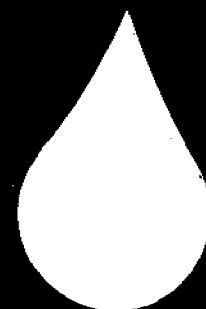


# مسودة



CENTRO DE  
FORMAÇÃO PROFISSIONAL  
D.N.A.

ALGUMAS PALAVRAS  
PARA O TRABALHO DE  
CRIAÇÃO DE

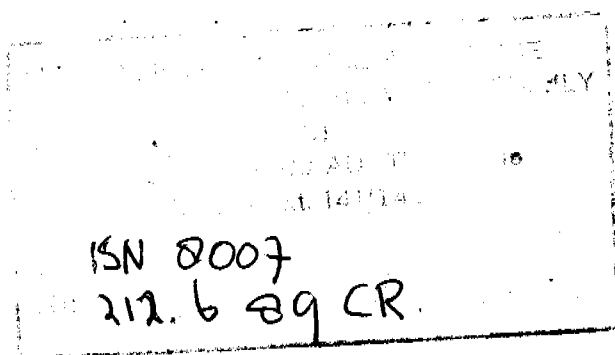
212-6-89 CR-8007



REPUBLICA POPULAR DE MOCAMBIQUE  
MINISTERIO DE CONSTRUÇÃO E AGUA  
DIRECCÃO NACIONAL DE AGUAS

Relatório 27/989

CRITERIOS PARA A CONSTRUÇÃO DE FUROS



por :

DNA

DRH

Secção de Geohidrologia

SdG 89.21

NOVEMBRO 1989

**CONTEUDO**

1.	INTRODUÇÃO . . . . .	1
2.	PROCEDIMENTO . . . . .	2
2.1.	Pedido pelo pretendente . . . . .	3
2.2.	Preparações . . . . .	4
2.3.	Anteprojecto . . . . .	4
2.4.	Autorização final da construção dum furo. . . . .	5
2.5.	Preparações da obra . . . . .	5
3.	LOCALIZAÇÃO DO FURO E SEGURANÇA DE TRABALHO . . . . .	5
3.1.	Localização do furo . . . . .	5
3.2.	Segurança de trabalho . . . . .	5
4.	PERFURAÇÃO . . . . .	7
4.1.	Método de perfuração . . . . .	7
4.2.	Registos e amostragem . . . . .	7
4.3.	Sondagem geoelectrica . . . . .	8
4.4.	Diâmetro da perfuração. . . . .	8
5.	A CONSTRUÇÃO DO FURO . . . . .	9
5.1.	Considerações gerais . . . . .	9
5.2.	A tubagem final . . . . .	10
5.3.	Envoltório de areão do filtro . . . . .	13
5.4.	Protecção sanitária . . . . .	14
5.5.	Aquíferos diferentes . . . . .	14
5.6.	Limpeza e desenvolvimento do furo . . . . .	14
5.7.	Ensaio final de caudal . . . . .	14
5.8.	Amostragem da água . . . . .	15
5.9.	Entrega do furo . . . . .	15
6.	RELATORIO FINAL . . . . .	15
6.1.	Entrega do relatório final . . . . .	15
6.2.	Conteúdo do relatório final . . . . .	15
6.3.	Cópia do relatório final para a DNA . . . . .	16
7.	QUANTIDADE E QUALIDADE DE AGUA DO FURO . . . . .	16
7.1.	Quantidade de água . . . . .	16
7.2.	Qualidade de água . . . . .	16
7.3.	Arbitragem. . . . .	17

**FIGURAS**

1.	Procedimento dum pedido para a execução dum furo para captar água subterrânea . . . . .	2
2.	Espessura de tubagem de PVC em relação a profundidade da sua colocação . . . . .	11

ANEXOS

1. Ficha de inquérito para a execução de perfuração
2. Areas com limitações para o uso de água subterrânea
3. Detalhes da construção do furo
4. Fichas para os dados dum ensaio de caudal em uso na DNA
5. Ficha de perfuração do Banco de Dados Geohidrológicos da DNA
6. Limites toleráveis da água potável (Organização Mundial de Saúde)

## 1. INTRODUÇÃO

1.1. Os critérios para a construção de furos vigoram para qualquer entidade ou Empresa que perfure em Moçambique com o objectivo de captar água subterrânea (entidade de perfuração).

1.2. Os critérios para a construção de furos vigoram para qualquer tipo de uso da água do furo (abastecimento de água à população, abeberamento de gado, rega ou uso industrial).

## 2. PROCEDIMENTO

(Ver também Fig. 1)

### 2.1. Pedido pelo pretendente

O pretendente a um furo pede, por escrito, à entidade competente, a sua perfuração, donde conste informação sobre

- a localização pretendida do furo;
- a identificação do proprietário do furo;
- o objectivo do uso da água;
- o caudal desejado;
- o tipo da bomba desejada; e
- se fôr possível, a existência de outros furos na vizinhança e dados técnicos destes furos.

Um exemplo duma ficha de inquérito encontra-se no Anexo 1.

### 2.2. Preparações

#### 2.2.1. Extracções maiores do que 50 m<sup>3</sup>/h

2.2.1.a. Por uma extracção maior do que 50 m<sup>3</sup>/h, indica-se um furo unico com um caudal maior do que 50 m<sup>3</sup>/h, ou um campo de furos no qual o caudal total é maior do que 50 m<sup>3</sup>/h, e no qual os furos são feitos para um objectivo comum (por exemplo, abastecimento de água a uma cidade ou industria).

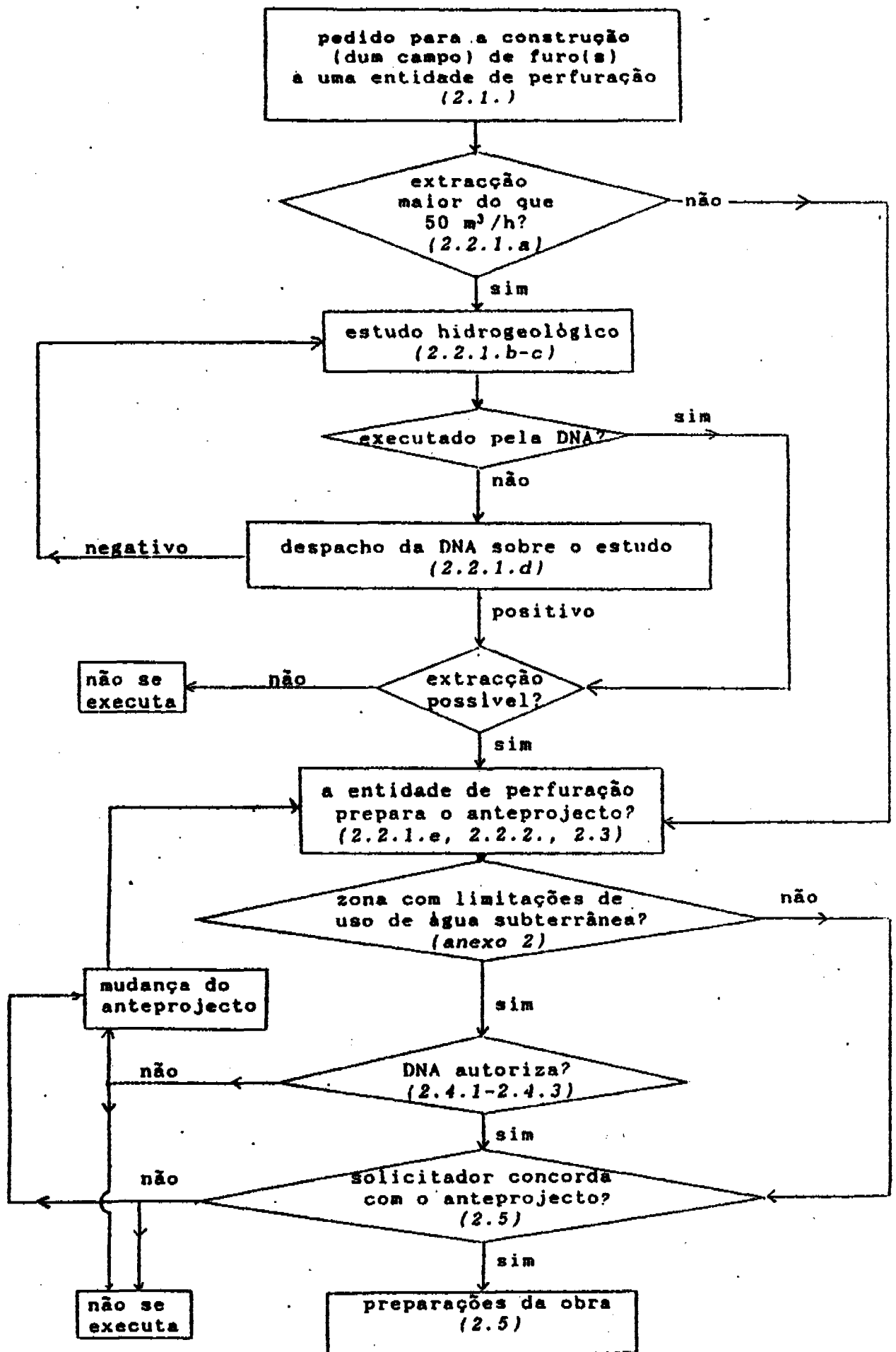


Fig. 1. Procedimento dum pedido para a execução dum furo para captar água subterrânea (com referência aos artigos)

2.2.1.b. Antes da elaboração do anteprojecto, a entidade competente deverá executar um estudo hidrogeológico que será pago pelo solicitador.

2.2.1.c. O estudo hidrogeológico baseia-se na interpretação dos dados existentes da área (entre outros mapas topográficos e geológicos, dados de perfurações e um eventual estudo de campo).

O relatório do estudo deverá conter:

- informação sobre os aquíferos existentes, incluindo informação sobre caudais de furos existentes;
- informação sobre a recarga do aquífero;
- informação sobre o caudal do aquífero explorável com segurança;
- informação sobre a qualidade da água;
- informação sobre a possibilidade de intrusão salina;
- informação sobre os efeitos de bombagens em termos de rebaixamentos e influência à qualidade da água;
- caso se preveja mais furos, informação sobre a distância entre os furos e o caudal de cada furo;
- informação sobre a localização do(s) novo(s) furo(s);
- informação sobre a profundidade do(s) novo(s) furo(s) e a posição do(s) filtro(s).

2.2.1.d. Caso não seja a DNA a executar o estudo hidrogeológico, este será avaliado pela DNA. Esta entidade dará o seu despacho sobre o estudo.

2.2.1.e. Depois de ter recebido o despacho positivo da DNA sobre o estudo hidrogeológico, a entidade de perfuração prepara o anteprojecto (art. 2.3.).

2.2.1.f. Caso o despacho da DNA sobre o estudo hidrogeológico seja negativo, a entidade que executou o estudo pode modificar partes do estudo ou acrescentar novas partes para obter o despacho positivo da DNA.

2.2.2. Extracções menores do que 50 m<sup>3</sup>/h:

Com base na informação do solicitador e informação técnica existente de outros furos, a entidade de perfuração prepara um anteprojecto.

2.3. Anteprojecto

O anteprojecto consiste em três grupos de informação.

2.3.1. O primeiro grupo de informação consiste na informação (hidro)geológica baseada numa análise da informação existente da (hidro)geologia regional. Deverá conter, pelo menos:

- a. a coluna litológica que se espera;
- b. o(s) aquífero(s) existente(s) e o(s) a ser(em) explorado(s);
- c. o caudal e o caudal específico que se espera a respectiva avaliação, em relação ao desejo do uso do solicitador;
- d. a qualidade da água que se espera, nomeadamente uma indicação do conteúdo dos sais totais dissolvidos, ou a condutividade eléctrica, e a respectiva avaliação, em relação ao desejo do uso do solicitador.

2.3.2. O segundo grupo de informação do anteprojecto, deverá conter a técnica e a tecnologia da perfuração e da eventual pesquisa. Deverá conter, pelo menos:

- a. o método de perfuração a ser utilizado;
- b. dados técnicos sobre o furo, tais como a profundidade prevista, o tipo da tubagem e do(s) filtro(s) e o(s) seu(s) diâmetro (s);
- c. a eventual realização prevista duma sondagem geoeléctrica no furo, antes de ser colocado o revestimento.

2.3.3. O terceiro grupo de informação do anteprojecto deverá conter a previsão especificada dos custos.



## 2.4. Autorização final da construção do furo.

### 2.4.1. Furos em áreas com limitações de uso de água subterrânea

2.4.1.a. Caso tratar-se dum pedido dum furo dentro duma zona onde existam limitações de uso de água subterrânea, a entidade de perfuração apresenta o anteprojecto à DNA e pede autorização à DNA para a construção do furo (Ver anexo 2 para as zonas com limitações).

2.4.1.b. A DNA dará resposta dentro de 15 dias depois de ter recebido o pedido.

2.4.1.c. Caso a DNA não responda dentro deste prazo, a resposta será considerada como positiva.

2.4.1.d. Caso a resposta da DNA seja positiva e dada dentro de 15 dias, a entidade de perfuração envia a resposta da DNA e o anteprojecto ao solicitador.

