

# Uso dos computadores em geologia

## ABSTRACT

This present work deals with the use of computers in Geology and gives an example of its application in hidrogeology from store information of groundwater data.

Store information, as shown in this report, consisting of SIDAS Sistema de Informações de Águas Subterrâneas — developed in DAEE, SP and modified by CERB, where the author is presently working.

## RESUMO

O presente trabalho aborda o problema do uso dos computadores na geologia e cita um exemplo do emprego desses equipamentos na hidrogeologia, através de um banco de dados de águas subterrâneas.

O banco de dados aqui descrito é composto pelo SIDAS — Sistema de Informações de Águas Subterrâneas — que foi desenvolvido no DAEE, SP e modificado na CERB — Companhia de Engenharia Rural da Bahia empresa na qual o autor trabalha.

## INTRODUÇÃO

Durante muitos anos os sistemas de informações hidrogeológicas e geológicas, de um modo geral, sempre foram bastante complexos, mas obsoletos. Isto poderá ser rapidamente compreendido, uma vez que essas informações vinham acondicionadas em quadros, fichas, tabelas, e desse modo, à medida que o volume de dados ia aumentando, tornava-se impossível a sua manipulação eficiente. Além disso, essa grande massa de informações, trabalhadas manualmente, estava muito sujeita a erros.

Com o desenvolvimento das técnicas de computação, pouco a pouco o computador é utilizado para essas tarefas, principalmente quando o volume de dados é muito grande. A princípio, com certas restrições devido aos custos operacionais elevados, hoje com larga utilização face à grande quantidade de serviços oferecidos e também pelo fato dos custos operacionais terem sido reduzidos sensivelmente.

Atualmente, o computador vem sendo usado não apenas para armazenar dados, mas também para processar cálculos avançados, para análise, manejo e controle de grandes volumes de informações, para o traçado de uma grande variedade de mapas, seções geológicas e outros tipos de serviços, de modo que, com o amplo desenvolvimento geomatemática e geoestatística e o uso dos computadores, a geologia vem conquistando mais espaço dentro da comunidade científica.

Isto se explica pelo uso, atualente bastante diferenciado, das simulações para o estudo de determinados problemas geológicos. O passo inicial para a evolução dos trabalhos é apoiado firmemente nos bancos de dados, os quais facilitam grandemente o trabalho do geólogo, executando para o mesmo uma gama variada de serviços em tempos mínimos, deixando, assim o técnico com mais tempo para a tomada de decisões e pesquisas.

O Banco de Dados, apresentado neste trabalho, está dirigido especialmente para as águas subterrâneas. O sistema foi obtido pela CERB — Companhia de Engenharia Rural da Bahia, do DAEE — Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, sendo devidamente adaptado para as reais necessidades daquela Companhia.

