intercalados com lentes e camadas de calcário da Unidade Irati.

As Unidades Hidroestratigráficas Serra Alta e Teresina, apesar de serem predominantemente pelíticas e eventualmente com níveis calcários, constituem-se em aquíferos de baixa produtividade (figura 10).



**Figura 10** – Folhelhos sílticos e arenitos das Unidades Serra Alta e Teresina.

A Unidade Hidroestratigráfica Rio do Rasto com litologias areníticas intercaladas com siltitos, quando em condições geomorfológicas favoráveis pode ser classificada como um aquífero de média a baixa produtividade, com águas de boa qualidade (figura 11).



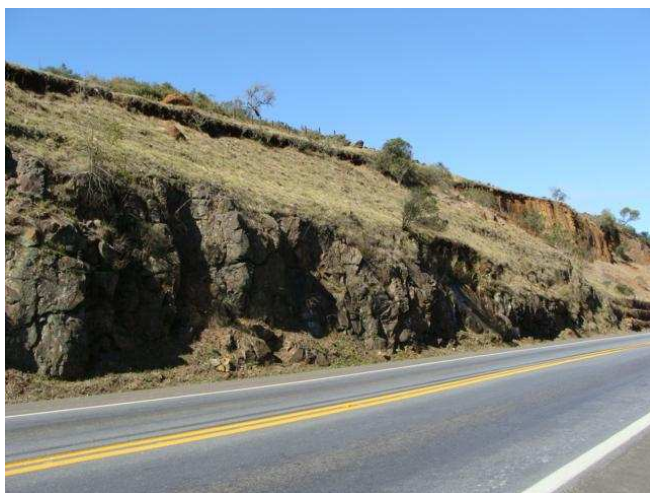
**Figura 11** – Intercalações de arenitos e siltitos avermelhados da Unidade Rio do Rasto.

A Unidade Hidroestratigráfica Botucatu, representa o Sistema Aquífero Guarani e é constituída de arenitos médios a finos, possui baixa potencialidade nas áreas de afloramento e na região confinada apresenta alta potencialidade e qualidade das águas geralmente boa (figura 12).



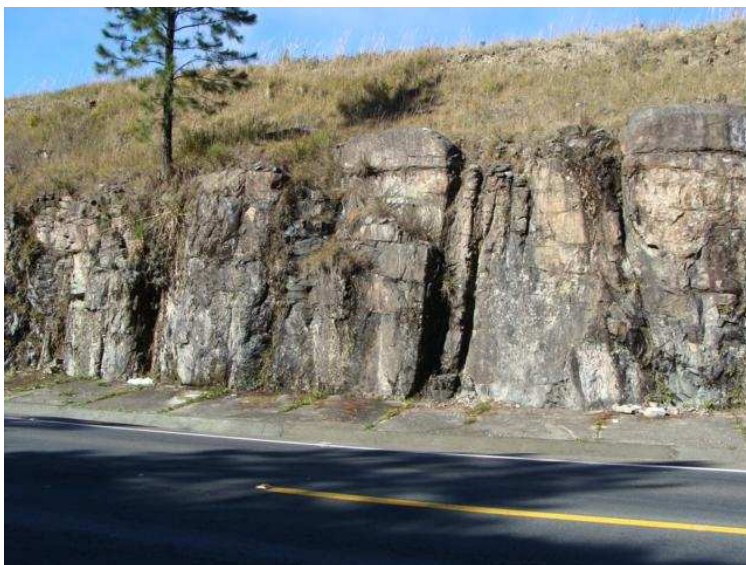
**Figura 12** – Arenitos médios eólicos da Unidade Botucatu (Sistema Aquífero Guarani).

A Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, constituída por derrames basálticos e rochas ácidas e intermediárias, ocupa aproximadamente 50% da área do Estado. Trata-se de um aquífero heterogêneo e anisotrópico, de potencialidade muito variável e boa qualidade química das águas (figura 13).



**Figura 13** – Basaltos cinza fraturados e alterados da Unidade Serra Geral.

A Unidade Hidroestratigráfica Alcalinas ocorre no Domo de Lages, constituída por fonolitos, carbonatitos, etc. De pequena expressão em área, é um aquífero de pequena expressão, por vezes tratando-se de um aquífero (figura 14).



**Figura 14** – Rochas alcalinas fraturadas da Unidade Hidroestratigráfica Alcalinas.

Finalmente, nas regiões litorâneas e de mais extensa erosão nas formações geológicas, ocorre o Sistema Aquífero Cenozóico, localmente com alta produtividade e águas de ótima qualidade, às vezes com teores excessivos de ferro, manganês, enxofre e matéria orgânica.

## **6 – CONCLUSÕES**

A definição das principais zonas e sistemas aquíferos que ocorrem no Estado de Santa Catarina provou ser um importante instrumento para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

A confecção de um mapa hidrogeológico na escala 1:500.000, baseado na síntese de mapas hidrogeológicos em escala 1:250.000, permitiu o desenvolvimento de uma legenda que contempla as principais variáveis que definem as características das unidades hidroestratigráficas, tanto relacionadas a aquíferos porosos intergranulares, quanto porosos por fraturamento ou carstificação. Esta legenda detalhada possibilita que a apresentação final dos mapas seja mais clara e legível, facilitando sua leitura pelos usuários, que nem sempre estão familiarizados com a técnica hidrogeológica e sua representação cartográfica.