### 2.4.2. Furos em áreas sem limitações de uso de água subterrânea.

2.4.2.a. A entidade de perfuração envia o anteprojecto ao solicitador.

## 2.5. Preparações da obra

Depois de ter recebido todas as autorizações necessárias, e depois de haver acordo entre o solicitador e a entidade de perfuração sobre o anteprojecto, a entidade de perfuração avança com as preparações da obra.

## 3. LOCALIZAÇÃO DO FURO E SEGURANÇA DE TRABALHO

### 3.1. Localização do furo.

A localização do furo será feita conforme os resultados dos dados hidrogeológicos. O sítio definitivo do furo no local pretendido, é determinado por um representante da entidade de perfuração em colaboração com um representante da entidade solicitadora, caso a última deseje estar presente.

3.1.1. Extracções maiores do que 50 m<sup>3</sup>/h

A localização será feita conforme os resultados do estudo hidrogeológico.

Caso a situação local não permita a localização determinada no estudo hidrogeológico, a DNA deve autorizar a nova localização.

3.1.2. Extracções menores do que 50 m<sup>3</sup>/h

O furo é construído:

- minimamente, a 50 m duma latrina, a montante do fluxo da água subterrânea na zona;
- minimamente, a 50 m dum curral, a montante do fluxo da água subterrânea na zona;
- minimamente, a 200 m dum cemitério ou campa, a montante do fluxo da água subterrânea na zona; e
- minimamente, a 50 m dum furo abandonado, não bem tapado.

Caso seja prevista a instalação duma bomba manual para abastecimento de água para uso público, respeitar-se-ão também os seguintes condicionalismos:

- minimamente, a 50 m duma casa;
- minimamente, a 20 m de árvores de grande porte; e
- minimamente, a 20 m de estradas ou de picadas de certa importância, de linhas férreas e pistas de aterragem;
- num lugar que permita o escoamento eficaz da água espalhada.

3.2. Segurança de trabalho

A fim de garantir a segurança de trabalho, de evitar incêndios e de garantir a comportabilidade de montagem do equipamento, respeitar-se-ão as seguintes regras:

- a. manter uma área aberta de 10 x 25 m, como zona de trabalho;
- b. manter uma distância segura até às paredes de prédios (50 m);

- c. manter uma distância segura até às estradas (20 m);
- d. manter um espaço de pelo menos a metade da altura da torre da máquina de perfuração, entre o seu topo e as linhas energéticas;
- e. evitar espalhar combustíveis, e isolar todas as eventuais ligações eléctricas.

#### 4. PERFURAÇÃO

##### 4.1. Método de perfuração

O método de perfuração do furo é determinado pela entidade de perfuração, segundo as condições geológicas e hidrogeológicas da região, tomando em conta as suas possibilidades, e garantindo a qualidade do furo solicitado.

##### 4.2. Registos e amostragem

4.2.1. Durante a perfuração registar-se-ão todas as ocorrências verificadas, tais como:

- a velocidade de perfuração;
- o uso/perda de lama (caso de método rotativo) ou de água (método de percussão); e
- todas as outras particularidades da perfuração.

4.2.2. A descrição das camadas será baseada numa amostragem de, pelo menos, dois em dois metros ou mais, se fôr necessário, para obter uma descrição adequada.

4.2.3. A descrição das camadas deverão conter, pelo menos:

- a textura do material;
- a cor do material;
- a existência de particularidades.

4.2.4. Nas perfurações de pesquisa tem que se prever, sempre que possível, intervalos de extracção de testemunha para estudar a litologia e assegurar a possibilidade de fazer a diagrafia geofísica na perfuração.

#### 4.3. Sondagem geoelectrica

Se estiver presente equipamento geoelectrico na entidade de perfuração, executar-se-á antes de revestir o furo, uma sondagem geoelectrica na perfuração, que abrangerá:

- o potencial espontâneo;
- a resistividade Short Normal (SN); e
- a resistividade Long Normal (LN).

#### 4.4. Diámetro da perfuração

4.4.1. *Caso se preveja a colocação dum envoltório do filtro, o diámetro da perfuração será de:*

- *para furos mais fundos de 50m, ou com caudais maiores do que 3 m<sup>3</sup>/h, no mínimo 152 mm (6"), e no máximo 304 mm (12"), maior do que o da tubagem final previsto;*
- *para furos duma profundidade até 50 m, com um caudal menor do que ou igual a 3 m<sup>3</sup>/h, no mínimo 102 mm (4"), e no máximo 254 mm (10"), maior do que o da tubagem final previsto.*

*Na prática isto significa:*

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Profundidade (m)	Di metro da tubagem		Di metro da perfuração	
		(mm)	(pol)	(mm)	(pol)
< 3	< 50	102	4	203	8
< 3	≥ 50	102	4	252	10
3 - 25	> 0	102	4	252	10
25 - 40	> 0	152	6	304	12
40 - 80	> 0	203	8	353	14
80 -160	> 0	252	10	406	16
>160	> 0	>252	>10	>406	>16

4.4.2. *Caso não se preveja a colocação dum envoltório do filtro, o di metro da perfuração ser o di metro da tubagem final, mais uma distância que ser determinada pela entidade de perfuração, com base na sua experiência, mas não mais do que 102 mm (4") para perfurações rotativas, e 50 mm (2") para perfurações de percussão.*

## 5. A CONSTRUÇÃO DO FURO

### 5.1. Considerações gerais

5.1.1. Existem três métodos de acabamento do furo:

- sem tubagem;
- com tubagem e sem envoltório do filtro; e
- com tubagem e com envoltório do filtro.

5.1.2. Furos sem revestimento não são geralmente recomendados. Só podem ser aplicados em rochas frescas, duras e não friáveis (por exemplo granitos ou basaltos frescos).

5.1.3. Furos com tubagem final e filtros, mas sem envoltório do filtro, são recomendados em formações onde menos de 40-50% do material do aquífero pode passar as ranhuras dos filtros ( $D_{40-50} < a_{fi}$ )<sup>1</sup> (por exemplo areia muito grossa com uma granulometria uniforme, grés pouco cimentado). Recomenda-se em geral a aplicação de filtros prefabricados, como os de PVC ou do tipo Johnson.

5.1.4. Furos com tubagem e com envoltório do filtro, são recomendados quando mais de 40-50% do material do aquífero pode passar as ranhuras dos filtros ( $D_{40-50} < a_{fi}$ ) e em todos os casos em que ( $D_{40} \leq 0,25$  mm) (por exemplo areias finas, grés fino friável), e em todos os casos duvidosos (por exemplo, camadas heterogêneas). Recomenda-se em geral a aplicação de filtros pré-fabricados, como os de PVC ou do tipo Johnson.

5.1.5. Caso o furo seja construído para o abastecimento de água, através dum bomba manual, mas se preveja a instalação dum pequeno sistema num futuro próximo, calcula-se as características do furo como se fosse um furo que deveria dar 15 - 25 m<sup>3</sup>/h, se o aquífero tiver esta capacidade e conforme o uso futuro do furo.

<sup>1</sup>  $D_x$  indica o diâmetro para qual vale que x % da amostra consiste de partículas com um diâmetro menor de  $D_x$ .

$a_{fi}$  = largura das ranhuras do filtro.

5.2. A tubagem final

5.2.1. A tubagem final é constituída por:

- tubagem fechada;
- filtro(s); e
- tubo saco.

5.2.2. O(s) filtro(s) é (são) colocado(s) com base na descrição litológica, na(s) camada(s) mais permeável(eis).

5.2.3. Em baixo do filtro mais profundo, coloca-se o tubo saco, com o comprimento mínimo de 2 metros, sendo fechado no fundo.

5.2.4. Usa-se centralizadores durante a colocação da tubagem final.

5.2.5. O diâmetro do tubo fechado e do filtro, é, no mínimo, 102mm (4"), para caudais até 25 m<sup>3</sup>/h. Para caudais maiores, os diâmetros devem ser, pelo menos:

caudal (m <sup>3</sup> /h)	diâmetro mínimo	
	(mm)	(polegadas)
25 - 40	152	6
40 - 80	203	8
80 - 160	254	10
> 160	> 254	> 10

5.2.6. Tipo de filtro/tubagem

5.2.6.a. Recomenda-se como tipo de tubagem e de filtro, tubos de PVC, com ranhuras pré-fabricadas.

5.2.6.b. O tipo de PVC recomendado é:

- tubos no máximo de 5,80 m de comprimento;
- uniões coladas ou de rosca, até uma profundidade de 100 m, e uniões de rosca para profundidades maiores de 100 m
- espessura de tubagem e pressão permitidas, conforme a exigência pela profundidade de furo e o diâmetro da tubagem (ver Fig. 2 para um exemplo).

5.2.6.c. O diâmetro do filtro, a largura das ranhuras do filtro, o comprimento do filtro de PVC, e a sua área aberta

$\phi_i$  = Diâmetro Interior

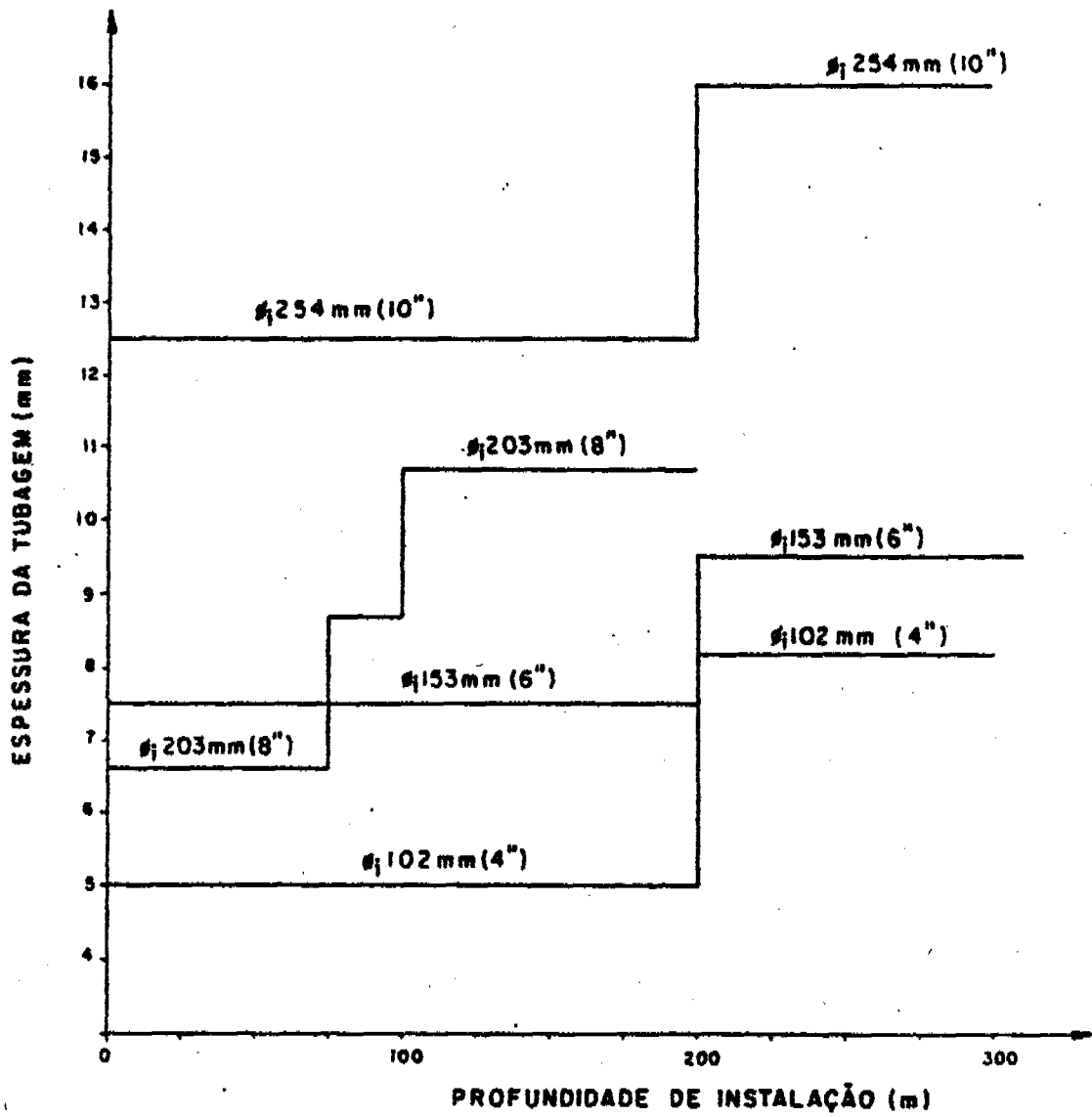


FIG. 2. ESPESSURA DE TUBAGEM DE PVC EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE DA SUA COLOCAÇÃO (Exemplo dum material dum fornecedor)

relativa, dependerão das características do aquífero e do caudal que se deseja extrair. O tamanho das ranhuras é de tal modo que menos de 40-50% do material do aquífero passa o filtro, durante o desenvolvimento do furo, caso não se aplique envoltório. Caso se aplique o envoltório, prefere-se que nenhum material passe o filtro, mas aceita-se a passagem de até no máximo de 10% do envoltório. A largura das ranhuras é, no mínimo, 0,5 mm. No anexo 3, inclui-se cálculos e tabelas que permitem a escolha do próprio filtro, dependendo do caudal do furo e das características do aquífero.

