

MAPA HIDROGEOLÓGICO DA AMÉRICA DO SUL,
ESCALA 1:5.000.000 - METODOLOGIA DE TRABALHO
POR

ALBERT MENTE¹

ALARICO ANTÔNIO FROTA MONT'ALVERNE²

EUGENIO GODDY V.³

RESUMO - Existem diversos tipos de mapas hidrogeológicos que são determinados por seu conteúdo e objetivo e, portanto, por sua escala. Neste artigo, define-se estes mapas e indica-se o objetivo do Mapa Hidrogeológico da América do Sul, escala 1:5.000.000. Descreve-se, além disso, a metodologia do Trabalho do MHAS e menciona-se a maneira como serão apresentadas a Representação Cartográfica e a Nota Explicativa.

DEFINIÇÕES, CARACTERÍSTICAS E OBJETIVO

Mapas hidrológicos são representações sinóticas de fenômenos hidrológicos, em forma bidimensional, de acordo com determinada escala referente à superfície da terra.

Os mapas hidrogeológicos representam um subgrupo dos mapas hidrológicos que enfatizam o aspecto de água subterrânea e rochas. Na representação cartográfica destes mapas, são essenciais informações sobre ocorrência, extensão, quantidade e qualidade das águas subterrâneas e superficiais. Porém, em virtude tanto do objetivo pretendido quanto da escala do mapa, pode-se esperar uma grande variedade de informações apresentadas num determinado mapa.

O gráfico contido na figura 1, elaborado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1977, mostra o interrelacionamento entre área mapeada, escala e tipos de mapas hidrológicos - e que, com ligeiras modificações pode-se adaptar, também, para os mapas hidrogeológicos.

O objetivo e a escala são portanto elementos essenciais para a concepção científica, conteúdo e representação de um mapa. Critérios externos, tais como custo, tempo, pessoal, ou disponibilidade de dados, são, também, fatores preponderantes em projetos de mapas.

¹Coordenador, ²Membro Executivo, ³Colaborador, do Comitê Técnico para Compilação e Edição do MHAS (DNPM/CCGM/UNESCO), DNPM - 4º DR., Recife

Distingue-se três grupos de mapas hidrogeológicos, de acordo com o seu conteúdo e objetivo:

- 1 - Mapas Hidrogeológicos de Compreensão Geral: Apresentam, principalmente, informações hidrogeológicas complexas que servem tanto aos especialistas como aos leigos em hidrogeologia.
- 2 - Mapas Hidrogeológicos Especiais, que igualmente podem ser subdivididos em -
tre os de categoria de especialistas e de leigos, ou sejam:
 - . Mapas de Parâmetros e de Projetos Detalhados para hidrogeólogos, técnicos e engenheiros; e
 - . Mapas Interpretativos, derivados e programáticos, para não-especialistas, planejadores, políticos e o público em geral.
- 3 - Mapas e Planos Operacionais para gerentes de recursos hídricos.

Os mapas hidrogeológicos gerais visam a apresentação coerente de dados hidrogeológicos e sua interpretação. Indicam, numa base topográfica adequada, vários tipos de informações (de caráter pontual, linear ou areal), relacionadas à água, podendo ser obtidos por compilação de dados de arquivos ou de bibliografia, através de investigações no campo, ou, como é mais comum, mediante a combinação dos dois métodos. Muitos dos mapas hidrogeológicos gerais são elaborados a nível regional, nacional ou internacional utilizando-se escalas médias ou pequenas (1:200.000 a menores de 1:2.000.000). Geralmente, os mapas hidrogeológicos gerais representam, com auxílio de cores, símbolos, linhas ou padrões, as seguintes informações:

- Composição litológica e estrutura de unidades hidrogeológicas
- Disponibilidade de água subterrânea nas unidades hidrogeológicas, baseada em considerações sobre permeabilidade, saturação, recarga, descarga de fontes e capacidade dos poços
- Dados detalhados relacionados a fenômenos hídricos, tais como isolinhas de níveis de água subterrânea, fontes, qualidade e temperatura d'água, água superficial, hidrologia cárstica, obras de engenharia e alterações do regime hídrico subterrâneo natural, etc.