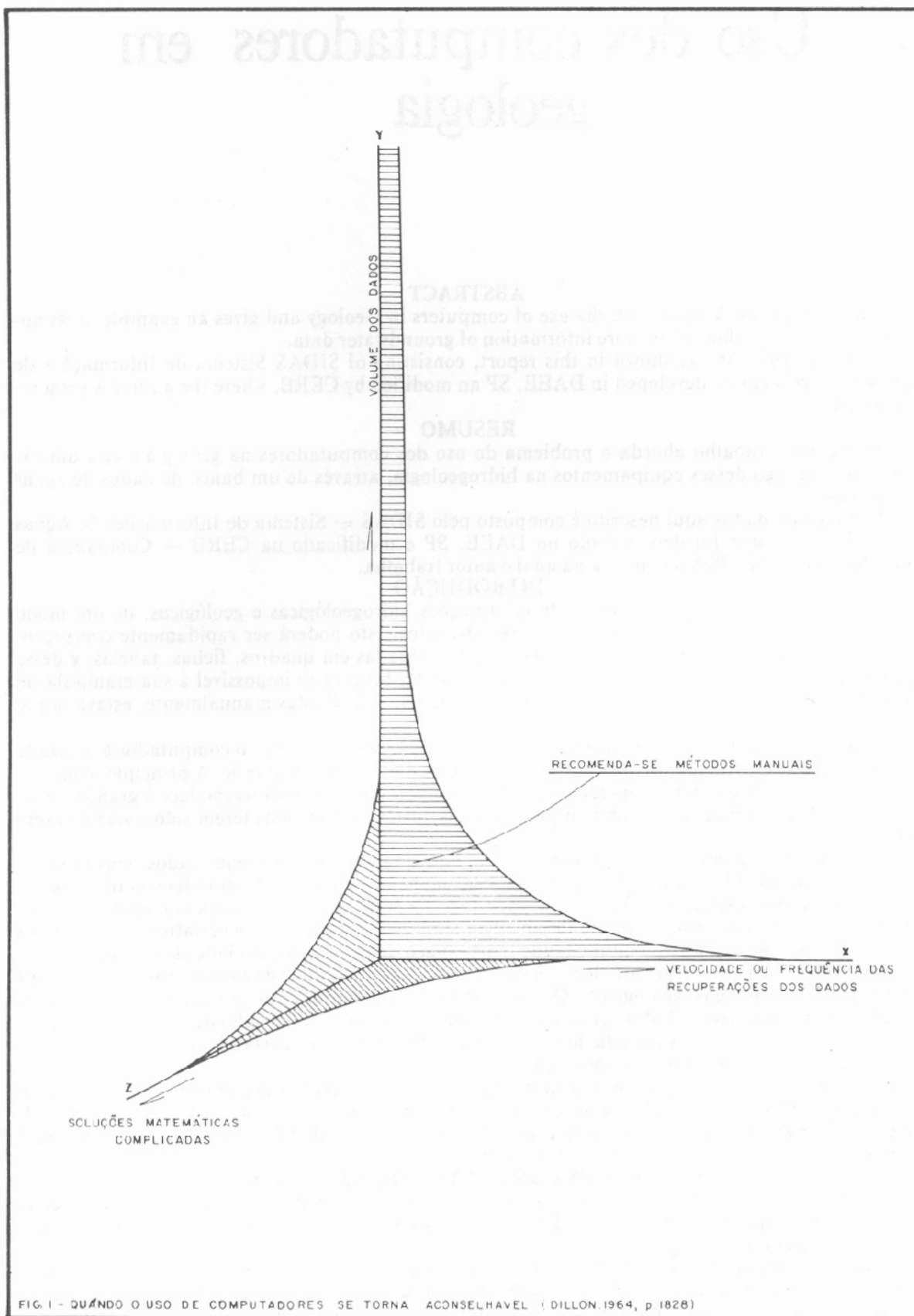
## EMPREGO DOS COMPUTADORES NA GEOLOGIA

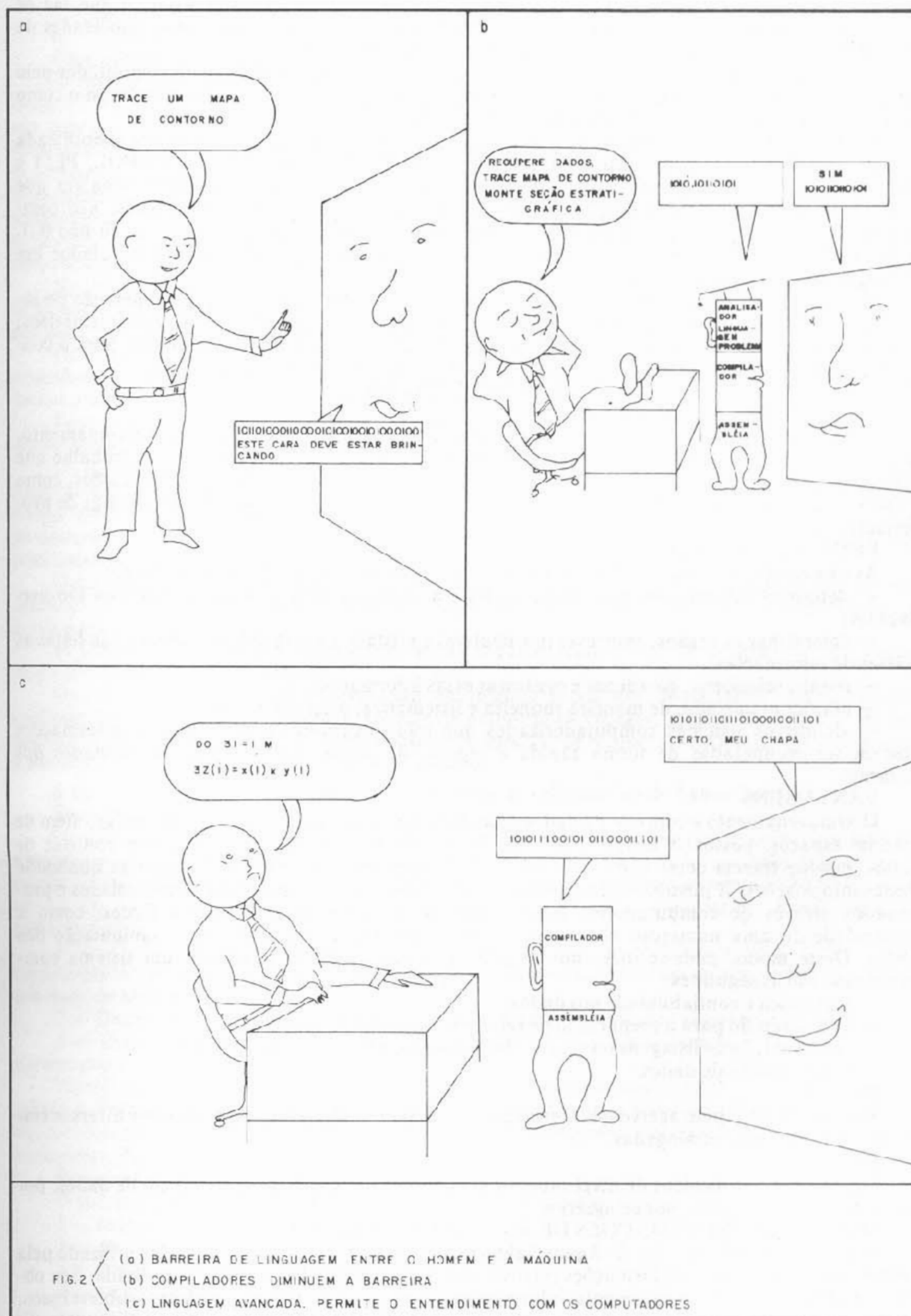
Um fato que atualmente já não se pode mais discutir é a importância do emprego do computador na geologia. A sua utilização vai desde elementares programas até aos sofisticados cálculos estatísticos e geomatemáticos.