5.2.7. Outro material de filtro/tubagem:

- 5.2.7.a. As aberturas são feitas na maneira determinada pela experiência da entidade da perfuração, para atingir a máxima percentagem possível da área aberta, sem perder a força necessária do material.
- 5.2.7.b. As aberturas do filtro serão cobertas por um envoltório de arame próprio.
- 5.2.7.c. Filtros de tipo Johnson ou outros filtros prefabricados de ferro galvanizado, são recomendados para serem utilizados nos furos de profundidade maior de 120m e em casos em que a espessura do aquífero ou o nível dinâmico não permite o uso do filtro de PVC.
- 5.2.8.a. Numa sequência de camadas com material fino e grosso, de pequena espessura (<5m), os filtros são postos nos sítios de camadas grosseiras e o envoltório é calculado com base nas características das camadas com material fino.
- 5.2.8.b. Em aquíferos com bastante espessura (>5m) com camadas adjacentes compostas por material fino, mantém-se um comprimento de 1 m de tubo fechado dentro da zona aquífera.



5.3. Envoltório de areia do filtro

- 5.3.1. O envoltório do filtro deve servir como uma peneira adicional, que evita a entrada de partículas finas no filtro. Para este efeito, os tamanhos das partículas do envoltório devem ser escolhidos de modo a que, só cerca de 30% do material do aquífero possa passar.
- 5.3.2. A distribuição dos tamanhos das partículas do envoltório é recomendada como segue (ver Anexo 3):
- a. para aquíferos uniformes ( $C_u < 2,5$ )<sup>1)</sup>, ou para aquíferos com  $D_{40} \leq 0,25\text{mm}$ , o  $D_{30}$  do envoltório é 4 até 6 vezes maior do que  $D_{30}$  do aquífero (ver Anexo 3 para alguns exemplos);
  - b. Para aquíferos não-uniformes ( $C_u > 2,5$ ), que incluem camadas finas de silto ou argila, o  $D_{30}$  do envoltório é 6-10 maior do que o  $D_{30}$  do aquífero.
- 5.3.3. O material do envoltório consistirá de partículas limpas, bem arredondadas, de tamanho uniforme ( $C_u < 2,5$ ) e contendo menos do que 5% de material calcário.
- 5.3.4. O envoltório estenderá até pelo menos, cinco metros acima do filtro.
- 5.3.5. O material do envoltório, depois de ser limpo, será colocado na posição do envoltório, preferivelmente através dum tubo tremante, injectando água limpa na tubagem. Mede-se o topo do envoltório regularmente.

---


$$1. \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

5.4. Protecção sanitária

O espaço entre a parede do furo e a tubagem final será enchido com cimento ou argila, até pelo menos 5 m de profundidade a partir da superfície do terreno e não mais do que 10 m.

5.5. Aquíferos diferentes

Caso se perfure aquíferos diferentes, com camadas (semi-)impermeáveis entre si, deve-se isolar os aquíferos usando cimento ou argila.

5.6. Limpeza e desenvolvimento do furo

5.6.1. Antes de descer a coluna definitiva, limpa-se o furo e verifica-se o estado das paredes do furo até ao fundo. Caso de tenha perfurado com uso de lama, lava-se o furo com lama fresca.

5.6.2. O pré-desenvolvimento do furo começa logo após, mas não cedendo 2 horas, a colocação do filtro e o envoltório. Executa-se preferivelmente com ar comprimido. Só quando não estiver disponível um compressor, usa-se uma limpadeira. A duração deste pré-desenvolvimento é de 2-6 horas.

5.6.3. O desenvolvimento do furo executa-se com ar comprimido até a água começar a sair limpa e isenta de areia. A duração mínima do desenvolvimento é de 8 horas.

5.6.4. Caso não se consiga tirar água limpa dentro do prazo de 32 horas, informa-se o cliente.

5.7. Ensaio final de caudal

5.7.1. O ensaio final de caudal do furo será executado pela entidade de perfuração, e começa imediatamente, mas, pelo menos dentro de dois dias, depois de se terminar o desenvolvimento.

5.7.2. Recomenda-se bombar com 3 caudais,  $0.5Q$ ,  $Q$  e  $2Q$ , onde  $Q$  é o caudal recomendado pela entidade de perfuração. Cada bombagem levará pelo menos 8 horas.

- 5.7.3. Durante o ensaio, regista-se o rebaixamento e o caudal conforme as regras normais para ensaios e regista-se os valores em fichas apropriadas (ver Anexo 4 para uns exemplos em uso na DNA).
- 5.7.4. Regista-se a subida do nível da água (recuperação) depois da conclusão da fase de bombagens.
- 5.7.5. Caso a DNA solicite a execução dum ensaio escalonado feito por esta entidade, a entidade de perfuração avisará a DNA uma semana antes de se prever o acabamento do furo.
- 5.7.6. Caso durante o ensaio saia água suja, a entidade de perfuração informe o cliente e discute-se a repetição do desenvolvimento do furo.

5.8. Amostragem da água

A entidade de perfuração tomará uma amostra da água do furo, dentro de um período de 2 dias depois de ter acabado o desenvolvimento de furo. Entrega-la-á dentro de 8 dias a uma entidade competente para executar uma análise completa.

5.9. Entrega do furo

O furo será entregue bem selado, ou de outra maneira concordada entre o solicitador e a entidade de perfuração. A área da perfuração será entregue limpa e sem buracos.

6. RELATORIO FINAL

6.1. Entrega do relatório final

O relatório do furo acompanhado da factura final, será entregue ao solicitador dentro de um prazo de um mês, após o acabamento do furo, ou 2 semanas depois de ter recebido o resultado da análise química.

6.2. Conteúdo do relatório final

O relatório inclui, pelo menos:

- a localização do furo pelo nome do local;

- a descrição litológica;
  - os registos da velocidade da perfuração e do uso da lama ou água;
  - a posição dos tubos e filtros;
  - a posição recomendada da bomba;
  - os resultados dos ensaios de caudal;
  - os resultados da análise química da água do furo;
  - uma recomendação sobre o caudal explorável; e
  - se fosse feita, dados da sondagem geoelectrica.
- Inclui-se no relatório desenhos da localização e da construção, e da litologia do furo.

### 6.3. Cópia do relatório final para a DNA

Uma cópia do relatório final, incluindo uma ficha de perfuração da DNA (ver Anexo 5), devidamente preenchida, será enviada à DNA na mesma altura da entrega do relatório ao cliente, a fim de se completar o Banco de Dados Geohidrológicos da DNA.

## 7. QUANTIDADE E QUALIDADE DE AGUA DO FURO

### 7.1. Quantidade de água

- 7.1.1. O caudal previsto mencionado no anteprojecto, é baseado na interpretação dos dados hidrogeológicos conhecidos e dos caudais dos furos próximos.
- 7.1.2. O caudal real do furo é o caudal medido 4 semanas depois de ter acabado o furo, com uma bomba apropriada ou por injeccção de ar comprimido.
- 7.1.3. Um caudal real maior do que 60% ou mais do caudal previsto, é tolerável.
- 7.1.4. Se a bomba for instalada dentro de 4 semanas depois de ter acabado o furo, o caudal real (art. 7.1.2.) deve manter-se durante 6 meses depois de instalar a bomba.

### 7.2. Qualidade de água

- 7.2.1. As normas da Organização Mundial de Saúde para água destinada ao consumo humano, inclui-se no Anexo 6.

- 7.2.2. A qualidade de água exprime-se, entre outros, em termos de sais totais dissolvidos (STD) ou em Condutividade Eléctrica (CE). Geralmente pode-se aplicar a relação  $STD \text{ (em mg/l)} = 2/3 * CE \text{ (em US/cm)}$ . O valor máximo aceitável de STD ou CE depende do uso da água do furo:
- abastecimento de água à população: STD de 1000 mg/l ou CE de 1500 US/cm;
  - abastecimento de água a actividade pecuária depende do tipo, mas a STD varia entre 4000 e 13000 mg/l e a CE entre 6000 e 19500 US/cm; e
  - rega: depende do tipo das plantas, mas a STD varia entre 1500 e 3000 mg/l e a CE entre 2250 e 4500 US/cm.
- 7.2.3. O valor de STD e/ou CE previsto estará indicado no anteprojecto e é baseado na hidrogeologia conhecida e nos dados dos furos próximos.
- 7.2.4. Para abastecimento de água à população, o cliente pode aceitar previsões maiores do que o limite da STD de 1000 mg/l ou da CE de 1500 US/cm, caso não existam alternativas.
- 7.2.5. Como a qualidade real, é considerado o valor de STD ou CE medida na amostra que se tomou logo depois do ensaio do furo (art. 5.8).
- 7.2.5.a. Uma diferença entre a STD ou a CE real e o previsto até ao máximo de 25% do valor previsto, é tolerável.

### 7.3. Arbitragem

- 7.3.1. Caso não houver concordância entre o cliente e a entidade de perfuração, cada uma das partes interessadas pode solicitar uma arbitragem da DNA.
- 7.3.2. Para obter a arbitragem da DNA, o cliente ou a entidade de perfuração, envia o processo da perfuração preferivelmente já com o comentário da outra parte, para a DNA, com uma solicitação de arbitragem.

Novembro de 1989

Direcção Nacional de Aguas  
 Departamento de Recursos Hídricos  
 Secção de Geohidrologia

**ANEXOS**

ANEXO 1

FICHA DE INQUERITO PARA A EXECUÇÃO DE PERFURAÇÃO

ENTIDADE DE PERFURAÇÃO:

FICHA Nº \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**EXECUÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**  
**FICHA DE INQUÉRITO**

- 1 - NOME COMPLETO \_\_\_\_\_
- 2 - MORADA (BAIRRO, AV. OU RUA) \_\_\_\_\_  
TELEFONE Nº \_\_\_\_\_
- 3 - LOCAL DE TRABALHO \_\_\_\_\_ TELEF. Nº \_\_\_\_\_
- 4 - FINALIDADE DO TRABALHO SOLICITADO (MACHAMBA, QUINTA, FABRICA, ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL, AVIÁRIO, POCILGA, ETC.).  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 - DIMENSÕES \_\_\_\_\_ TIPO DE CULTURAS \_\_\_\_\_
- 6 - QUANTIDADE DE ELEMENTOS DE CONSUMO (PESSOAS, MÁQUINAS, ANIMAIS, ETC)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 - QUANTIDADE PROVÁVEL DE ÁGUA NECESSÁRIA \_\_\_\_\_
- 8 - CASO HAJA ALGUM FURO NAS PROXIMIDADES, INDIQUE \_\_\_\_\_

	O nome do proprietário	Nº. do re latório	Distância entre o furo existente e o pretendido	Ano de execução	Tempo do uso (anos dias)	Antigo proprietário
1º						
2º						
3º						
4º						

LOCALIZAÇÃO (ESBOÇO)



Data de entrada na DNA  
Número do pedido  
Número de banco de dados  
Nome da carta 1:50.000:  
Longitude:

Número da carta 1.50.000:  
Latitude:

PARECER DO DRH

AUTORIZADO POR REUNIR  
TODAS AS CONDIÇÕES LEGAIS

OU  
E DE AUTORIZAR DESDE  
QUÊ SATISFAÇAM AS SEGUIN-  
TES CONDIÇÕES

OU AINDA  
NAO É DE AUTORIZAR POR NAO  
ESTAR NAS CONDIÇÕES LEGAIS  
(PODENDO DIZER QUAL O MO-  
TIVO)

CASO HAJA OBSERVAÇÕES OU  
NAO SEJA AUTORIZADO:  
DESPACHO DO DIRECTOR NACIONAL

Data: Assinatura

Data: Assinatura

Data da saída da DNA:

ANEXO 2

AREAS COM LIMITAÇÕES PARA O USO DE AGUA SUBTERRANEA

## ANEXO 2. AREAS COM LIMITACOES PARA USO DE AGUA SUBTERRANEA

Nas áreas com limitações para uso de água subterrânea, a entidade de perfuração pede autorização à DNA para a construção dum furo (ver artigo 2.4.1.).

As áreas com limitações para uso de água subterrânea são:

1. Nos arredores de Pemba (ver Fig. 1):
  - a área nos arredores do campo de furos no Vale do Rio Metuge (ver Fig. 1a); e
  - a área no Planalto de Cajueiros, nos arredores do campo de furos de Chuiba (ver Fig. 1b).
2. Nos arredores de Tete, o Vale de Nhartanda, onde se encontra o campo de furos que abastece a cidade de Tete (ver Fig. 2).
3. Toda a zona de Maputo Grande (ver Fig. 3). Nesta zona, a DNA define as duas seguintes zonas onde não se autoriza a construção de furos novos:
  - a zona da recarga do campo de furos de Infulene (ver Fig. 4); e
  - a zona da recarga do campo de furos de Maxaquene (ver Fig. 4).
4. A área da recarga do aquífero de grés e calcário, que se encontra na faixa costeira entre Maputo e Manhica. Esta zona é a continuação, para o Norte, da área de Grande Maputo (ver Fig. 3).
5. Os arredores do campo de furos de Umbeluzi, onde a construção de furos novos também é proibida (ver Fig. 3).
6. A zona costeira nos arredores da Maxixe (ver Fig. 5).
7. A zona da captação de água para a cidade de Inhambane (ver Fig. 6).
7. A cidade de Xai Xai e os seus arredores (ver Fig.7).