Informações adicionais sobre o clima, feições geográficas e geológicas, assim como informações sintéticas e relevantes, apresentam-se, frequentemente, na nota explicativa que acompanha o mapa. A título de ilustração sobre a grande variedade deste tipo de mapas, menciona-se a seguir, diversos exemplos proeminentes de mapas hidrogeológicos gerais: Mapa Hidrogeológico da USSR, escala 1:5.000.000 (14), Mapa Hidrogeológico da Índia, escala 1:5.000.000 (7), Mapa Hidrogeológico do Brasil, escala 1:5.000.000 (2), Mapa Hidrogeológico da Venezuela, escala 1:2.500.000 (13), Mapa Hidrogeológico do Chile, escala

1:2.500.000 (3), Mapa Hidrogeológico do Equador, escala 1:2.000.000 (5), Mapa Hidrogeológico do Uruguai, escala 1:2.000.000 (12), Mapa Hidrogeológico Internacional da Europa, escala 1:1.500.000 (1), Mapa de Recursos Hídricos dos Países Árabes, escala 1:1.000.000 e 1:2.000.000 (10), Mapa Hidrogeológico do Equador, escala 1:1.000.000 (6), Mapa Hidrogeológico da Inglaterra e País de Gales, escala 1:625.000 (8).

Com relação aos mapas hidrogeológicos especiais e aos mapas e planos operacionais, os mesmos são sempre documentos básicos propícios a serem utilizados para o planejamento e a condução das interferências do homem sobre o regime de água. Via de regra, são voltados para buscar soluções para problemas específicos, por exemplo: abastecimento d'água e saneamento, prospeção mineral e de recursos energéticos, engenharia hidrotécnica, ou recuperação de terras. Não existe um limite exato entre os dois tipos de mapas, encontrando-se as maiores diferenças principalmente nos seus objetivos. Enquanto os mapas hidrogeológicos especiais podem ser de caráter semi-quantitativo ou qualitativo, utilizando-se normalmente escalas grandes e médias (1:10.000 a 1:500.000), os mapas e planos operacionais requerem uma confiabilidade maior e, portanto, utilizam sempre escalas grandes (maiores de 1:20.000).

O Mapa Hidrogeológico da América do Sul, escala 1:5.000.000 (MHAS), é tipicamente um mapa hidrogeológico geral cujas características principais se enquadram nas descrições acima citadas. Tem como objetivo a apresentação das condições hidrogeológicas a nível continental, de acordo com os métodos internacionalmente aceitos referentes à cartografia hidrogeológica moderna de pequena escala.

METODOLOGIA DE TRABALHO

O MHAS, desenvolvido no período 1977-1988, representa um empreendimento de todos os países do continente dentro do Programa Hidrológico Internacional - PHI, contando com o apoio da UNESCO. A sua compilação final, assim como a edição, foram realizadas e financiadas pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. (1987/1988).

O Comitê Técnico para Elaboração e Edição do MHAS - Membro Executivo, iniciou suas atividades em janeiro de 1987, com base no acervo de dados constituído pelos mapas hidrogeológicos nacionais, em diversas escalas, e respectivas notas explicativas, provenientes dos distintos países da América do Sul: Guyana e Suriname (1:500.000), Equador e Paraguai (1:1.000.000), Equador e Uruguai (1:2.000.000), Bolívia, Chile, Colômbia, Perú e Venezuela (1:2.500.000), Argentina e Brasil (1:5.000.000).

A seguir, descreve-se, de forma sumária, a metodologia de trabalho do MHAS (Figura 2) adotada por uma equipe de 4 técnicos, durante 2 anos de serviços, contando-se, neste período, também com a colaboração dos países acima mencionados e a supervisão do Coordenador Geral do Comitê (UNESCO), Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos.

A base cartográfica (escala 1:5.000.000) utilizada foi aquela aceita pela Comissão da Carta Geológica do Mundo - CCGM.

