

TAXONOMIA HIDROGEOLÓGICA – UNIDADES BÁSICAS DE REFERÊNCIA

João Alberto Oliveira Diniz¹; Thiago Luiz Feijó de Paula²; Adson Brito Monteiro³; Fernando Antônio Carneiro Feitosa⁴; Amilton de Castro Cardoso⁵

Resumo - Este trabalho trata da proposta de criação de unidades hidrogeológicas de referencia, visando a padronização das suas formas de representação, principalmente em trabalhos de cartografia hidrogeológica, onde frequentemente se confundem conceitos básicos de unidades aquíferas, sistemas aquíferos e produtividades, normalmente consideradas como homogêneas para cada unidade mapeada, sem considerar as variações que ocorrem dentro destas unidades.

Inser e propõe a utilização dos conceitos de hidrolitologias e hidroestratigrafias, além de estabelecer um sistema de hierarquização aquífera baseado em classes de produtividade, criando quatro unidades básicas de referencia, utilizáveis em diferentes escalas de levantamentos ou mapeamentos hidrogeológicos.

Exemplifica a utilização destes conceitos a partir de levantamentos hidrogeológicos realizados no município de Canudos - BA, quando da realização de trabalhos de locação de poços tubulares na área.

Palavras Chave – Taxonomia Hidrogeológica; Hidrolitologias; Unidades Hidroestratigráficas;

Abstract - This paper deals with the proposal for hydrogeologic units of reference, aiming to standardize their forms of representation, especially in works of hydrogeological mapping, where often confuse basics concepts of aquifer units, aquifers and yields usually considered homogeneous for each mapped drive, without considering the variations that occur within these units.

Add and proposes the use of concepts and hidrolitologias hidroestratigrafias, and establish a system of hierarchy based on aquifer productivity classes, creating four basic units of reference, usable at different scales of hydrogeological surveys and mappings.

Exemplifies the use of these concepts from hydrogeological surveys in the municipality of Canudos-BA, when performing work location of wells in the area.

¹Hidrogeólogo – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Av. Sul, 2291 – Afogados, Recife – PE. Fone (81) 3316-1472. joao.diniz@cprm.gov.br. ²Hidrogeólogo – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Av. Sul, 2291 – Afogados, Recife – PE. Fone (81) 3316-1472. thiago.paula@cprm.gov.br. ³Hidrogeólogo – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - Av. Sul, 2291 – Afogados, Recife – PE. Fone (81) 3316-1469. adson.monteiro@cprm.gov.br. ⁴Hidrogeólogo – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - Av. Sul, 2291 – Afogados, Recife – PE. Fone (81) 3316-1463. fernando.feitosa@cprm.gov.br. ⁵Hidrogeólogo – CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Av. Ulysses Guimarães, 2862 - Sussuarana - Centro Administrativo da Bahia, Salvador - BA. Fone (71) 2101-7357. amilton.cardoso@cprm.gov.br.

1. INTRODUÇÃO – DEFINIÇÃO DE TAXONOMIA

Muito se tem discutido sobre sistemas de classificação de aquíferos, comumente se criando unidades ao gosto de cada um, sem uma justificativa plausível para a sua proposição.

A teoria e prática de agrupamento de indivíduos em espécies, organizando-os em grupos maiores, dando nomes aos grupos e produzindo assim uma classificação hierárquica é chamada de taxonomia.

Partindo-se de uma unidade básica de referencia (o indivíduo) é possível o estabelecimento de classes hierárquicas organizadas em grupos ou categorias com características semelhantes, para determinados fins, como, por exemplo, cartografia.

Segundo Cline (1949), indivíduo é “*o menor corpo natural, definível por si próprio*”. Os indivíduos de interesse para a classificação passam a serem membros de classes. De acordo com esta definição, um indivíduo pode representar somente um objeto do universo considerado, o indivíduo é completo e indivisível.