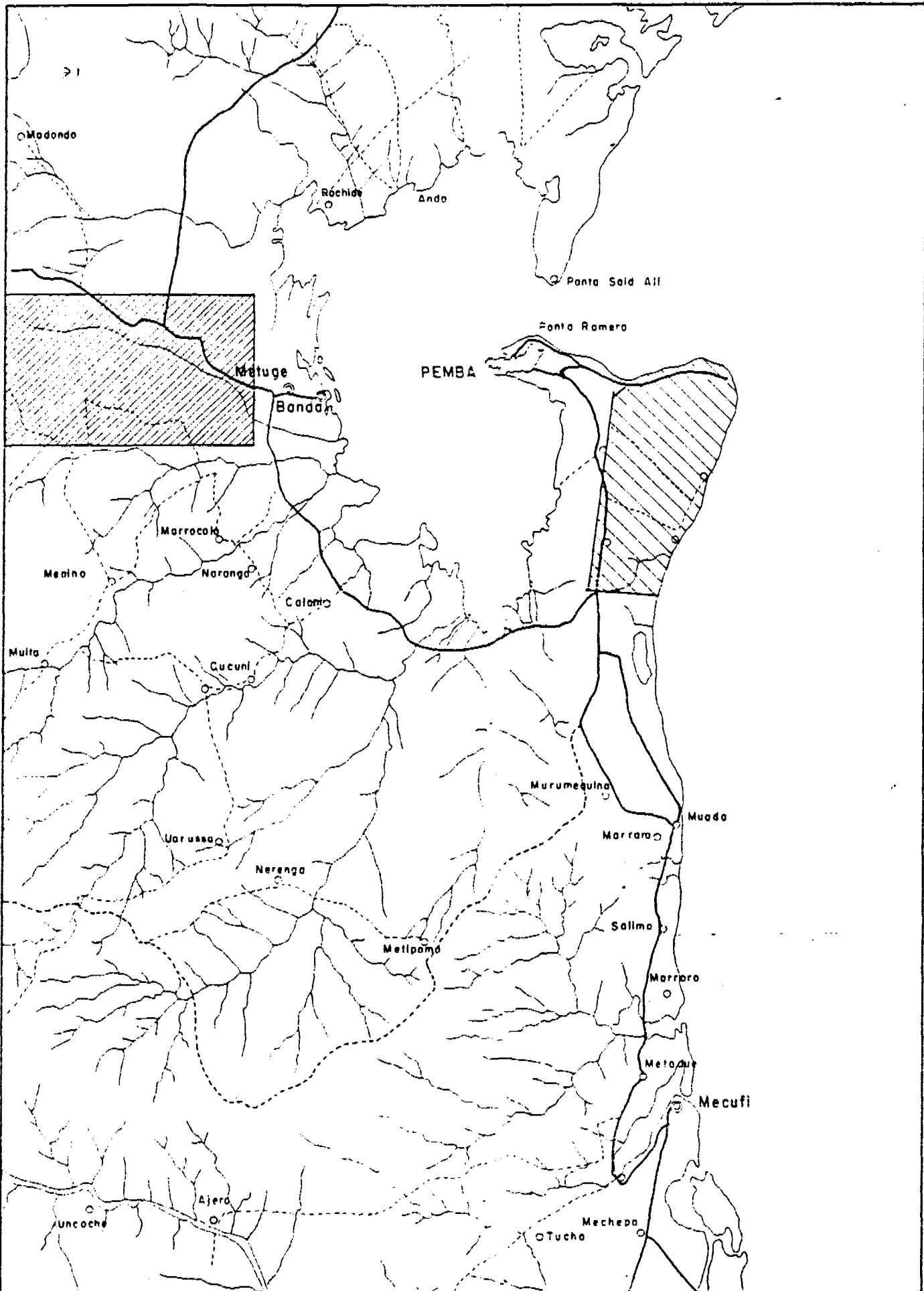


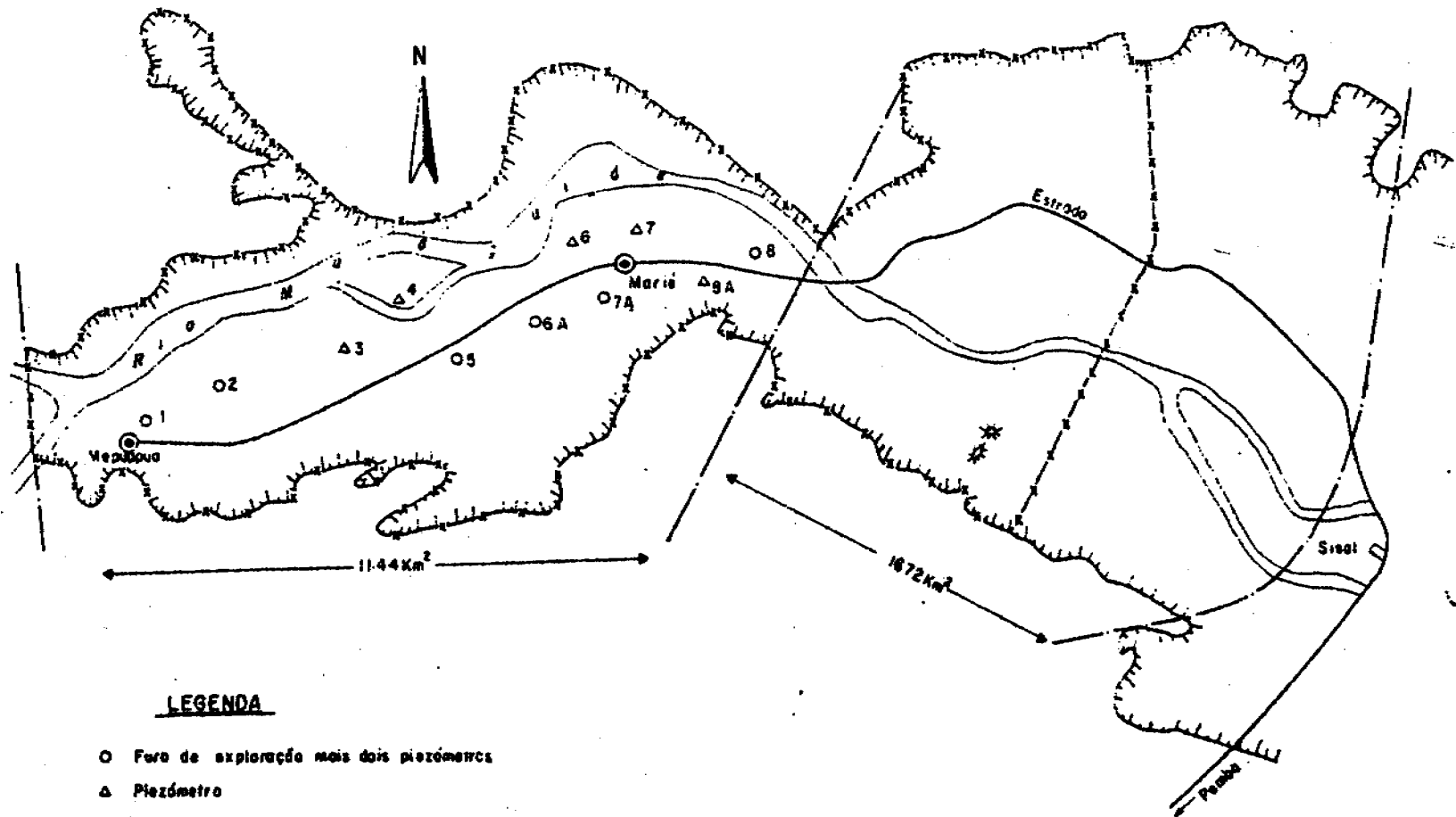


Fig. 1. ÁREAS DE CAMPOS DE FURROS NOS ARREDORES DE PEMBA

-  ÁREA DE METUGE
-  PLANALTO DOS CAJUEIROS



**LEGENDA**

- Foro de exploração mais dois piezómetros
- △ Piezómetro
- Escarpa do terraço superior (limite do aquífero aluvial)
- ⊙ Aldeia comunal
- Área com limitações para o uso de águas subterrâneas