Todavia paira ainda uma dúvida, bastante generalizada, de quando e a partir de onde se deve utilizar o computador em substituição aos métodos manuais, de modo que, a teoria geral de que só se deveria utilizar o computador para grandes volumes de dados começa a ser questionada. Tornou-

se, então, necessário analisar rigorosamente o trabalho a ser executado, o tipo de serviço e, conforme os resultados obtidos a partir daí, utilizar o computador.

Analisando-se o gráfico da fig. 1, elaborado por Dillon (1964) onde ele fez a comparação dos métodos manuais em relação a três itens distintos — volume de dados, velocidade ou freqüência da recuperação de dados e soluções matemáticas complicadas, tem-se que esses itens foram colocados





nos eixos Y, X e Z respectivamente, e observa-se, ao longo do eixo Z, que a utilização dos métodos manuais deixa rapidamente de ser aconselhável.

Toda essa polêmica pode ser facilmente explicada se forem encarados os custos elevadíssimos dos equipamentos, hora de trabalho, e a necessidade de pessoal especializado. No entanto, vale a pena ressaltar que, atualmente, com o desenvolvimento da tecnologia os computadores já executam

várias tarefas simultaneamente, com velocidades de processamento consideráveis, o que faz os custos caírem sobremaneira, e com tendência a baixar mais, à medida que novas velocidades de processamento são obtidas e a máquina cada vez mais moderniza-se.

Um outro aspecto que tem também dificultado sobremaneira a utilização do computador pelo geólogo é a falta de informações que o mesmo tem em relação ao computador, encarando-o como uma máquina extremamente complicada e de acesso difícil.

Mesmo assim, a comunicação entre o geólogo e o computador (fig. 2) foi bastante simplificada com o desenvolvimento dos compiladores de linguagem FORTRAN, ALGOL, COBOL, PL/1 e APL. Com isso verificou-se um maior interesse do geólogo no uso do computador, uma vez que diminuiu a barreira de comunicação, ou seja, o geólogo falando em termos técnicos, não compreensíveis pela máquina que só entende a linguagem dos "bits", que são ou sim (1) ou não (0). Desse modo, o geólogo pode, por meio do uso do compilador, falar com o computador em linguagem mais semelhante à sua.

Portanto, a máquina poderá ser utilizada para cálculos mais enfadonhos, recuperação de informações, relação de dados, realização de cálculos numéricos, geoestatísticos, geomatemáticos. Por outro lado, com o tempo disponível o geólogo poderá empregar a sua experiência para o conhecimento do problema, analisar e julgar a validade dos dados e escrever os relatórios.

### BANCO DE DADOS

#### GENERALIDADES

Um banco de dados é um arquivo de informações com grande capacidade de armazenamento, fácil acesso e manejo rápido. A sua estruturação e adequação requer uma rotina de trabalho que defina todo o seu esquema operacional, desde os órgãos onde serão coletadas as informações, como o tipo dessas informações, treinamento de pessoal, até finalmente se chegar aos programas de processamento.

#### PRINCIPAIS ATIVIDADES

As principais atividades do Banco de Dados, poderão ser reunidas do seguinte modo:

- definir as informações mais importantes e necessárias para os assuntos que lhes são pertinentes;
- determinar os órgãos, empresas (particulares e mistas), e universidades, onde serão feitas as coletas de informações;
- reunir, selecionar, coordenar e organizar essas informações;
- manter atualizado, de maneira rotineira e sistemática, o acervo de dados;
- definir os sistemas computadorizados que irão integrá-lo de modo que as informações possam ser recuperadas de forma rápida e segura, de acordo com as reais necessidades dos usuários.