2. TAXONOMIA HIDROGEOLÓGICA

Em hidrogeologia, essa unidade de referencia é normalmente considerada como sendo o aquífero, representado pela unidade litológico-estratigráfica que lhe empresta o nome.

Apesar de ser considerada a unidade hidrogeológica fundamental, os aquíferos são frequentemente subdivididos, seus limites não coincidindo obrigatoriamente com os limites das unidades estratigráficas, pois uma determinada formação geológica frequentemente apresenta variações litológicas, locais ou regionais, alterando suas capacidades aquíferas.

Uma determinada formação pode ocorrer com alta produtividade, nas áreas confinadas, ou como um aquífero pobre, nas áreas de afloramento e topograficamente elevadas.

Desta forma, a menor classe hierárquica em termos hidrogeológicos não deve ser o aquífero, uma vez que ele pode ser subdividido em várias partes, se considerarmos suas produtividades.

2.1. Unidades Hidroestratigráficas

Visando caracterizar essas unidades nas diferentes condições de produtividade, propõe-se o estabelecimento do conceito de **Unidade Hidroestratigráfica** agregando “*formações geológicas ou partes delas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza*”.

A sua representação em mapa seria feita através da sigla da unidade geológica, seguida por um número representante de sua classe de potencialidade hídrica. Assim, poderíamos ter a grafia **(1)K1i**, ressaltando a ocorrência do **Aquífero Ilhas** em área de alta produtividade ou, p.ex., **(4)K1i**, quando esta unidade mostrasse baixa produtividade aquífera.

Os números que precedem a sigla da unidade hidrogeológica deverão ser atribuídos em função das diversas características hidrodinâmicas destas unidades, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Proposta de Caracterização Hidráulica das Classes de Aquíferos (Adaptada de Struckmeir & Margat, 1995, *in* Diniz et al., 2012).

$\frac{Q}{s}$ ($\frac{m^3}{h/m}$)*	T (m^2/s)	K (m/s)	Vazão (m^3/h) (**)	Produtividade (***)	Classe
$\geq 4,0$	$\geq 10^{-02}$	$> 10^{-04}$	≥ 100	Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destaquem em âmbito nacional.	(1)
$2,0 \leq Q/s < 4,0$	$10^{-03} \leq T < 10^{-02}$	$10^{-05} \leq K < 10^{-04}$	$50 \leq Q < 100$	Alta: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.	(2)
$1,0 \leq Q/s < 2,0$	$10^{-04} \leq T < 10^{-03}$	$10^{-06} \leq K < 10^{-05}$	$25 \leq Q < 50$	Moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.	(3)
$0,4 \leq Q/s < 1,0$	$10^{-05} \leq T < 10^{-04}$	$10^{-07} \leq K < 10^{-06}$	$10 \leq Q < 25$	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.	(4)
$0,04 \leq Q/s < 0,4$	$10^{-06} \leq T < 10^{-05}$	$10^{-08} \leq K < 10^{-07}$	$1 \leq Q < 10$	Geralmente baixa, porém localmente muito baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.	(5)
$< 0,04$	$< 10^{-06}$	$< 10^{-08}$	$< 1,0$	Pouco Produtiva ou Não Aquífera: Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas manuais	(6)

(*) Valores referentes a 12 horas de bombeamento obtidos em testes.

(**) Valores calculados utilizando-se um rebaixamento de 25 metros.

(***) Na definição de classes de produtividade para os aquíferos cárstico e fissural utilizaram-se apenas dados de vazão.

Conforme pode ser visto nesta tabela, os valores estabelecidos para cada um dos parâmetros hidráulicos analisados devem ser estabelecidos para tempos iguais de bombeamento, evitando assim que se comparem valores discrepantes.

Para as rochas fraturadas, considerando que o valor da capacidade específica ou vazão específica pode refletir a transmissividade de um aquífero e que, conforme admitido pela grande maioria dos autores, não faz sentido falar em transmissividade em seu conceito clássico – “*descarga que escoar por uma faixa de largura unitária e altura igual a espessura do aquífero em função da variação unitária do gradiente hidráulico*” – utiliza-se como método comparativo, apenas dados de vazões, também referidas ao mesmo tempo de bombeamento. A figura 1 exemplifica essa situação.