FIG. 1a. ZONA DE PROTECÇÃO NO VALE DE METUGE

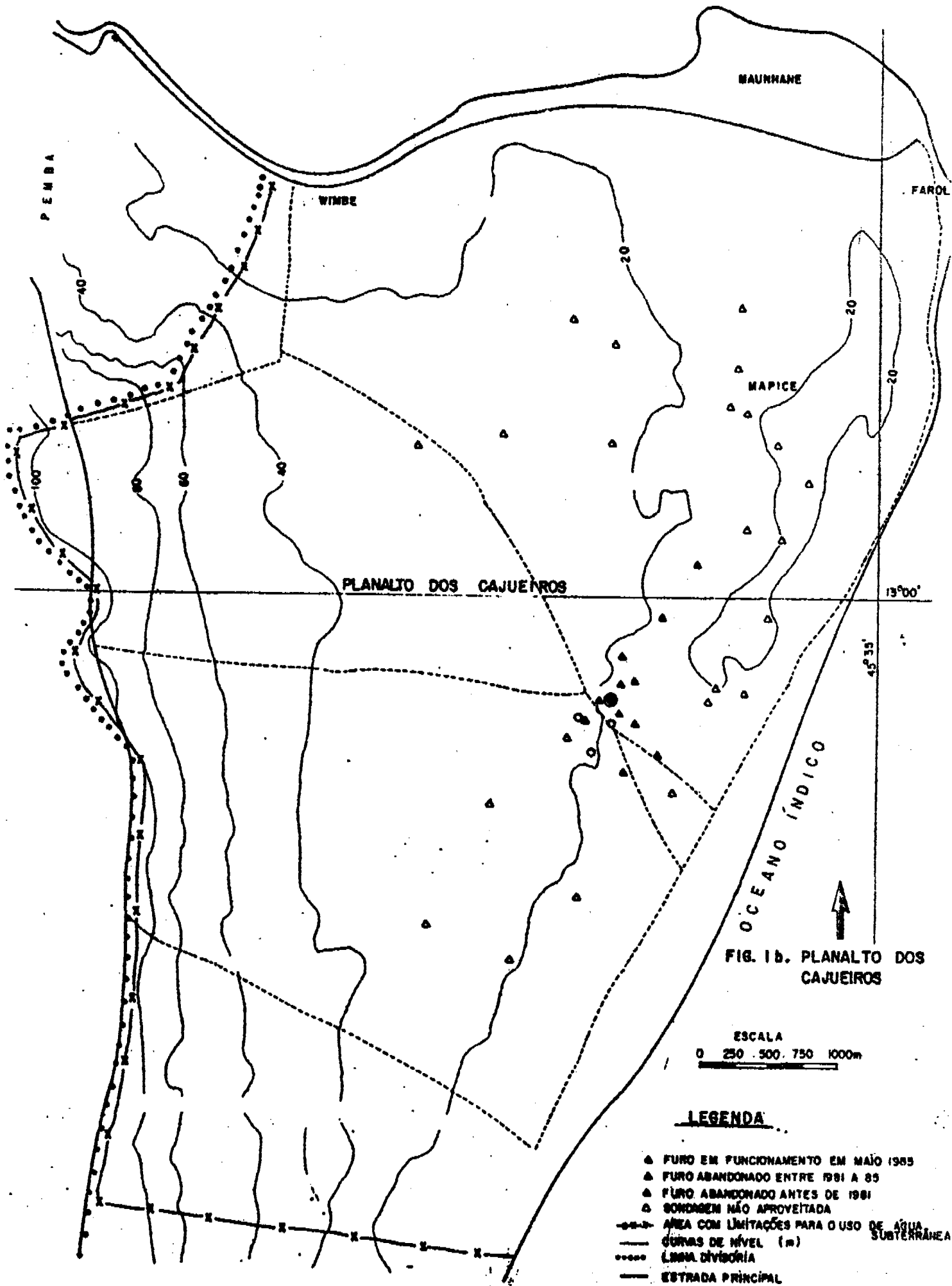


FIG. 1b. PLANALTO DOS CAJUEIROS

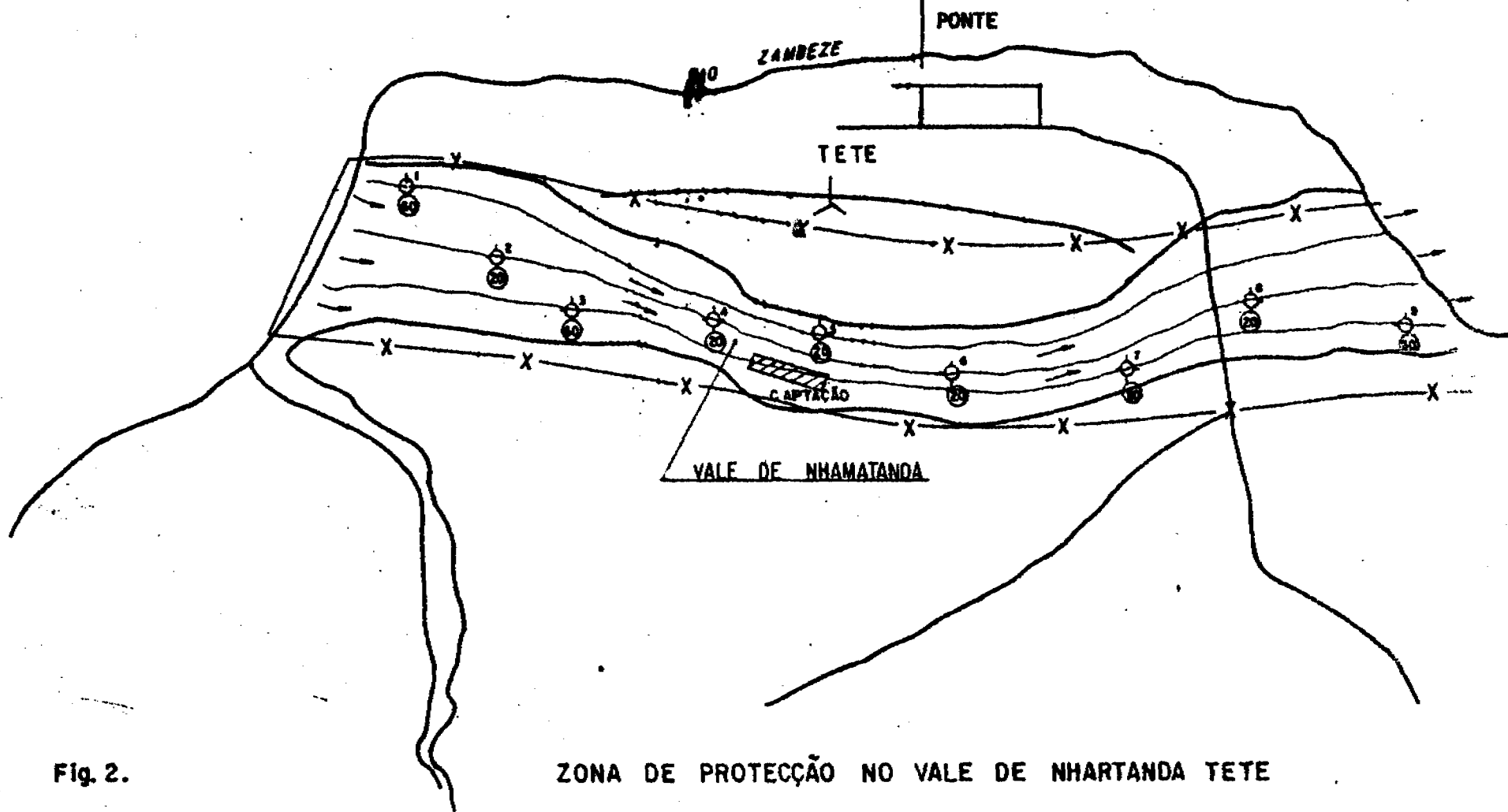


Fig. 2.

ZONA DE PROTECÇÃO NO VALE DE NHARTANDA TETE

ESCALA ORIGINAL FOTOGRAFIA 1/50 000 (1960) AMPLIADO 141X

- ◇ NÚMERO DO PIEZOMÉTRO
- ◇○ PROFUNDIDADE DO FILTRO
- ▭ X ÁREA COM LIMITACOES PARA O USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

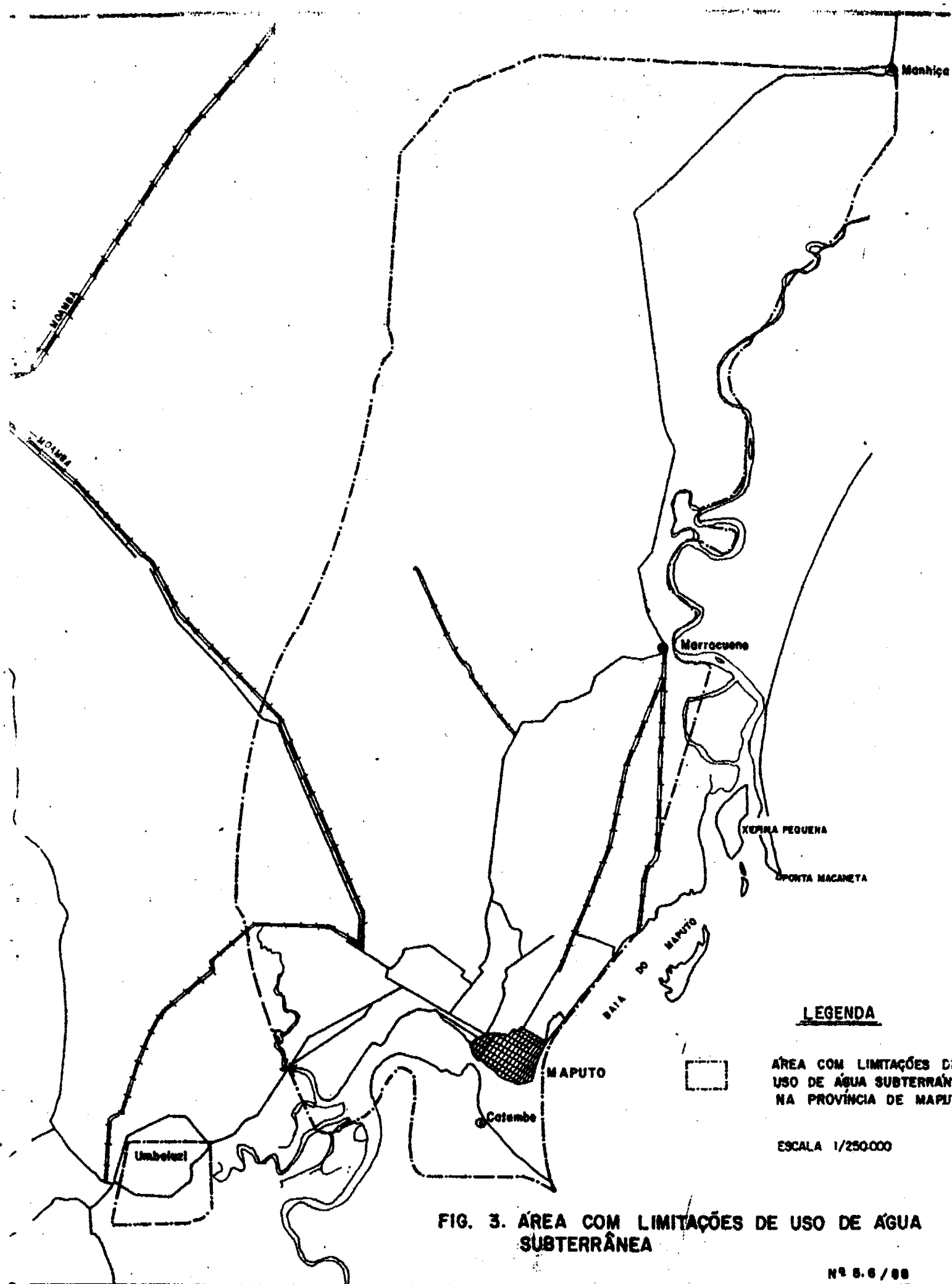
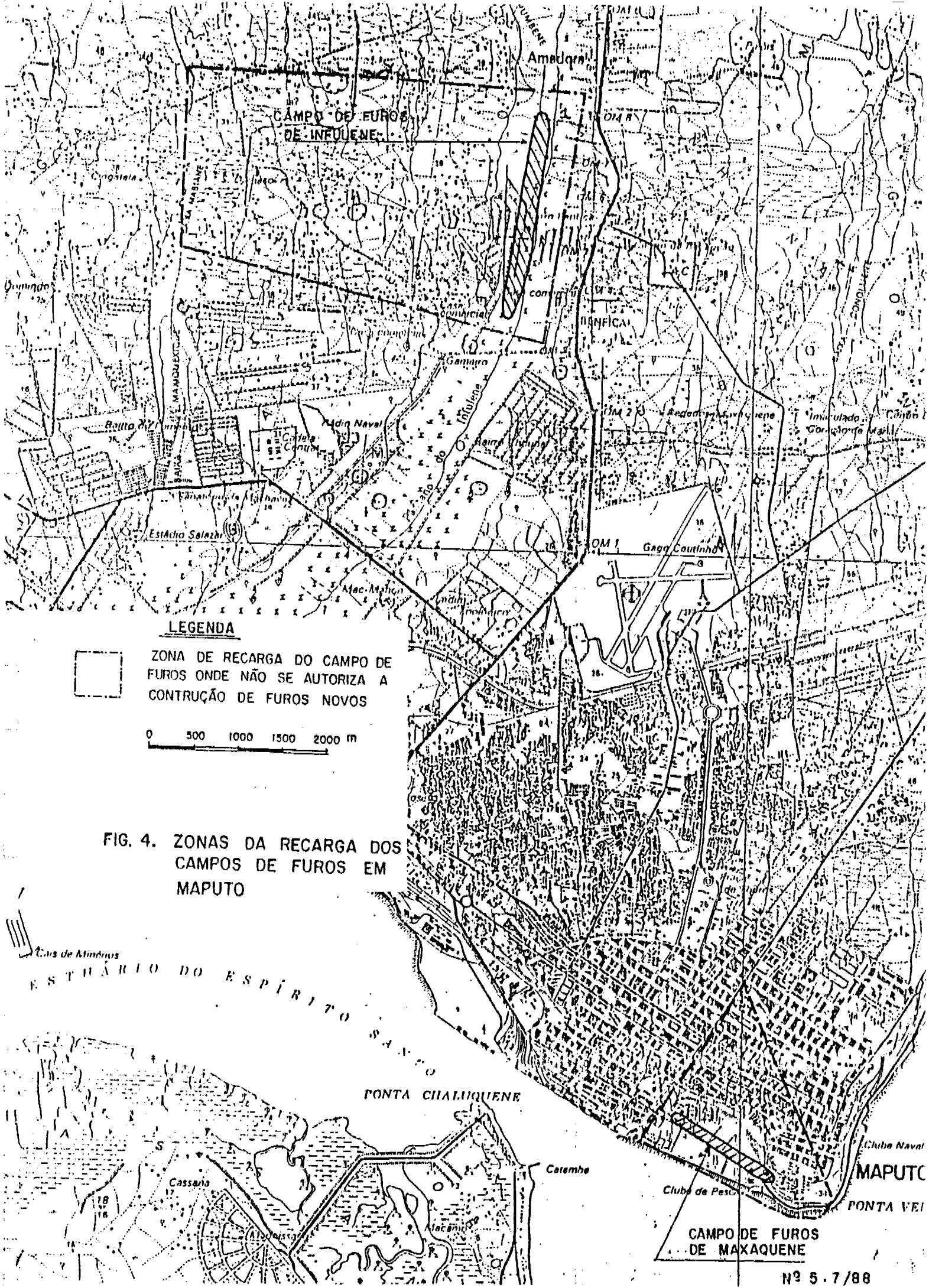


FIG. 3. ÁREA COM LIMITAÇÕES DE USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA





**LEGENDA**

ZONA DE RECARGA DO CAMPO DE FUROS ONDE NÃO SE AUTORIZA A CONTRUÇÃO DE FUROS NOVOS

0 500 1000 1500 2000 m

**FIG. 4. ZONAS DA RECARGA DOS CAMPOS DE FUROS EM MAPUTO**

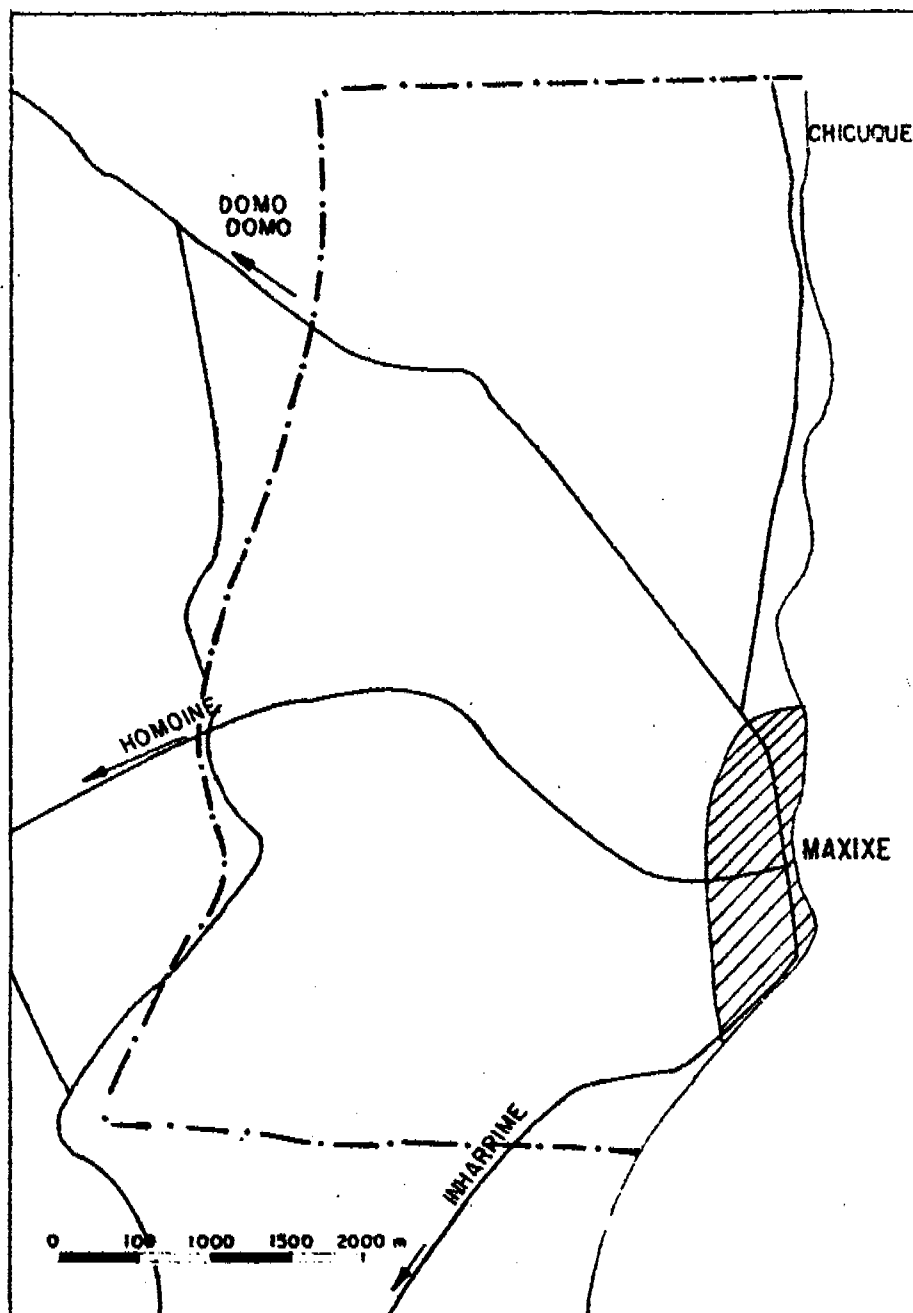


Fig. 5. ÁREA COM LIMITAÇÕES PARA O USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS ARREDORES DE MAXIXE