- 1 - Elaboração do mapa hidrogeológico síntese preliminar do MHAS na escala 1:5.000.000. Baseada na redução e adaptação dos mapas hidrogeológicos nacionais, em escalas diferentes, disponíveis. O mapa-síntese, visava a obtenção de uma primeira visão continental das grandes ocorrências hídricas subter-râneas, facilitando, assim, a análise comparativa dos diversos mapas hidrogeológicos nacionais.
- 2 - Confecção do mapa de províncias hidrogeológicas, na escala 1:5.000.000. Em escala continental, distingue-se dezesseis (16) províncias (Figura 3) abrangendo a totalidade das unidades hidrogeológicas conhecidas, e cujos princípios de delimitação foram adotados em uma das 8 reuniões de coordenação dos Comitês Nacionais (Quito, 1981). No entanto, a delimitação exata destas províncias, na escala da apresentação, constituiu um elemento de trabalho muito importante para a elaboração de Legenda Preliminar e do Modelo do MHAS.
- 3 - Análise comparativa das legendas dos mapas hidrogeológicos nacionais. Os elementos (componentes) que constam nos diversos mapas nacionais foram sujeitos a uma análise comparativa, tomando-se como base os elementos sugeridos no modelo da UNESCO (II Reunião de Coordenadores Subregionais, Quito, 1981). A lista definitiva dos elementos, que se julgou necessário incluir na Legenda Preliminar do MHAS, foi estabelecida a partir desta análise.
- 4 - Análise dos aquíferos e outras unidades hidrogeológicas em cada país e por província hidrogeológica. Baseia-se nos diversos mapas hidrogeológicos nacionais, visando a homogeneização de apresentação no MHAS. A homogeneização foi realizada de acordo com o modelo proposto pela UNESCO (Quito, 1981) e em consonância com as diversas normas internacionalmente reconhecidas para este tipo de mapa (9,11), resultando em indicações preliminares dos aquíferos e outras unidades hidrogeológicas nos diversos países, aptas a serem utilizadas na elaboração da Legenda Preliminar do MHAS.
- 5 - Análise das Unidades hidrogeológicas nas áreas fronteiriças dos diversos países. Tinha como objetivo detectar discrepâncias na cartografia hidrogeológica nas zonas de limites internacionais, procurando-se compatibilizar a

- ... apresentação final na escala continental.
- 6 - Elaboração de legenda preliminar do MHAS. Os resultados das atividades 1-5, permitiu conceber a Legenda Preliminar do mapa (Figura 4), constituindo-se o documento-base que possibilitou a confecção do modelo preliminar do MHAS, na fase seguinte.
 - 7 - Elaboração de modelos preliminares de mapas hidrogeológicos nacionais, escala 1:5.000.000. A fim de testar a viabilidade da Legenda Preliminar, foram elaborados modelos preliminares de mapas hidrogeológicos dos seguintes países: Uruguai (Figura 5), Paraguai, Equador, Bolívia, Colômbia, Perú e a totalidade das Guianas (Guiana, Suriname e Guiana Francesa) - o que permitiu algumas correções naquela Legenda.
 - 8 - Planificação da compilação do MHAS, escala 1:5.000.000. Nos acordos adotados na última reunião dos Coordenadores Nacionais da América do Sul (Rio de Janeiro, 1986), previu-se a colaboração dos respectivos países no processo de compilação e elaboração do MHAS. As instruções para orientar e coordenar a preparação do material de compilação uniformizada estão contidas no documento intitulado "Planificação Geral de Compilação do MHAS, escala 1:5.000.000" (Figura 6) enviado a todos os coordenadores nacionais, junto com os seguintes materiais-base: a) Fragmento da base cartográfica continental, escala 1:5.000.000, referente a cada país, b) Legenda Preliminar, c) Modelos preliminares de mapas hidrogeológicos, e d) Sugestões para a denominação dos aquíferos.
 - 9 - Viagem de coordenação aos países-membros. Viagem efetuada pelo Coordenador do Comitê Técnico - Membro Executivo, tendo como objetivo garantir a homogeneidade na preparação do material da compilação uniformizada de cada país.
 - 10- Compilação final do MHAS. O processo de compilação final do MHAS foi efetuado por cada país, a quem cabe, em última instância, a responsabilidade das informações fornecidas, no sentido quantitativo e qualitativo.
 - 11- Montagem do modelo definitivo do MHAS e preparação da nota explicativa. Com base nas compilações finais dos mapas hidrogeológicos nacionais, escala 1:5.000.000, foi montado, pelo Comitê Técnico - Membro Executivo, o Modelo Definitivo do MHAS, havendo uma preocupação maior no controle da uniformidade, assim como na compatibilização das informações contidas nos diversos mapas.
- Paralelamente foi preparada a Nota Explicativa, tarefa na qual o Coordenador Geral do Comitê (UNESCO) teve participação significativa.