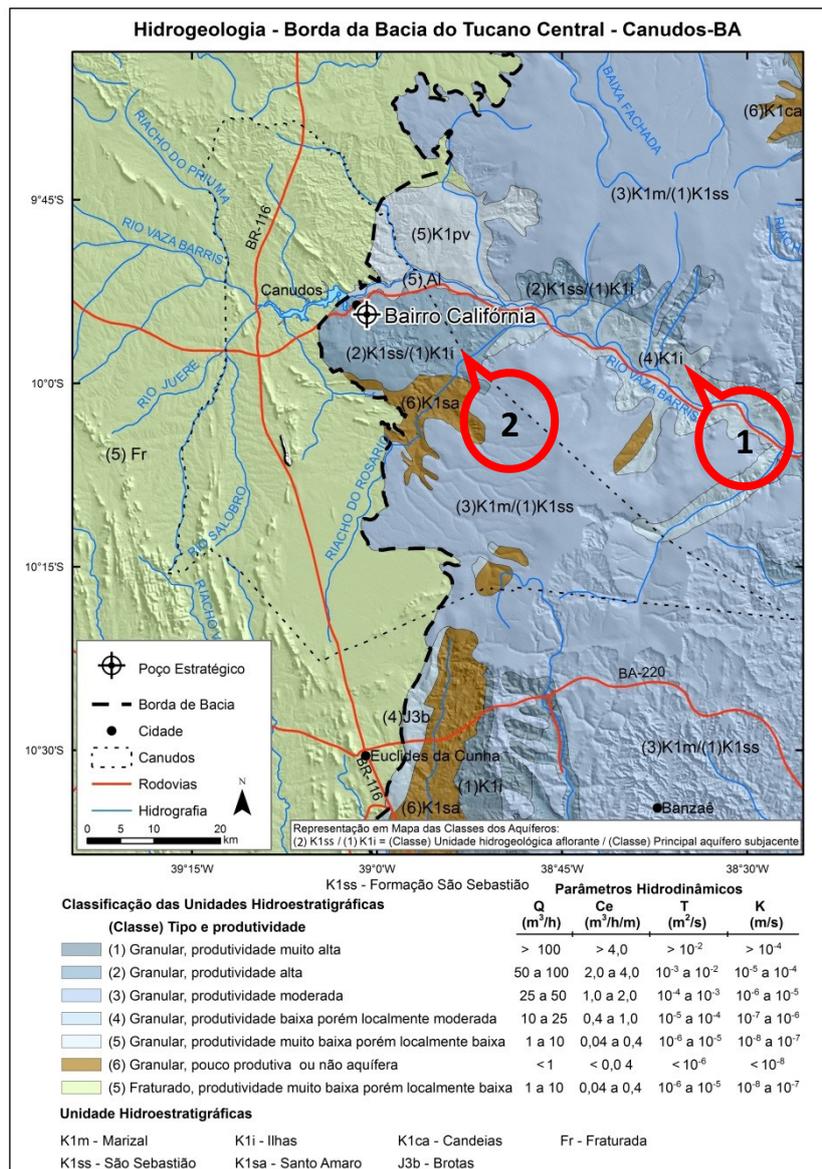


Figura 1 – Unidades Hidroestratigráficas (IREP – Relatório Final. CPRM, 2014, inédito).

Nesta figura, que mostra um esboço hidrogeológico do município de Canudos – BA podemos ver duas situações distintas de ocorrência de rochas do Grupo Ilhas, Cretáceo da Bacia do Tucano Central.

Na situação “1”, essas rochas ocorrem de forma aflorante e em região de topografia bastante elevada, sendo classificada, de acordo com a tabela 01, na *classe 4* (Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado). Já na situação “2”, a unidade ocorre na forma confinada, subjacente à Formação São Sebastião. Neste caso, adquire expressiva importância hidrogeológica, sendo enquadrada na *classe 1* (Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional. Abastecimento de cidades e grandes irrigações) produzindo vazões superiores aos 100 m³/h e vazão específica maior de 4 m³/h/m.