 ÁREA COM LIMITAÇÕES PARA O USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

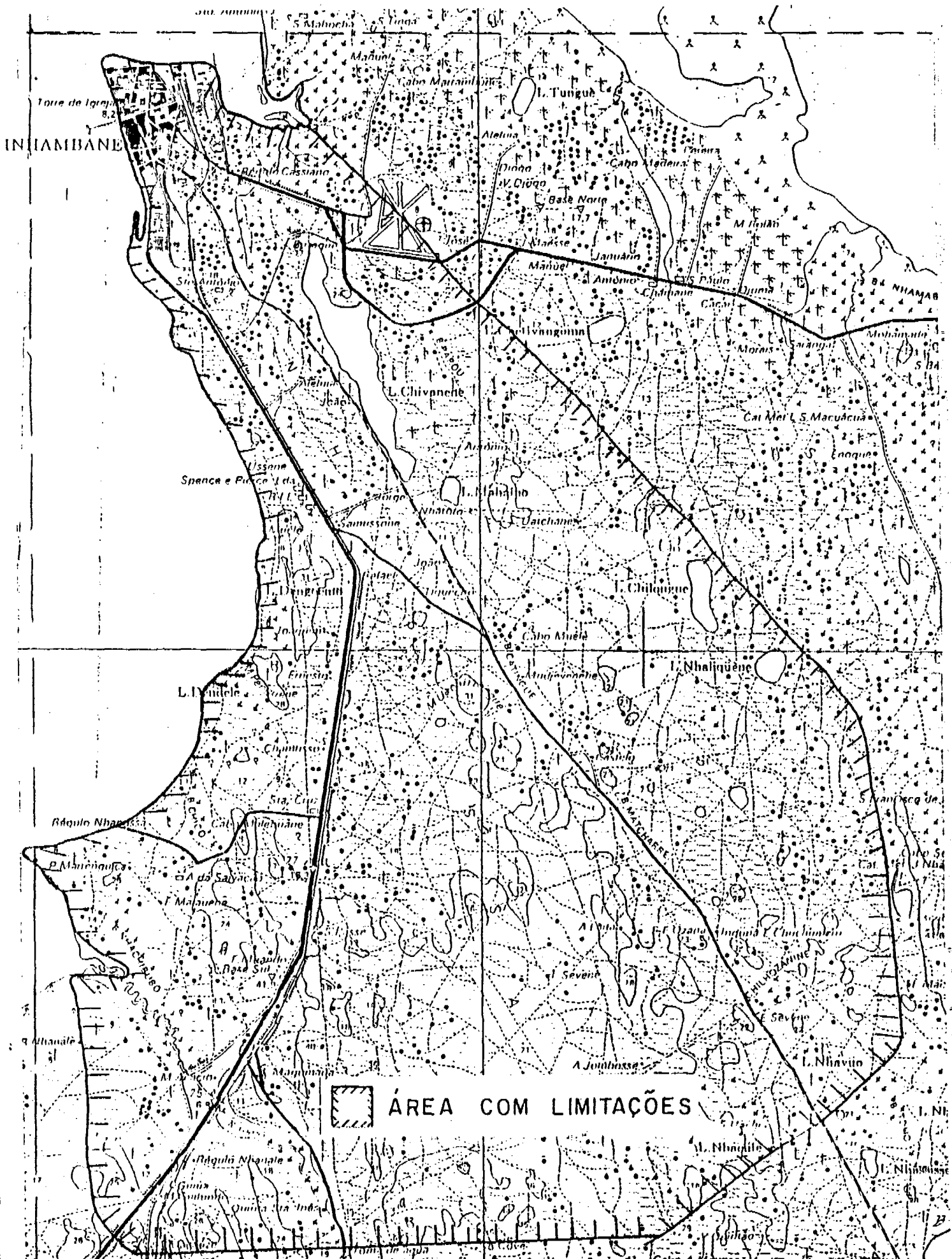


FIG. 6. ÁREA COM LIMITAÇÕES DE USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS ARREDORES DE INHAMBANE

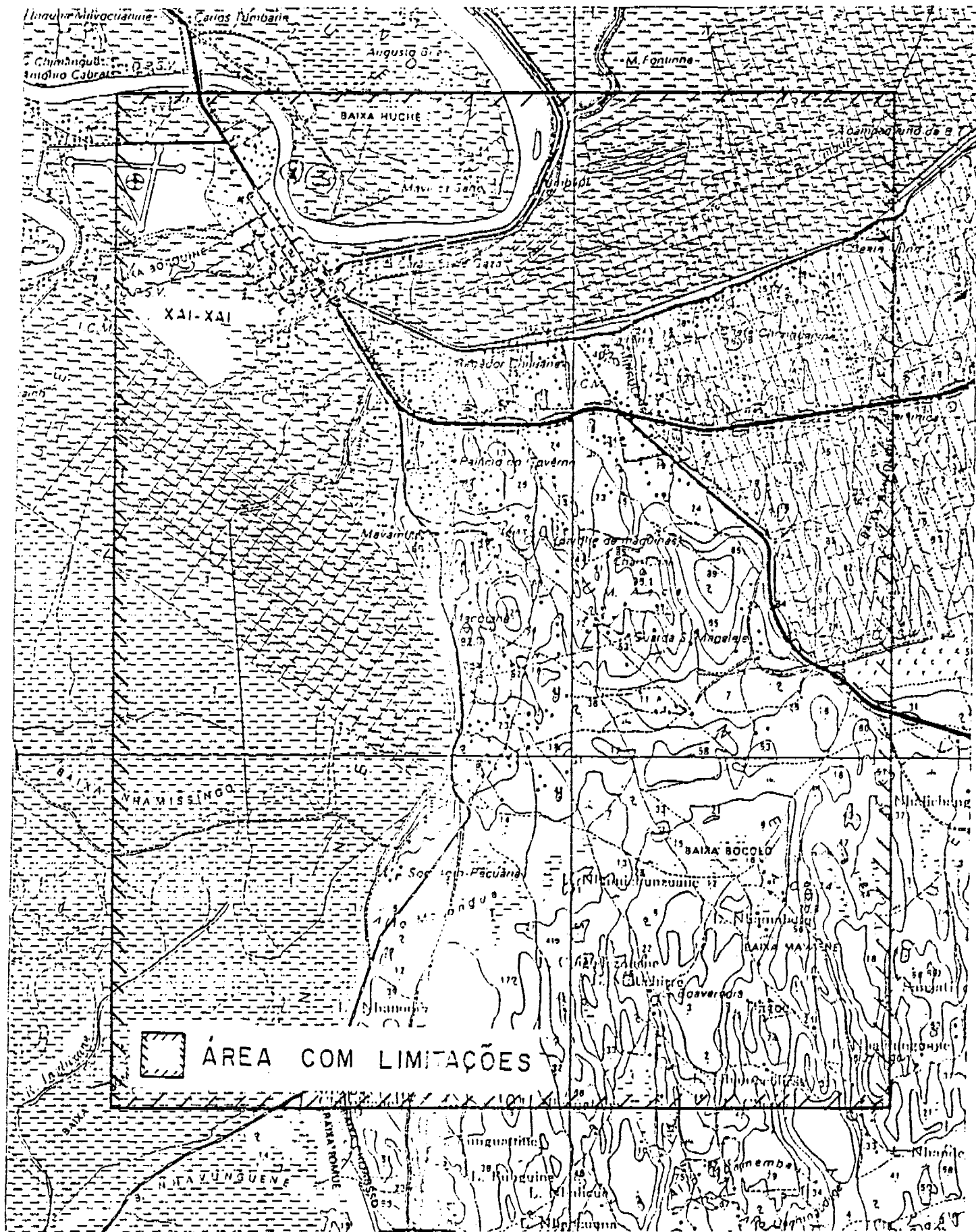


FIG. 7. ÁREA COM LIMITAÇÕES DE USO DE ÁGUA SUBTERRANEA  
NOS ARREDORES DE XAI-XAI

ESC. 0 500 1000

ANEXO 3

DETALHES DA CONSTRUÇÃO DO FURO

## INDICE

	pg
1. Introdução	1
2. Dimensionar o furo	4
2.1. Procedimento	4
2.2. Envolvório do filtro	4
2.3. largura das ranhuras do filtro	7
2.4. Diâmetro do filtro	9
2.5. Comprimento do filtro	10
2.6. Comprimento do envolvório	13
3. Exemplos	14
3.1. Furos para abastecimento de água rural	14
3.1.1. Aquífero de areia fina ou grés ou calcário fino friável ( $Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ )	14
3.1.2. Aquífero de areia fina ou grés ou calcário fino friável ( $Q < 2 \text{ m}^3/\text{h}$ )	16
3.1.3. Aquífero de areia média ou grés ou calcário fino friável ( $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ )	16
3.2. Furos para abastecimento de água urbana	20
Literatura consultada	22

## FIGURAS

1.	Componentes dum furo	2
2.	Determinação do envolvório para um aquífero constituído por areia fina - média	6
3.	Envolvório e largura das ranhuras dos filtros para vários materiais aquíferos	8
4.	Aquífero de areia fina ou grés calcário fino friável	17
5.	Aquífero de areia média ou grés ou calcário médio friável	19
6.	Envolvório para o aquífero de grés (calcário) Norte de Maputo	21

## TABELAS

1.	Características dos furos nos aquíferos não consolidados ou friáveis	11/12
2.	Volume do envolvório necessário em $\text{m}^3$ por metro de altura	13

Legend:

- $S_A = S_1 + S_2$  = rebaixamento no aquífero
- $S_1$  = rebaixamento por causa de fluxo no aquífero
- $S_2$  = rebaixamento por causa de penetração parcial do furo
- $S_f = S_3 + S_4 + S_5 + S_6$  = rebaixamento extra dentro do furo
- $S_3$  = rebaixamento extra na zona danificada
- $S_4$  = rebaixamento extra por causa do fluxo laminar no envoltório
- $S_5$  = rebaixamento extra por causa do fluxo turbulento no envoltório
- $S_6$  = rebaixamento extra no filtro
- $S_t = S_A + S_f$  = rebaixamento total dentro do filtro
- $h_0$  = nível hidroestático relativo à superfície
- $h_1$  = nível dinâmico relativo à superfície
- $d_{fu}$  = diâmetro do furo
- $d_r$  = diâmetro do revestimento
- $r_{fu}$  = raio do furo
- $r_c$  = raio crítico
- $r_f$  = raio do filtro
- $L_f$  = comprimento do filtro
- $L_{env}$  = comprimento do envoltório
- $L_{ts}$  = comprimento do tubo seco
- $Q$  = caudal