12- Elaboração da maquete do MHAS. Constituiu uma tarefa principalmente do especialista em cartografia do Comitê Técnico - Membro Executivo, Gilberto Ruy Derze, que condicionou o Modelo Definitivo do MHAS e da Nota Explicativa para a fase de edição.

13- Edição do MHAS e da nota explicativa. Serão editados 5.000 exemplares do MHAS com respectivas notas explicativas, estando programada a seguinte distribuição: a) 5.000 exemplares da cartografia básica do MHAS em espanhol, com legendas, tipo encarte, sendo 1.500 em inglês, 1.000 em português e 500 em francês. b) 5.000 exemplares da nota explicativa editada em espanhol, português, inglês e francês nas mesmas proporções anteriores.

REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

O MHAS será apresentado em uma só folha, contendo os seguintes componentes conforme distribuição espacial constante da figura 7:

- Título do MHAS, escala e referência cartográfica no espaço superior a direita
- Carta Hidrogeológica da América do Sul, escala 1:5.000.000, ocupa espaço principal central.
- Legenda, no espaço inferior a direita.
- Carta de Isoietas do continente, escala 1:20.000.000, apresentada como mapa de encarte no espaço inferior a esquerda.
- Carta da Província Hidrogeológica, escala 1:20.000, apresentada como mapa de encarte no espaço inferior a esquerda.
- Créditos dos países participantes, executores e colaboradores no espaço inferior a direita, acima da Legenda.

NOTA EXPLICATIVA

A Nota Explicativa apresenta o seguinte índice:

Prefácio

1. Introdução

- 1.1. Objetivos, valor e limitações do mapa
- 1.2. Antecedentes do projeto
- 1.3. Equipes nacionais e agradecimentos
- 1.4. Metodologia de trabalho
- 1.5. Estudos, mapas hidrogeológicos e dados de poços disponíveis nos países
 - 1.5.1 - 1.5.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE

2. Características gerais da América do Sul
 - 2.1. Área e população dos países
 - 2.2. Fisiografia e geologia
 - 2.3. Vegetação e solos
 - 2.4. Climatologia e hidrologia
3. Características hidrogeológicas da América do Sul
 - 3.1. Legenda e uso do mapa
 - 3.2. Províncias hidrogeológicas
 - 3.3. Descrição geral dos sistemas aquíferos por província
 - 3.3.1 - 3.3.16: Andina - Vertente Pacífica, Altiplano, Andina- Vertente Atlântica, Escudo Setentrional, Amazonas, Orinoco, Escudo Central , Parnaíba, São Francisco, Escudo Oriental, Centro-Oeste Brasileiro, Pantanal - Chaco-Pampeano, Paraná, Escudo Meridional, Patagonia, Costeiras
4. Uso atual e possibilidade de exploração de água subterrânea
 - 4.1. Uso atual de água subterrânea
 - 4.1.1-4.1.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
 - 4.2. Áreas super-explotadas e com problemas de salinização ou de contaminação.
 - 4.2.1-4.2.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
 - 4.3. Áreas com possibilidade de artesianismo
 - 4.3.1-4.3.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
 - 4.4. Áreas com melhores possibilidades de exploração de água subterrânea
 - 4.4.1-4.4.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
 - 4.5. Áreas que requerem maiores estudos
 - 4.5.1-4.5.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
5. Conclusões e Recomendações
 - 5.1. Conclusões
 - 5.2. Recomendações
6. Bibliografia
 - 6.1. Relatórios, publicações e documentos a nível nacional
 - 6.1.1-6.1.13: AR, BO, BR, CL, CO, ED, FG, GY, PY, PE, SN, UY, VE
 - 6.2. Relatórios, publicações e documentos a nível regional
 - 6.2.1-6.2.13: Relatórios de reuniões, Relatórios de missões, Diversos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ALEMANHA. Bundesanstalt für wissenschaften und Rohstoffe. International hydrogeological map of Europe. 1:1.500.000. Hannover / Paris, UNESCO, 1970.
- 2 - BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Mapa hidrogeológico do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1983.
- 3 - CHILE. Dirección General de Aguas. Mapa hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000. Santiago, 1986.
- 4 - ENGELEN, G. B. & JONES, G. P. ed. Developments in the analysis of groundwater flow systems (s.l.), IAHS, (s.d.). (IAHS Publication, 163)
- 5 - EQUADOR. Programa Nacional de Regionalización Agraria & Office de la Recherche Scientifique e Technique Outre-mer. Mapa hidrogeológico del Ecuador. Escala 1:2.000.000. Quito, 1982
- 6 - EQUADOR. Dirección General de Geología y Minas. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrogeología. Mapa hidrogeológico Nacional de la Republica del Ecuador. Escala 1:1.000.000. Quito, 1983.
- 7 - INDIA. Central Ground Water Board Hydrogeological map of India. 1:5.000.000, Calcuta, 1976.
- 8 - INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES. Hydrogeological map of England and Wales. 1:625.000. London, 1977.
- 9 - INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES. International legend for hydrogeological maps. London, UNESCO, 1970. 101p.
- 10- SÍRIA. Arab Center for Studies of arid Zones and Dry Lands. Water resources map of the arab countries. 1:1.000.000 and 1:2.000.000. Damasco, 1982.
- 11- UNESCO. International legend for hydrogeological maps. Revised draft. Paris, 1983. 51 p. (Techn. document, SC - 84/WS/7)
- 12- URUGUAI. Dirección Nacional de Minería y Geología. Carta hidrogeológica del Uruguay. Escala 1:2.000.000, Montevideo, 1986.
- 13- VENEZUELA. Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Dirección de Hidrología. Mapa hidrogeológico de Venezuela. Escala 1:2.500.000. Caracas, 1986.
- 14- ZAITSEV. I. K. Hydrogeological map of the USSR. Scale 1:5.000.000. Moscow, 1961.