O conceito de Unidade Hidroestratigráfica agrega, então, “grupos de formações geológicas, temporalmente relacionadas, que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza”.

Portanto, constitui em uma área aquífera formada por um único tipo litológico ou pelo agrupamento de hidrolitologias semelhantes, porém com características hidrodinâmicas próprias, que permitem individualiza-las no conjunto total.

Tem limites laterais estabelecidos pelos critérios de classificação e coincide com a classe de aquífero no nível categórico mais baixo da sua taxonomia. Desta forma, cada unidade hidroestratigráfica tem limites objetivos, servindo ao propósito de identificação e delineamento de classes no campo.

2.2. Aquíferos

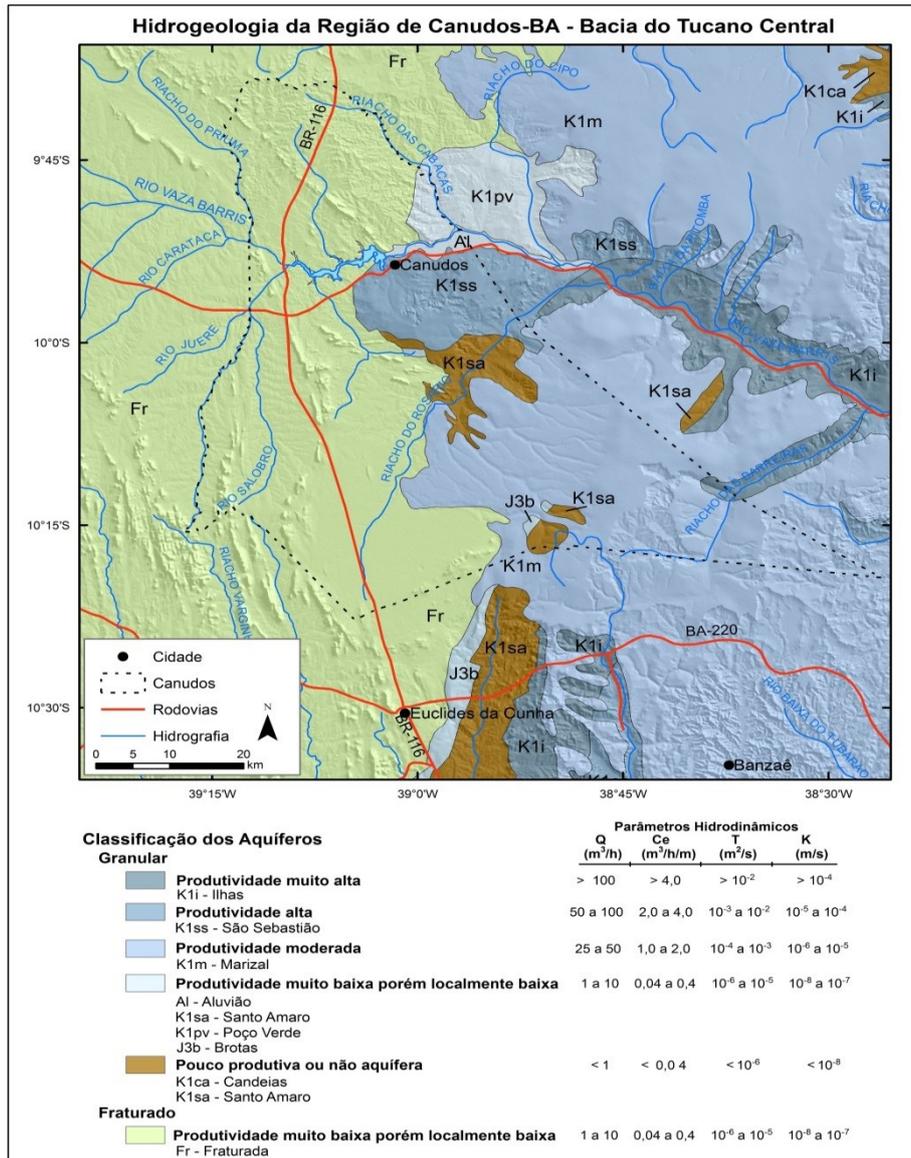
A classe taxonômica imediatamente superior a esta é o aquífero (a formação geológica), considerado como homogêneo e isotrópico; condições utilizadas amplamente na hidrogeologia. Neste caso, não são consideradas variações de produtividade.