#### VANTAGENS

O armazenamento e controle de dados quando feitos pelos métodos tradicionais exige, além de grandes espaços, pessoal e tempo. Estes três itens, por si só, podem inadequar um controle de dados, porque trazem como conseqüências, deficiências tanto na quantidade como na qualidade dessas informações. A possibilidade de que esses dados podem ser armazenados, controlados e processados através de computadores, reduziu não só o problema dos espaços físicos, como a necessidade de uma numerosa equipe, e facilitou sobre maneira o acesso e a manipulação dos dados. Deste modo, pode-se dizer que as principais vantagens de se utilizar um sistema computadorizado são as seguintes:

- segurança e confiabilidade nos dados;
- acesso rápido para a preparação de relatório e tomada de decisões;
- apresentação de listagens ou tabelas de dados com características diversas;
- padronização de dados.

#### DADOS

São constituídos pelo acervo de informações sobre poços tubulares perfurados por diversas empresas e devidamente catalogadas.

#### EQUIPE

É composta por técnicos de nível superior com noções básicas de processamento de dados, por auxiliares de nível médio e por estagiários.

#### SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas — SIDAS é o banco de dados utilizado pela CERB para armazenar as informações relativas aos poços perfurados no Estado da Bahia. Seu objetivo é armazenar sistematicamente informações referentes aos recursos hídricos subterrâneos, para propiciar um controle e planejamento da utilização da água subterrânea de maneira mais eficiente e de forma mais abrangente.

Sua implantação foi feita obedecendo as seguintes etapas:

- 1 — definição dos parâmetros que serão armazenados no sistema;
- 2 — definição dos códigos que irão representar alguns parâmetros;
- 3 — definição dos tipos de fichas e boletins para a entrada de dados;
- 4 — estabelecimento do conjunto ou conjuntos de informações que serão dados pelo sistema;



- 5 — redação ou obtenção dos programas de operação;
- 6 — indicação da sistemática do pessoal que irá controlar o sistema.

### Conceito Geral do Sistema

O sistema aqui descrito é o mesmo utilizado pelo DAEE-SP. É composto por um conjunto de dados de poços tubulares armazenados em disco, e com uma estrutura computacional que permite um processo eficiente de controle de operações em disco, possibilitando a recuperação das informações de acordo com as necessidades do usuário. O SIDAS é constituído por variáveis definidas por identificadores, descrições literais, números inteiros ou reais e códigos. Esses dados são introduzidos no computador e podem ser recuperados nas formas mais variadas possíveis agrupados, selecionados, ordenados, etc. Assim sendo, informações que anteriormente eram obtidas após dias e dias de trabalho, com a utilização do sistema, o serão apenas em questão de minutos, por um processo dos mais seguros e eficientes.

O sistema foi desenvolvido de maneira modular. Cada módulo foi projetado para realizar uma determinada tarefa de maneira completamente independente, de modo que a adição de novos módulos não afete significativamente os já implantados.

Os programas foram codificados em FORTRAN IV, por ser esta a linguagem mais familiar a engenheiros e geólogos, porém, algumas subrotinas foram desenvolvidas em ASSEMBLER para tornar o sistema mais eficiente em determinadas operações.

Para se armazenar um poço no sistema, usa-se uma chave que será o identificador do mesmo. Assim sendo, cada poço possui a sua chave que deve ter sido previamente definida para o sistema.

Os dados a serem armazenados no sistema entrarão através de nomes definidos previamente. Esses nomes são chamados PARÂMETROS. Assim sendo, todos os parâmetros devem ser definidos numa primeira etapa para que, na fase de armazenamento dos poços, seus dados sejam reconhecidos. (Por exemplo, para os dados de ano de perfuração dos poços, foi definido previamente o parâmetro ANPE sob cujo nome os dados serão armazenados).

Uma outra exigência do sistema para o armazenamento dos poços é que sejam definidos formulários de entrada contendo os parâmetros definidos pelo usuário. Estes serão os formatos de entrada para os dados.

O sistema, tal como foi estruturado, aceita o cadastramento de, no máximo 10.000 poços, podendo, entretanto, ser ampliado.

Os módulos que compõem o sistema são: um módulo de controle, 06 (seis) módulos de trabalho (módulo de definição de parâmetros, módulo de definição de códigos, módulo de definição de formulários, módulo de controle de dados constantes, módulo de recuperação e módulo de ordenação) e um conjunto de programas de controle de arquivos.

A fig. 3 apresenta o fluxograma geral do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

### Tipos de Dados

Os dados no campo de águas subterrâneas podem ser de dois tipos: constantes e dinâmicos. Entende-se por dados dinâmicos aqueles que têm o tempo como parte da informação como, por exemplo, as observações diárias dos níveis piezométricos. Estes dados não constam do SIDAS na atual versão. Os dados constantes são aqueles que independem do tempo e podem ser classificados em três categorias:

1 — Dados de identificação (ID) — são aqueles que identificam o poço e têm como característica fundamental o fato de que dois poços distintos não podem ter um mesmo valor para um dado de identificação.