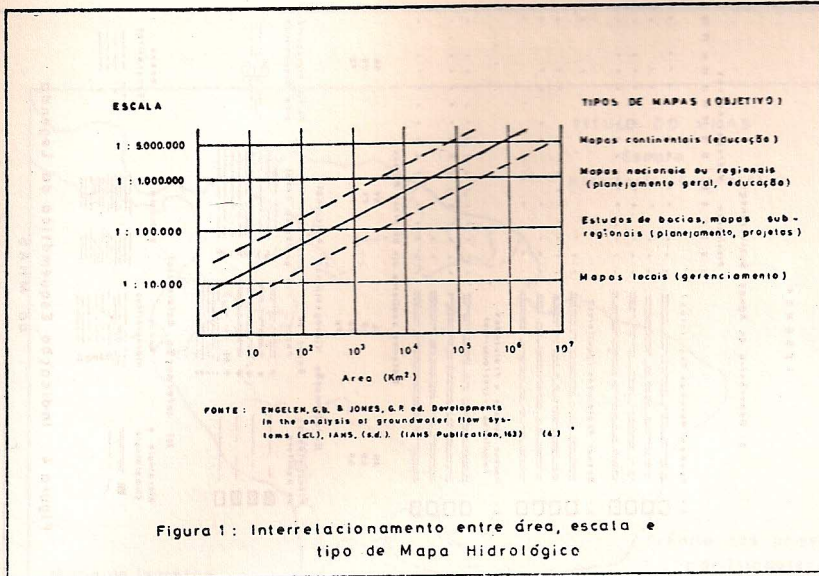


Figura 1: Interrelacionamento entre área, escala e tipo de Mapa Hidrológico

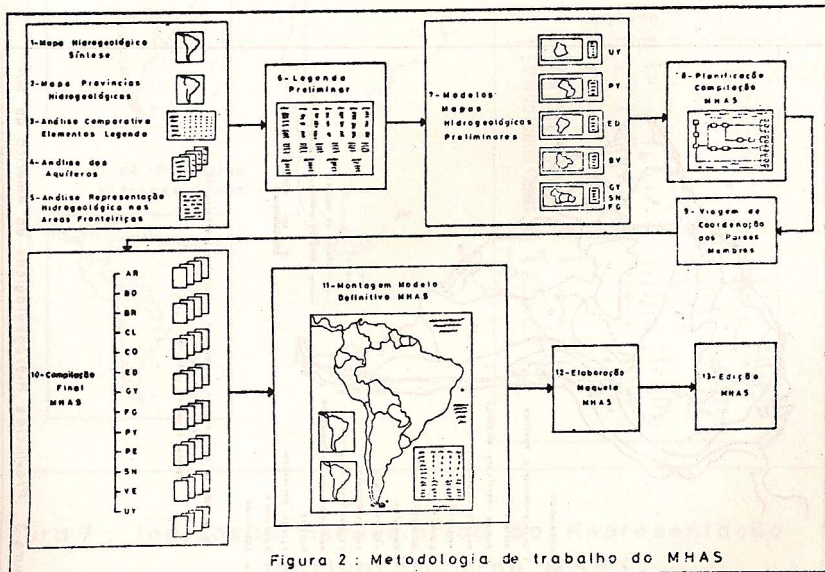


Figura 2: Metodologia de trabalho do MNAS

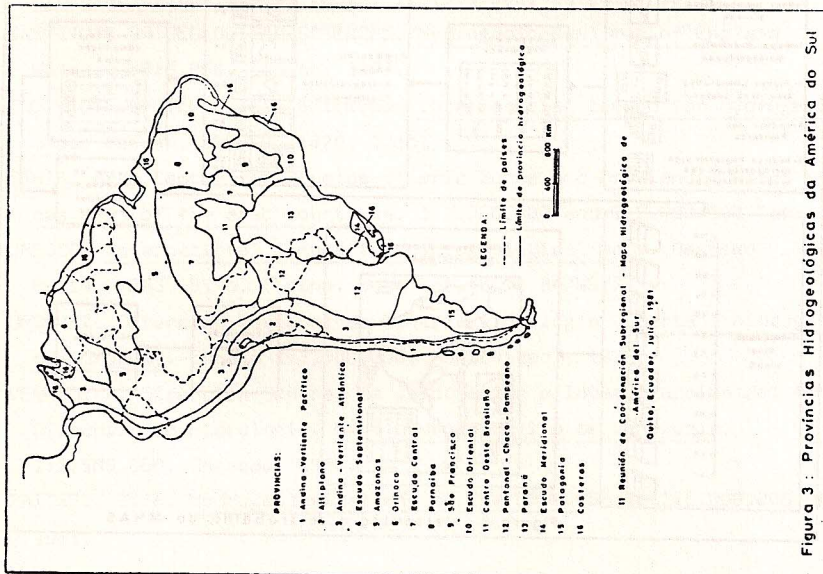