É definido a partir de uma unidade estratigráfica estabelecida, acrescida do conhecimento de sua geometria, forma de ocorrência e características hidrodinâmicas gerais, além da descrição e registro de suas características morfológicas, tais como:

- ✓ Forma de armazenamento e condução de água – granular, fraturado, cárstico,
- ✓ Granulometria predominante;
- ✓ Grau de cimentação;
- ✓ Grau de compactação;
- ✓ Grau de carstificação;
- ✓ Grau de fraturamento;
- ✓ Espessura;
- ✓ Constituição litológica;
- ✓ Forma geomorfológica de ocorrência;
- ✓ Densidade de drenagem influente;
- ✓ Tipo de drenagem.

A figura 2 representa a mesma área do município de Canudos, mostrando apenas as formações geológicas (os aquíferos), sem hierarquização em termos de potencialidades hídricas. Neste caso tem-se um mapa de aquíferos.

Figura 2 – Mapa de Aquíferos, sem indicativo de subdivisão por produtividade.



2.3. Sistemas Aquíferos

A reunião de dois ou mais aquíferos pode originar um *sistema aquífero*, domínio espacial limitado em superfície e em profundidade, relacionados ou não entre si, mas que constituem uma unidade prática para a investigação ou exploração, que seria a classe taxonômica imediatamente superior ao aquífero.

O estabelecimento desses sistemas aquíferos deve levar em conta os princípios básicos do agrupamento de indivíduos (Smith & Medin, 1984):

- ✓ A definição de um sistema é uma representação resumida de uma categoria inteira de unidades individuais;

- ✓ As características essenciais que implicam na criação de um sistema aquífero são, para cada unidade incluída, individualmente necessária e conjuntamente suficiente para determinar a associação dentro da categoria;
- ✓ Se um aquífero (A) é colocado dentro de um sistema aquífero supra ordenado (B), as características que definem esse sistema estão contidas dentro do conjunto de características que definem o aquífero (A) e vice-versa.

Apesar de necessárias, essas condições de contorno frequentemente não são obedecidas, quer seja por negligência quer por falta de conhecimento, sendo sugeridos “*sistemas aquíferos*” ao gosto individual de cada um.

Como exemplos de sistemas aquíferos frequentemente citados na literatura, estabelecidos de forma correta ou não, podemos citar: o Sistema Aquífero Guarani e o Sistema Aquífero Serra Geral, na Bacia do Paraná; o Sistema Aquífero Grande Amazonas, na Bacia do Amazonas; o Sistema Aquífero Urucuia, na Bacia do São Francisco; Sistema Aquífero Inajá/Tacaratu, na Bacia do Jatobá; o Sistema Aquífero Poti/Piauí, na Bacia do Parnaíba e o Sistema Aquífero Yrendá/Toba/Tarijeño, na região do Grande Chaco entre Argentina, Paraguai e Bolívia, entre outros.

2.4. Unidades Hidrolitológicas

A maior classe taxonômica em termos de aquíferos pode ser definida pelo agrupamento de unidades geológicas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante, criando as *unidades hidrolitológicas, ou domínios hidrogeológicos*. Uma unidade hidrolitológica é, portanto, uma unidade de referência, tridimensional, com limites e dimensões arbitrárias.