2 — Dados regulares (RG) — contêm o valor para uma determinada característica do poço.

3 — Dados repetitivos (RP) — são aqueles que podem assumir mais de um valor para um mesmo poço.

Para integrar o sistema foram definidos sessenta e cinco parâmetros que são apresentados na tabela 1. Esses dados são introduzidos no sistema de acordo com o fluxograma da figura 4, através dos formulários definidos, utilizando-se a representação de número real, inteiro, códigos, descrições e identificações.

### Serviços Oferecidos

O sistema aceita seis tipos diferentes de operações com dados constantes:

- 1 — entrada
- 2 — atualização
- 3 — eliminação
- 4 — recuperação
- 5 — ordenação ou classificação
- 6 — saída.

A operação de recuperação tem como função única recuperar poços cadastrados no sistema, obedecendo as condições lógicas exigidas pelo usuário. Essas condições podem ser quaisquer expressões lógicas, ou seja: igual, maior, menor, diferente, "e" e "ou", que podem ser combinadas numa mesma solicitação da maneira e quantidade desejada.

Como exemplo de recuperações, pode-se citar:

- 1) Recupere os poços cuja bacia hidrográfica seja 12 (expressão: IGUAL).
- 2) Recupere os poços cujo ano de perfuração seja maior que 1972 (expressão: MAIOR).
- 3) Recupere os poços cuja finalidade da perfuração seja diferente de abastecimento de água (expressão: DIFERENTE).
- 4) Recupere os poços cuja região administrativa seja 3 (expressão: IGUAL) e (expressão: E) o