Figura 3 : Províncias Hidrogeológicas da América do Sul

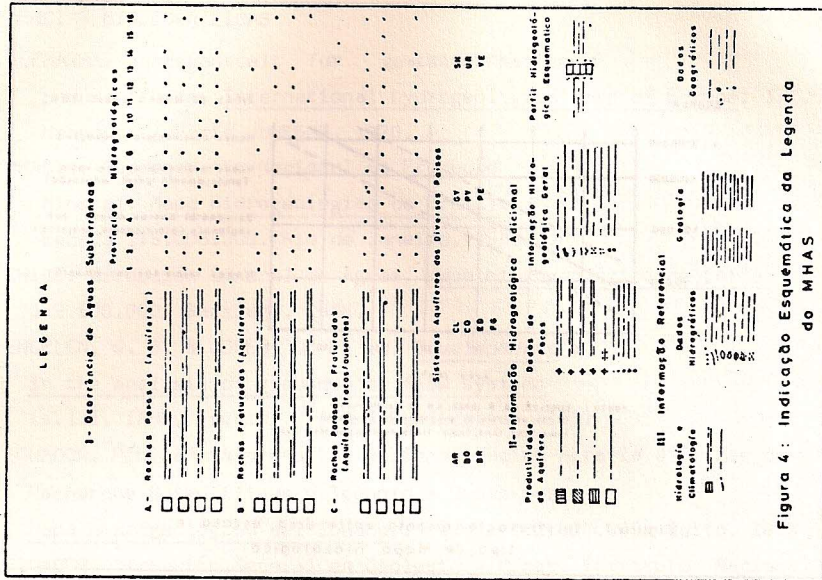


Figura 4 : Indicação Esquemática da Legenda do MHAS



Figura 7 : Indicação Esquemática da Representação Cartográfica do MHAS