Não possui limites concretos, muitas características se superpõem às de outras hidrolitologias e existem em número infinitamente grande. Por exemplo, uma Hidrolitologia fraturada pode abranger rochas ígneas plutônicas e vulcânicas, rochas cársticas, rochas metassedimentares e até mesmo rochas sedimentares de alta dureza.

Neste caso, considera-se tão somente o tipo litológico predominante, resultando nas unidades hidrolitológicas fraturadas, porosas e cársticas.

A figura 3 representa a mesma área da região de Canudos – BA, desta feita mostrando um mapa hidrolitológico, bastante simplificado em relação aos anteriores, embora se preste como uma primeira visualização das potencialidades hídricas subterrâneas de uma determinada região e a figura 4 resume as classes taxonômicas propostas e sua hierarquia.

Figura 3 – Mapa de Unidades Hidrolíticas.

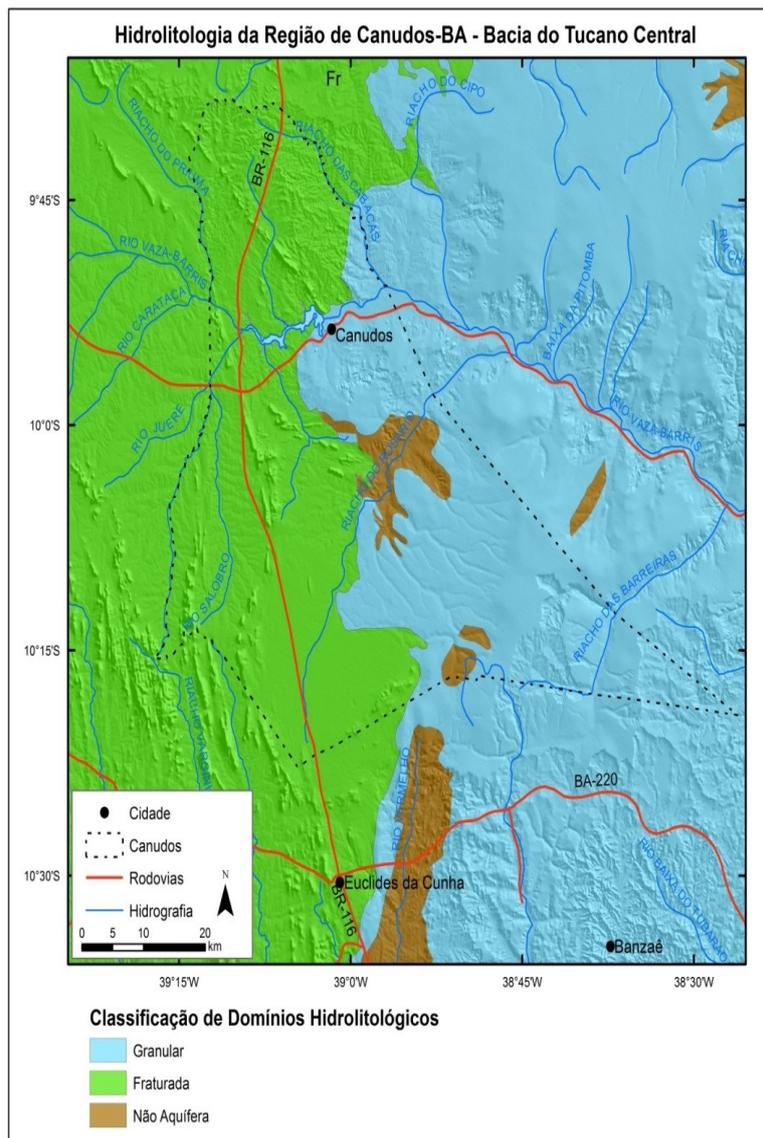
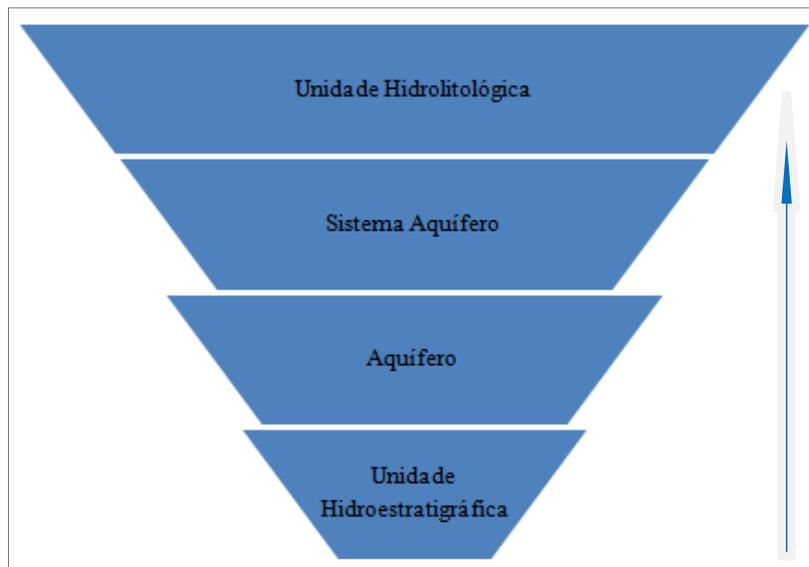