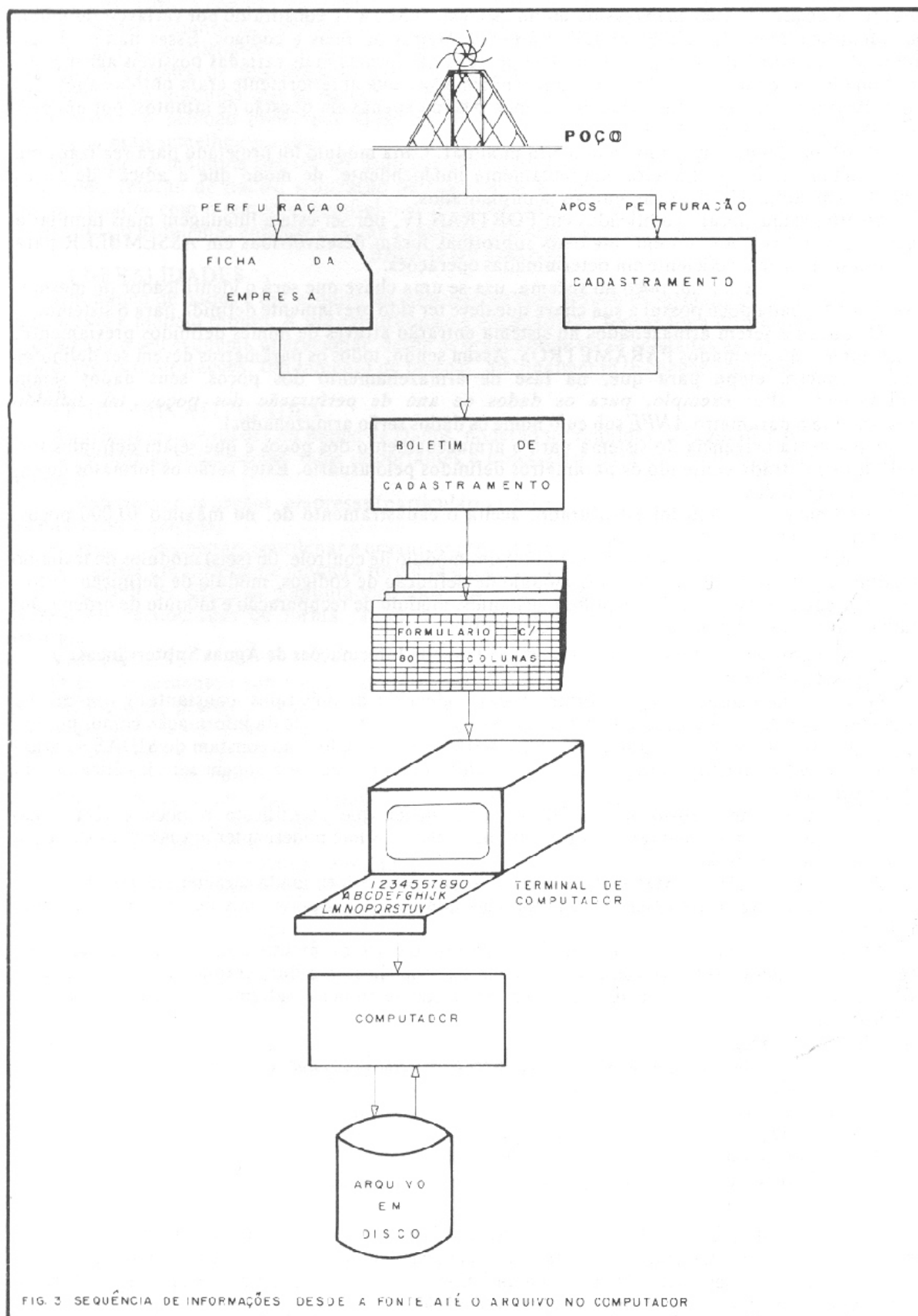


FIG. 3 SEQUÊNCIA DE INFORMAÇÕES DESDE A FONTE ATÉ O ARQUIVO NO COMPUTADOR

ano de perfuração seja igual a 1972 (expressão: IGUAL) ou (expressão: OU) igual a 1975 (expressão: IGUAL)

Neste caso serão recuperados os poços da região administrativa 3 e que tenham sido perfurados em 1972 ou 1975.

A operação de ordenação ou classificação tem como função única ordenar ou classificar poços