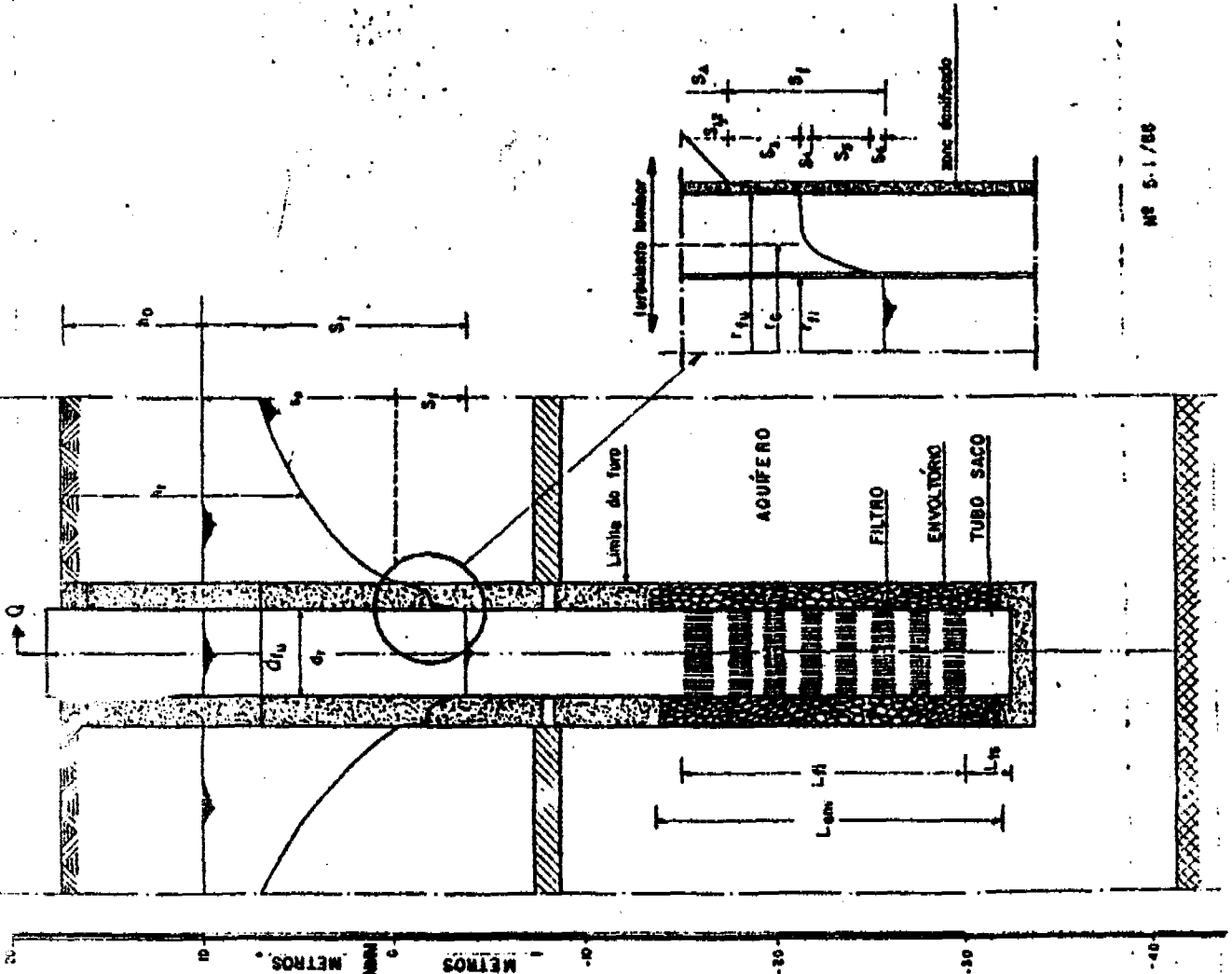


FIG. 1. COMPONENTES COM FURO

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade dum furo define-se - como noutras obras de bombagem - pelo seu rendimento. O rendimento dum furo (R) é representado pela relação entre o rebaixamento no aquífero ao limite do furo ( $s_a$ ) e o rebaixamento dentro da tubagem final ( $s_t$ ) (Ver também Fig. 1).

$$R = \frac{s_a}{s_t} * 100 \% \quad (1)$$

Num furo sem revestimento, este valor teóricamente pode ser 100%, mas nos outros furos, por causa das perdas de carga no filtro e no eventual envoltório, este valor é menos do que 100%. Quanto maior fôr o rendimento, melhor é o furo. Estas perdas de carga notam-se num rebaixamento extra dentro do furo ( $s_f - s_a$ ), além do rebaixamento no aquífero. Um valor baixo do rendimento (< 50%) indica que o rebaixamento extra, dentro da área da perfuração, é alto. Este fenómeno pode ser causado por:

1. Existência de fluxo turbulento no envoltório;
2. Permeabilidades baixas no envoltório.

ad 1. A circunferência da área do fluxo diminui na direcção do filtro. Porque o caudal mantém-se (numa situação estática) a velocidade deve aumentar. Com velocidades baixas o fluxo fica laminar e o rebaixamento aumenta linearmente com a velocidade:

$$s_f = B * v \quad (2)$$

onde:  $s_f$  = rebaixamento dentro do furo (m)

B = coeficiente das perdas laminares (d)

v = velocidade (m/d)

Com velocidades altas, o fluxo torna-se turbulento. Isto resulta num componente adicional do rebaixamento que se relaciona à velocidade por um expoente maior do que 2:



$$s_f = B * v + C * v^n \quad (3)$$

onde C = coeficiente das perdas turbulentos (dn/m)  
n = constante

Na construção dum furo tenta-se evitar o fluxo turbulento porque o mesmo provoca grandes rebaixamentos ou perdas.

O parâmetro que determina a alteração do fluxo laminar em fluxo turbulento, chama-se o raio crítico ( $r_c$ ), que é dado por:

$$r_c = 1,28 * \frac{Q}{L_f} * \frac{DE_{50}}{n} \quad (4)$$

em que:  $r_c$  = raio crítico (mm)  
Q = caudal (m<sup>3</sup>/h)  
 $L_f$  = comprimento do filtro (m)

$DE_{50}$  = 50% diâmetro do material do envoltório<sup>1</sup>  
(ou do aquífero) (mm)  
n = porosidade do envoltório (-)

Exemplo 1:  $DE_{50} = 4$  mm

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_f = 10 \text{ m}$$

$$n = 0,25$$

$$r_c = 1,28 * \frac{20}{10} * \frac{4}{0,25} = 41 \text{ mm}$$

Exemplo 2:  $DE_{50} = 4$  mm

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_f = 5 \text{ m}$$

$$n = 0,25$$

$$r_c = 1,28 * \frac{20}{5} * \frac{4}{0,25} = 82 \text{ mm}$$

Exemplo 3:  $DE_{50} = 0,4$  mm

$$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_f = 5 \text{ m}$$

$$n = 0,25$$

$$r_c = 1,28 * \frac{20}{5} * \frac{0,4}{0,25} = 8,2 \text{ mm}$$

No primeiro exemplo, o raio crítico é inferior ao raio da tubagem recomendada para um caudal de 20 m<sup>3</sup>/h (ver artigo 5.2.4) (sendo de 50 mm (2")), quer dizer não haverá fluxo turbulento na zona da

<sup>1</sup> Neste relatório usa-se as indicações que seguem as curvas de granulometria crescentes, quer dizer  $D_{100}$  corresponde com o diâmetro da maior partícula.

perfuração. No segundo exemplo, o raio crítico é de 32 mm superior em relação ao raio da tubagem, que resulta numa diminuição do rendimento do furo. No terceiro exemplo, mostra-se a influência da granulometria do envoltório. Em relação ao segundo exemplo, o raio crítico fica 10 vezes menor porque o material do envoltório é mais fino.

ad 2. A permeabilidade baixa na zona da perfuração pode ser causada por:

a. restos da lama da perfuração (caso duma perfuração rotativa) ou mistura de água e material pulverizado (caso duma perfuração de percussão). A limpeza do furo destes restos torna-se sempre mais difícil quando demorar mais tempo até o início do desenvolvimento.

Os restos podem ficar também quando o desenvolvimento do furo não levar tempo suficiente.

b. entupimento do filtro por causa da fixação de partículas do envoltório ou do aquífero. A própria escolha do filtro deve prevenir isto.

## 2. DIMENSIONAR O FURO.

### 2.1. PROCEDIMENTO

O procedimento a seguir para o dimensionamento dum furo, usando um filtro, é:

1. Determinar a necessidade do envoltório do filtro e as suas características;
2. Determinar as larguras das ranhuras do filtro;
3. Determinar o diâmetro do filtro;
4. Determinar o comprimento do filtro; e
5. Determinar o comprimento do envoltório.

### 2.2. ENVOLTÓRIO DO FILTRO

O envoltório do filtro é necessário nos aquíferos com material fino. No artigo 5.3.1. define-se o objectivo do envoltório: os

tamanhos das partículas do envoltório devem ser escolhidos de modo a que apenas cerca de 30% do material do aquífero possa passar. Isto significa que para silto e areias finas-médias, será sempre necessário instalar um envoltório. Para os outros materiais, a percentagem das partículas finas definirá a necessidade do envoltório. Para determinar o tamanho das partículas do envoltório, o artigo 5.3.2 diz:

- a) para aquíferos uniformes ( $C_u < 2,5$ )<sup>1</sup> ou para aquíferos com  $D_{40} \leq 0,25$  mm, o  $D_{30}$  do envoltório é 4 a 6 vezes maior do que o  $D_{30}$  do material do aquífero;
- b) para aquíferos não-uniformes ( $C_u > 2,5$ ), que incluem camadas finas de silto ou argila, o  $D_{30}$  do envoltório é 6-10 vezes maior do que o  $D_{30}$  do aquífero.

O material do envoltório deve ter uma alta uniformidade. Preferivelmente vale:

$$C_u < 2,5 \text{ (preferivelmente } C_u \approx 1,5)$$

Outras regras para a determinação do envoltório são:

$$1) \quad D_{50,env} = 4 \text{ a } 6 * D_{50,aq} \quad (5)$$

( $D_{50,env}$  = 50% diâmetro do material do envoltório  
 $D_{50,aq}$  = 50% diâmetro do material do aquífero).

2) O critério de Terzaghi:

$$4 * D_{15,aq} < D_{15,env} < 4 * D_{85,aq} \quad (6)$$

Na prática, pode-se seguir o seguinte procedimento, ilustrado na Fig. 2 para uma areia fina-média.