Figura 4 – Hierarquização taxonômica de aquíferos.



3. APLICAÇÕES PRÁTICAS – OS LEVANTAMENTOS HIDROGEOLÓGICOS

Os levantamentos hidrogeológicos diferenciam-se, principalmente, quanto aos objetivos a que se destinam e quanto à extensão das áreas que abrangem. A cada tipo de levantamento corresponde um tipo de mapa ou carta e uma escala de trabalho, sendo reconhecidos basicamente cinco tipos principais de levantamentos:

- Mapas Esquemáticos;
- Mapas de Reconhecimento e Exploração;
- Mapas de Planejamento e Desenvolvimento;
- Mapas de Gerenciamento e Proteção;
- Mapas de Fins Especiais.

Assim, se começarmos a trabalhar em uma área de dimensões muito grande, da qual não se tem qualquer conhecimento, poderíamos começar a esboçar as unidades hidrogeológicas existentes, o que já nos daria uma visão preliminar da região.

À medida que aumento nosso conhecimento poderemos, uma vez conhecendo as formações geológicas existentes, poderemos agrupá-las em zonas de produtividades semelhantes, p.ex., poderíamos criar um “Sistema Aquífero Paleozóico, ou Sistema Aquífero Cretácico”, etc..

Se aumentar mais ainda a quantidade de informações disponíveis, poderemos começar a individualizar o Paleozóico e o Cretáceo e definir os diversos aquíferos da área.

Finalmente, no final de nossa pesquisa poderemos subdividir esses aquíferos em zonas de maior ou menor produtividade, criando as Unidades Hidroestratigráficas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLINE, M. G.;1949. Basic principles of soil classification. *Soil Science*, Baltimore, n. 67, p. 81-91,.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2014. IREP - Rede Estratégica de Poços no Semiárido Brasileiro –. Planejamento e Implantação. Relatório Final. Inédito.
- DINIZ, J. A. O., 2012. Proposta Metodológica para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos. Recife: CPRM. (Publicação interna).
- DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; FEITOSA, F. A. C.; FREITAS, M. A. e PEIXINHO, F. C.; 2012. Metodologia para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas; XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 23-26 out. 2012, Bonito, MS. Resumos Expandidos... Bonito, MS: CBAS, out. 2012. p. 1-4.

MEDIN, DOUGLAS L. & SMITH, EDWARD E.;1984. Concepts and Concept Formation. Annual Review of Psychology. Vol. 35: 113-138.

STRUCKMEIER, W. F. & MARGAT, JEAN; 1995. Hydrogeological Maps A Guide and a Standard Legend. Hannover: International Association of Hydrogeologists,. (International contributions to hydrogeology, v. 17).