Finalmente, estes documentos embasam a gestão das águas subterrâneas incluindo a outorga de uso de poços tubulares, como também auxiliam autoridades estaduais e municipais a melhor direcionar investimentos nesta área, pois determinam os locais mais propícios ou de maior



potencialidade para captação de águas de boa qualidade, como também dão subsídios para a preservação e conservação destes importantes recursos hídricos subterrâneos.

## BIBLIOGRAFIA

DAEE/USP 1992. *Projeto, Perfuração e Operação de Poços Profundos*: cursos de formação e especialização. Ribeirão Preto, SP. 249 p.

FEITOSA, Fernando A.C *et al.* *Hidrogeologia conceitos e aplicações*. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID-UFPE, 2008. 812 p.

FREEZE, R. A.; CHERRY J. A. 1979. *Ground Water*. Prentice Hall, New Jersey, 604 p.

FREITAS, Marcos Alexandre; CAYE, Bráulio Robério; MACHADO, José Luiz Flores (Orgs.). *Projeto Oeste de Santa Catarina - PROESC: diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do estado de Santa Catarina*. Florianópolis: CPRM, 2002. 1 CD-ROM. Convênio CPRM; Governo do estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Secretaria de Estado do desenvolvimento e Extensão Rural e Agricultura; EPAGRI.

GALLOWAY W. E.; HENRY C. D.; SMITH G. E. 1982. *Depositional framework, hydrostratigraphy and uranium mineralization of the Oakville Sandstone* (Miocene), Texas Coastal Plain. Bureau of Economic Geology. Univ. Texas, Austin, Rept. Invest. N° 113

JORGENSEN D. G. 1982. *Aquifer Names*. In: Jorgensen D. G. & Signor D.C. (Eds.) *Geohydrology of the Dakota Aquifer*, s.n., Lincoln, Nebraska, pp. 4-7. (Proceedings of the First C.V. Theis Conference on Geohydrology).

JORGENSEN D. G.; HELGESON J. O.; IMES J. L. 1993. *Aquifer Systems underlying Kansas, Nebraska , and parts of Arkansas, Colorado, Missouri, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas and Wyoming- Geohydrologic framework: U.S. Geological Survey, Professional Paper 1414-B*, 238 p.

LANEY R. L. & DAVIDSON C. R. 1986. *Aquifer-nomenclature guidelines*. U.S. Geological Survey, Open-file Report, **86-534**, 46 p.

LOHMAN S. W. *et al.* 1972. *Definitions of selected groundwaters terms - Revisions and conceptual refinements*. U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper, 1988, 9 p.

MACFARLANE P. A. *et al.* 2000. *Revision to the Nomenclature for Kansas Aquifers: Current Research in Earth Sciences*, Kansas Geological Survey, Bulletin **244**, part2, In: <http://www.kgs.ku.edu/Current/2000/macfarlane/macfarlane1.html>

- MACHADO, J. L. F. 2005 *Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo, RS. 238 p. ilustr. Mapas.
- MACHADO, J. L. F. 1995 *Mapa Hidrogeológico da Folha de Criciúma*. Escala 1:250.000. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. CPRM. Porto Alegre. 1 mapa.
- MAXEY G. B. 1964. *Hydrostratigraphic Units*. *Journal of Hydrology*, **2** :124-129.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE - NACSN. 1983. *North American Stratigraphic Code: American Association of Petroleum Geologists*, *Bulletin*, **67**(5) : 841-875.
- NOYES C. M.; MALEY M. P.; BLAKE R.G. *Defining Hydrostratigraphic Units within the Heterogeneous Alluvial Sediments at Lawrence Livermore National Laboratory*. Em: <http://www-erd.llnl.gov/library/JC - 139779.pdf>
- POLAND J. F.; LOFGREN B. E.; RILEY F. S. 1972. *Glossary of selected terms useful in studies in the mechanisms of the aquifer systems and land subsidence due to fluid withdrawal*. U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper **2025**, 9 p.
- SEABER P. R. 1982. *Definition of hydrostratigraphic units*. *2nd Annual Symposium on Florida Hydrogeology*, Northwest Florida Water Management District. *Public Information Bulletin*, **82** (3):25-26.
- SEABER P. R. 1986. *Evolution of Classification and Nomenclature of Hydrogeologic Units*. *EOS* **67** (16):28.
- SEABER P. R. 1988. *Hydrostratigraphic Units*. In: Rosenshein J.S. & Seaber P.R. (Eds.) *Hydrogeology: The Geology of North America*, W. Back/Geological Society of America, Boulder, CO. pp. 9-14
- STRUCKMEIER W. F.; MARGAT J. 1995 *Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend*. International Association of Hydrogeology. Hannover. Helse. 177 p.