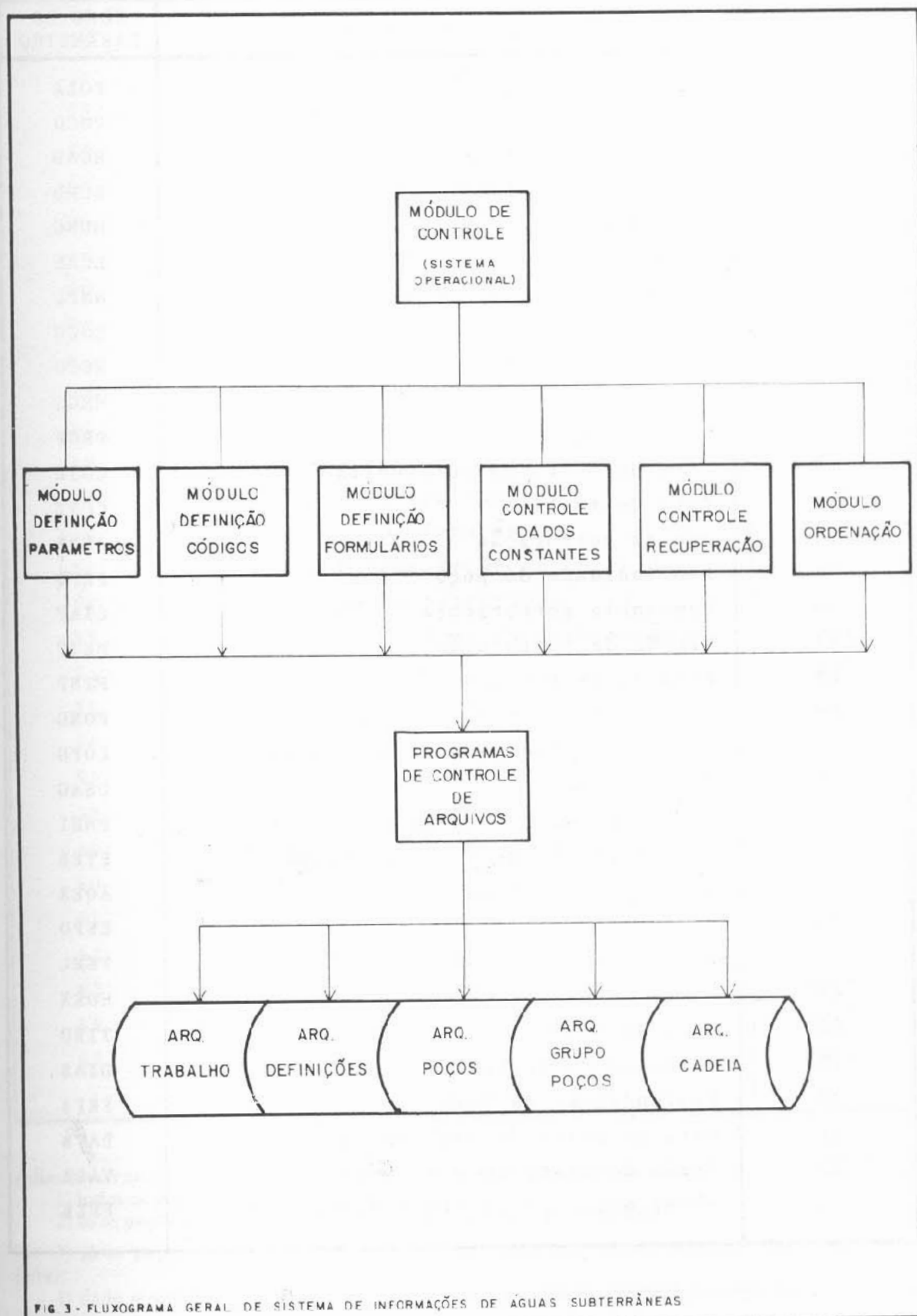


FIG 3 - FLUXOGRAMA GERAL DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

TABELA 1 - PARÂMETROS DEFINIDOS NO SISTEMA

NÚMERO DO PARÂMETRO	DESCRIÇÃO DO PARÂMETRO	NOME DO PARÂMETRO
01	Número da folha	FOLA
02	Número do poço	POCO
03	Região administrativa	RGAD
04	Bacia hidrográfica	BCHD
05	Município	MUNC
06	Local	LCAL
07	Número de poço no local	NMPL
08	Coordenadas este-oeste	EOCO
09	Coordenadas norte-sul	NSCO
10	Número do poço na Grande Salvador	NMGS
11	Proprietário	PROP
12	Cota do ponto de referência	COTR
13	Cota do terreno	COTZ
14	Ano da perfuração	ANPE
15	Profundidade do poço	PRPO
16	Companhia perfuradora	CIAP
17	Método de perfuração	METP
18	Fins da perfuração	FINP
19	Origem da descrição geológica	FONG
20	Confiabilidade da inf. geológica	COFG
21	Uso da água	USAG
22	Possibilidade de medição de nível	PMNI
23	Possibilidade de teste bombeamento	PTEB
24	Aquífero explorado	AQEX
25	Estado do poço	ESPO
26	Perfilagem elétrica	PEEL
27	Horas de exploração	HOEX
28	Tipo de bomba	TIBO
29	Diâmetro da bomba	DIAB
30	Profundidade da bomba	PRFB
31	Data do teste de bombeamento	DATB
32	Vazão do teste de bombeamento	VAZB
33	Nível estático do teste bombeamento	PNEB



NÚMERO DO PARÂMETRO	DESCRIÇÃO DO PARÂMETRO	NOME DO PARÂMETRO
34	Nível dinâmico do teste bombeamento	PNDB
35	Vazão de exploração	VZEX
36	Nível dinâmico na exploração	NDEX
37	Data do cadastramento do poço	DATC
38	Vazão no test.bomb. na ocasião do cadastram.	VAZC
39	Nível estático teste bomb. no cadastram.	PNEC
40	Nível dinâmico teste bomb. no cadastram.	PNDC
41	Ph da água	PHAG
42	Salinidade total	SATL
43	Formação geológica	FGEO
44	Profundidade da formação geológica	PFOG
45	Espessura da formação geológica	ESOG
46	Profundidade do topo da formação	TPGL
47	Cota do topo da formação	PAGL
48	Diâmetro da perfuração	DMPF
49	Profundidade da perfuração	PRPF
50	Espessura da perfuração	ESPF
51	Diâmetro da perfuração em polegadas	DMDL
52	Cota do topo da perfuração	PADL
53	Profundidade do topo da perfuração	TPDL
54	Tipo de revestimento	REVE
55	Diâmetro do filtro em polegadas	DMFT
56	Profundidade do filtro	PRFL
57	Diâmetro do filtro	DMFL
58	Espessura do filtro	ESFL
59	Cota do topo do filtro	PAFT
60	Profundidade do topo do filtro	TPFT
61	Litologia	FEST
62	Profundidade da litologia	PROE
63	Espessura da litologia	ESFE
64	Profundidade do topo da litologia	TPES
65	Cota do topo da litologia	PAES

cadastrados no sistema. A ordenação ou classificação pode ser pedida para:

- 1) todos os poços armazenados no sistema;
- 2) só os poços recuperados anteriormente (última recuperação feita);
- 3) só os poços ordenados ou classificados anteriormente (última ordenação ou classificação feita);
- 4) dado o nome de um parâmetro regular, todos os poços que tenham valor definido para o mesmo.

A ordenação ou classificação é feita através de níveis sendo que o sistema aceita no máximo cinco níveis. Para cada nível deve-se fornecer o nome do parâmetro (regular) e o tipo de ordenação ou classificação desejada.

Os tipos de ordenação que o usuário pode solicitar são:

— em ordem crescente — os poços serão ordenados em ordem crescente do parâmetro solicitado;

— em ordem decrescente — os poços serão ordenados em ordem decrescente do parâmetro solicitado.

Os tipos de classificação que o usuário pode solicitar são:

— por grupos — só os parâmetros representados por códigos. Em cada nível de classificação pode-se formar até dez grupos de códigos.

— por intervalos constantes — neste caso o usuário deverá fornecer os valores limites para a classificação (inferior e superior) e o passo do intervalo.

— por intervalos variáveis — neste caso o usuário deverá fornecer o limite mínimo para a classificação (o limite máximo não é obrigatório), o número de intervalos e o limite máximo de cada intervalo.

Como exemplos de serviços a serem prestados pelos SIDAS, pode-se citar:

1) Recuperação contendo sistema de identificação, estado do poço, aquífero explorado, vazão de cadastramento, vazão de bombeamento, horas de exploração e município.

— Saída: listagem ordenada por aquífero explorado e por estado do poço.

— Objetivo: cálculo dos volumes explorados por aquífero e por município.

2) Recuperação contendo região administrativa, uso da água, vazão de cadastramento, vazão de bombeamento e horas de exploração.

— Saída: ordenação por região e uso.

— Objetivo: cálculo dos volumes explorados segundo o uso da água.

3) Recuperação contendo região administrativa, sistema de identificação, aquífero explorado e tipo de bomba.

— Saída: ordenação nos 2 níveis: aquífero explorado, tipo de bomba, e resumo da ordenação.

4) Recuperação contendo região administrativa e ano de perfuração.

— Saída: ordenação crescente ano a ano e resultado da ordenação.

— Objetivo: evolução anual das perfurações.

5) Recuperação contendo sistema de identificação, região administrativa, folha, município, coordenadas este-oeste, coordenadas norte-sul, cota do terreno, ano de perfuração, profundidade, uso da água, aquífero explorado, estado do poço, vazão de bombeamento, vazão de cadastramento e tipo de bomba.

— Saída: listagem com os parâmetros nesta sequência, ordenados por folha e por município.

— Objetivo: dados preliminares para inspeção ou estudo localizado.

6) Recuperação com região administrativa, folha, coordenadas este-oeste, coordenadas norte-sul, perfil geológico, origem da descrição geológica.

— Saída: listagem

— Objetivo: estudo geológico.

#### Alimentação do SIDAS

O sistema de Informações de Águas Subterrâneas está alimentando atualmente pelos poços perfurados pela CERB e por outras empresas, que se encontravam disponíveis nos arquivos. Tão logo seja concluída essa fase de alimentação, será dada sequência ao processo, ocasião em que se buscará as informações junto às empresas de perfuração que atuam no Estado. Deve-se entender, porém, que o SIDAS é um elemento dinâmico e que como tal deverá ser sempre alimentado com os poços que forem perfurados. Para tanto é imprescindível o apoio das companhias perfuradoras no sentido de enviarem à Companhia de Engenharia Rural da Bahia a ficha de poço contendo as informações necessárias.

O SIDAS não constitui um patrimônio da CERB mas sim, de todo Estado da Bahia e, em especial, daqueles que atuam no campo das águas subterrâneas. Por isso deve ser do interesse de toda comunidade científica a preservação da memória hidrogeológica do Estado, o que só será possível se houver um fluxo de informações contínuo. Para tanto, essas informações seriam fornecidas através do preenchimento da ficha pelas companhias perfuradoras e remetidas a CERB.

#### Utilização do SIDAS

O SIDAS não é um sistema fechado. Ele é um bem do Estado tendo a CERB como gestora. Desta forma ele está aberto a todas pessoas físicas e jurídicas que necessitam de alguma informação de águas subterrâneas. O atendimento à solicitação do usuário, assim chamado a pessoa física ou órgão que usa o sistema, será tanto mais rápido quanto mais completa for essa solicitação.

Existem alguns elementos que são imprescindíveis no pedido, tais como:

— dados de seleção — são os dados utilizados para recuperar os poços. Aqui o usuário deverá informar quais os parâmetros que lhe interessa.

— critérios de seleção — são as expressões utilizadas na recuperação (DIFERENTE, IGUAL,

MAIOR, MENOR, E e OU). Neste item o usuário deverá informar qual o critério de seleção que ele deseja.

— parâmetros que devem ser listados no resultado obtido — são os parâmetros não utilizados na recuperação e que interessa ao usuário. Aqui ele informará quais os parâmetros além dos utilizados na seleção, que ele deseja ver no resultado final.

Para facilitar a compreensão da forma de utilização do SIDAS, dá-se a seguir, um exemplo de como proceder uma solicitação ao banco de dados:

“Deseja-se recuperar os poços existentes no município de Lauro de Freitas e que têm profundidade maior que 40,00 metros. No relatório final deverá constar o ano de perfuração e a companhia perfuradora e os poços devem vir ordenados em ordem crescente de profundidade”.

#### AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao geólogo Fernando Viana, pela colaboração prestada na redação deste trabalho.

#### BIBLIOGRAFIA

CHAVES, H. A. F. Matemática aplicada à geologia, *Boletim Técnico da Petrobrás*. Rio de Janeiro, 16 (1/2): 3 — 15, jan/jun. 1973

DILLON, E. L. Electronic Storage, retrieval and processing of well data. *American Association of Petroleum Geologists*. Tulsa, 48 (11): 1828-36, 1964.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas; manual do sistema, s. n. t. 100 fls. Xerografadas. ilustr.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas; manual de operação. s. n. t. 39 fls. Xerografadas. ilustr.