1. Com base numa série de amostras do material do aquífero determina-se a secção com a granulometria mais fina.

---


$$1 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

FIG. 2 DETERMINAÇÃO DO ENVOLTÓRIO PARA UM AQUÍFERO CONSTITUÍDO DE AREIA FINA - MÉDIA

AQUÍFERO  
GRANULOMETRIA 0.07 - 0.4 mm

$D_{30} = 0.625 \text{ mm}$

$D_{20} = 0.125 \text{ mm}$  (5%)  $D_{30 \text{ env}} = 0.625 \text{ mm}$

$D_{60} = 0.7 \text{ mm}$

$D_{10} = 0.10 \text{ mm}$

$C_u = 1.7$

$D_{50} = 0.155 \text{ mm}$

$D_{85} = 0.23 \text{ mm}$

$D_{15} = 0.108 \text{ mm}$

AQUÍFERO

ENVOLTÓRIO

GRANULOMETRIA

	A	B
	0.35 - 45	0.4 - 12 mm

$D_{60} = 0.95$  0.75 mm

$D_{10} = 0.44$  0.50 mm

$C_u = 2.36$  1.50 mm

$D_{50} = 0.82$  0.71 mm

$D_{50 \text{ env}} = 5.20$  4.68 mm

$D_{50 \text{ aq}} = 0.155$

$D_{15} = 0.46$  0.54 mm

$D_{15 \text{ env}} = 4.36$  5.00 mm

$D_{15 \text{ aq}} = 0.108$

$D_{15 \text{ env}} = 2.00$  2.35 mm

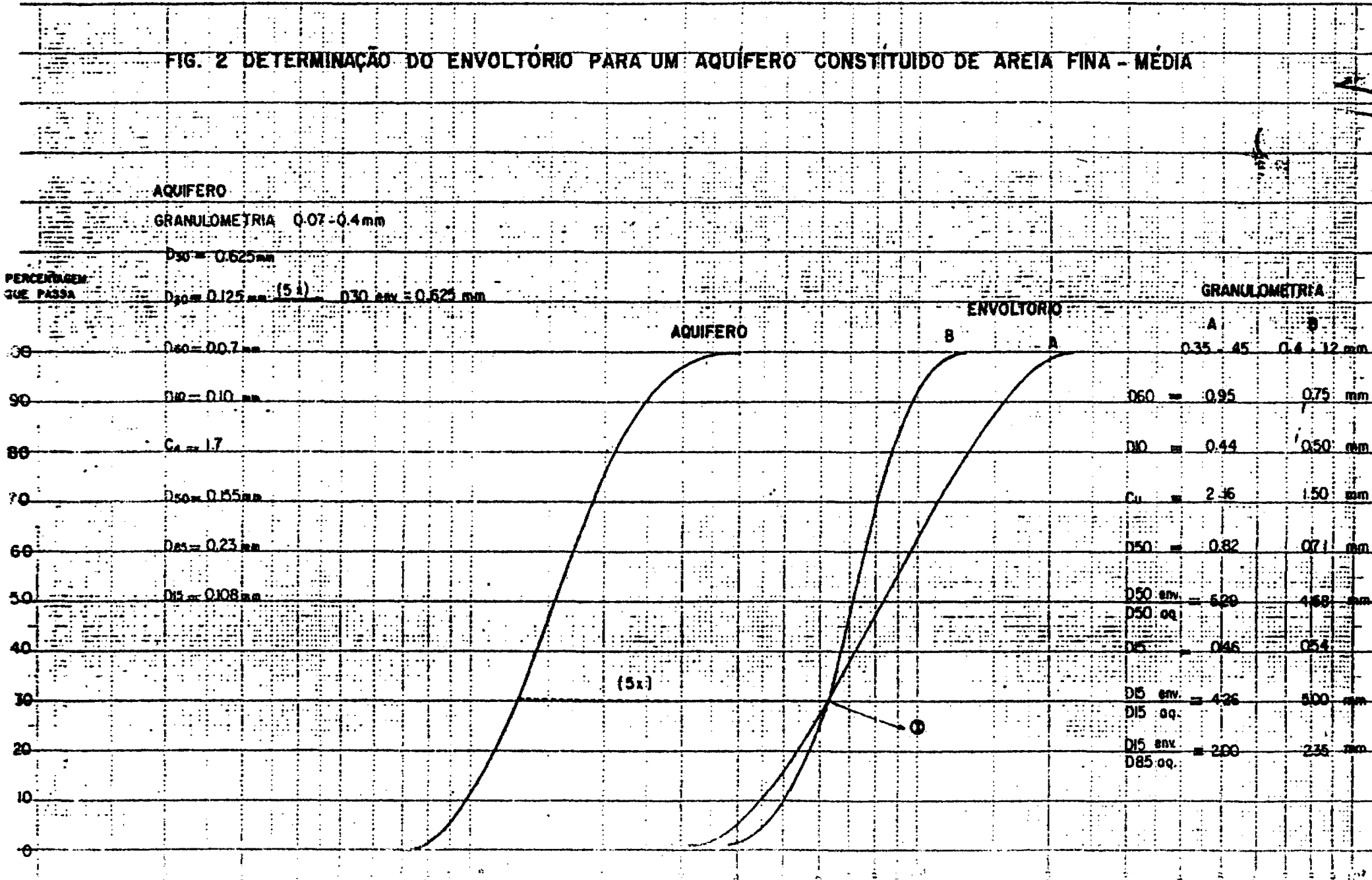
$D_{85 \text{ aq}} = 0.23$

PERCENTAGEM QUE PASSA

0  
10  
20  
30  
40  
50  
60  
70  
80  
90  
100

(5x)

⊙



2. Determina-se o  $D_{30,aq}$  da secção com a granulometria mais fina. (No exemplo  $D_{30,aq} = 0,125 \text{ mm}$ ).
3. Multiplica-se o  $D_{30,aq}$  com o factor do envoltório (4-6 ou 5-10). Isto dará o  $D_{30,env}$ . (No exemplo usou-se para o factor do envoltório o valor de 5, dando ponto X na Fig. 2:  $D_{30,env} = 0,625 \text{ mm}$ ).
4. Passando o ponto X constroi-se uma linha da granulometria do envoltório que à vista obedece a exigência da uniformidade ( $C_u \approx 1,5$ ; linha A na Fig. 2) e calcula-se como um controlo adicional os critérios da fórmula 5 e
6. (No exemplo nota-se que o  $C_u$  ainda é alto (2,16), embora não seja intolerável). Repete-se este procedimento até chegar a um resultado satisfatório. (Linha B na Fig. 2;  $C_u = 1,50$ ).

Na Fig. 3 apresenta-se indicações dos tipos de envoltórios que servem para uns tipos comuns de materiais aquiferos. Em casos duvidosos recomenda-se sempre determinar a granulometria do próprio filtro para um certo aquifero conforme o método acima descrito.





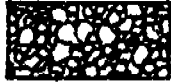




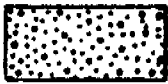





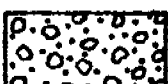








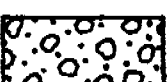


O envoltório determina, em grande escala, o bom rendimento do furo. Embora a espessura precisa do envoltório para o bom funcionamento seja apenas de uns milímetros, os problemas relacionados com a colocação obrigam uma maior espessura. Internacionalmente, recomenda-se uma espessura de 76 a 102 mm (3 a 4"), para que o envoltório possa ser instalado com segurança [2,4,5].

Se, com base nas regras acima referidas, resultar um envoltório que passa as ranhuras mínimas do filtro (0,5 mm, ver 2.3), deve-se aplicar uma segunda camada interior do envoltório, constituído por material mais grosso, escolhido dentro das referidas regras.

### 2.3. RANHURAS DO FILTRO

O filtro deve ser escolhido de modo a que:

- a) a área das ranhuras seja suficiente para manter velocidades menores de 0,6-1,2 cm/s no filtro. A percentagem

	AQUÍFERO	ENVOLTÓRIO	LARGURA DAS RANHURAS DO FILTRO
AREIA FINA -----	 0,06-0,25 mm	 0,45-1,2 mm	 0,5 mm
AREIA MÉDIA -----	 0,25-0,50 mm	 1,2-3,0 mm	 1,0 mm
AREIA GROSSA -----	 0,5-1,0 mm	 2,3-5,0 mm	 2 mm
AREIA FINA-MÉDIA -----	 0,07-0,4 mm	 0,4-1,2 mm	 0,5 mm
AREIA MÉDIA-GROSSA -----	 0,35-0,9 mm	 1,9-3,5 mm (1,8-3,5 mm)	 1,5 mm
AREIA GROSSA-MUITO GROSSA -----	 0,6-1,9 mm	 2,7-4,5 mm	 2,5 mm
AREIA FINA-GROSSA -----	 0,07-0,9 mm	 0,9-2,3 mm	 0,75 mm
AREIA MÉDIA-MUITO GROSSA -----	 0,35-1,9 mm	 1,7-3,5 mm (1,8-3,5 mm)	 1,5 mm
AREIA GROSSA-AREÃO FINA -----	 0,6-3,5 mm	 3,0-5,5 mm	 3,0 mm

(VALORES ENTRE PARENTESSES PODEM SER USADOS NA PRÁTICA)

**FIG. 3. ENVOLTÓRIO E LARGURA DAS RANHURAS DOS FILTROS PARA VÁRIOS MATERIAIS AQUÍFEROS**

normalmente suficiente é de 3-5%, mas recomenda-se áreas até 11-12%;

b) o perigo de entupimento é menor. Isto significa que:

- a largura das ranhuras é mais pequena no lado exterior aumentando para o lado interior (fórmula dum V); das ranhuras
  - a largura mínima das ranhuras é de 0,5 mm;
- c) o material deve resistir à corrosão;
- d) o filtro deve ter bastante firmeza para resistir ao peso da tubagem e às forças de colapso.

Estes critérios resultam na escolha das ranhuras da maneira como vem indicada no artigo 5.2.6.c: O tamanho da abertura é de tal modo que menos que 40-50% do material do aquífero passa pelo filtro durante o desenvolvimento do furo. Caso se aplique um envoltório, prefere-se que nenhum material passe o filtro, mas aceita-se a passagem até no máximo de 10% do envoltório. A largura das ranhuras é no mínimo de 0,5 mm.

Na Fig. 3 mostra-se também a largura recomendada das ranhuras do filtro para uns aquíferos não consolidados.

#### 2.4. DIAMETRO DO FILTRO

O diâmetro do filtro é determinado pelo caudal desejado (ver 5.2.5).

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro	
	(mm)	(pol.)
<25	102	4
25-40	152	6
40-80	203	8
80-160	254	10
> 160	>254	>10

(N.B. Estes valores são baseados numa construção dum furo com o diâmetro idêntico da tubagem fechada e do(s) filtro(s). Na construção de furos telescópicos o diâmetro do(s) filtro(s) é menos ao da tubagem fechada. Neste caso deve-se dimensionar o filtro com base na velocidade de entrada.)

## 2.5. COMPRIMENTO DO FILTRO

O comprimento do filtro basea-se, em primeiro lugar, na espessura do aquífero e no rebaixamento previsto. Além disso, é possível calcular o comprimento mínimo do filtro, preciso para um certo caudal e uma certa composição do envoltório ou do aquífero. Neste cálculo assume-se que o raio crítico deve estar dentro do filtro para evitar perdas de fluxo turbulento:

$$r_c < r_{fi} \quad (7)$$

onde  $r_c$  = o raio crítico

e  $r_{fi}$  = o raio do filtro

Combinando as fórmulas (4) e (7) o comprimento mínimo do filtro fica:

$$L_{f,min} = 2,56 * \frac{Q}{D_{fi}} * \frac{D_{50}}{n} \quad (8)$$

onde  $L_{f,min}$  = comprimento mínimo do filtro (m)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/h)

$D_{fi}$  = diâmetro do filtro (mm)

$D_{50}$  = 50% diâmetro do material do envoltório  
ou do aquífero (no caso de não ser  
aplicado o envoltório) (mm)

$n$  = porosidade do envoltório ou do aquífero (-)

Se o comprimento do filtro calculado através da fórmula (8), for maior do que a espessura do aquífero, deve-se aumentar o diâmetro do filtro ou diminuir o caudal previsto.

A Tabela 1 mostra os comprimentos mínimos dos filtros para vários aquíferos e caudais. O comprimento mínimo aplicável na prática tomou-se como 1 m (furos com caudais baixos).

Sublinha-se que o comprimento mínimo, indicado na Tabela 1 é calculado para evitar fluxo turbulento. É obvio que um comprimento maior em termos do comportamento hidráulico do furo será melhor. Na prática determina-se primeiramente o comprimento máximo possível com base na espessura do(s) aquífero(s), e depois controla-se a viabilidade deste valor usando a Tabela 1.



Tabela 1. Cálculo do comprimento mínimo do filtro e do envoltório  
(continuação)

1. MATERIAL DO AQUIFERO						
1.1. Tipo	areia fina- média	areia média- grossa	areia grossa- muito grossa	areia fina- grossa	areia média- muito grossa	areia grossa- areão fino <sup>1)</sup>
1.2. Granulometria						
1.2.1. Limites (mm)	0,07-0,4	0,35-0,9	0,9-1,9	0,07-0,9	0,35-1,9	0,6-3,5
1.2.2. D <sub>50</sub> (mm)	0,155	0,56	1,0	0,25	0,79	1,5
1.2.3. Porosidade (-)	-	-	-	-	-	-
2. ENVOLTÓRIO						
2.1. Granulometria						
2.2.1. Limites (mm)	0,4-1,2	1,9-4,5	2,7-4,5	0,9-2,3	1,7-3,5	3,0-5,5
2.2.2. D <sub>50</sub> (mm)	0,71	2,6	3,15	2,0	2,68	4,55
2.2.3. Porosidade (-)	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
3. FILTRO E ENVOLTÓRIO						
3.1. Largura das aberturas (mm)	0,5	2,0	2,5	0,75	1,5	3,0
3.2. $Q < 3 \text{ m}^3/\text{h}$						
3.2.1. Diâmetro (mm)	102	102	102	102	102	102
3.2.2. Comprimento do filtro (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
3.2.3. Comprimento do envoltório (m)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1
3.3. $3 < Q \leq 25 \text{ m}^3/\text{h}$						
3.3.1. Diâmetro (mm)	102	102	102	102	102	102
3.3.2. Comprimento do filtro (m)	1,5	6,5	7,8	5,0	6,7	11,4
3.3.3. Comprimento do envoltório (m)	6,5	11,5	12,8	10,0	11,7	16,4
3.4. $25 < Q \leq 40 \text{ m}^3/\text{h}$						
3.4.1. Diâmetro (mm)	152	152	152	152	152	152
3.4.2. Comprimento do filtro (m)	1,6	7,0	8,5	5,4	7,2	12,3
3.4.3. Comprimento do envoltório (m)	6,6	12,0	13,5	10,4	12,2	17,3
3.5. $40 < Q \leq 80 \text{ m}^3/\text{h}$						
3.5.1. Diâmetro (mm)	203	203	203	203	203	203
3.5.2. Comprimento do filtro (m)	2,4	10,5	12,7	8,0	10,8	18,4
3.5.3. Comprimento do envoltório (m)	7,4	15,5	17,7	13,0	15,8	23,4
3.6. $80 < Q \leq 160 \text{ m}^3/\text{h}$						
3.6.1. Diâmetro (mm)	- <sup>1)</sup>	254	254	254	254	254
3.6.2. Comprimento do filtro (m)	-	16,8	20,3	12,9	17,3	29,4
3.6.3. Comprimento do envoltório (m)	-	21,8	25,3	17,9	22,3	34,4

- 1) É pouco viável que nos materiais finos seja possível construir furos com altos caudais, pois não se apresenta as características destes fins.
- 2) Para os materiais grossos o comprimento do filtro necessário para não ter fluxo turbulento fica alto. Na prática é possível diminuir o comprimento, aceitando maiores perdas de carga, facto que será compensado pela alta transmissibilidade de aquífero. Pode-se aplicar os valores calculados para o areão muito fino.

Tabela 1. Cálculo do comprimento mínimo do filtro e do envoltório

1. MATERIAL DO AQUÍFERO	areia							
	1.1. Tipo	fina	média	grossa	muito grossa	muito fino	areão fino	médio a grosso <sup>1)</sup>
1.2. Granulometria								
1.2.1. Limites (mm)		0,06-0,25	0,25-0,50	0,5-1,0	1,0-2,0	1,0-2,0	4,0-8,0	8,0-32,0
1.2.2. D <sub>50</sub> (mm)		0,12	0,35	0,68	1,5	3,0	6,0	8,0
1.2.3. Porosidade (-)		-	-	-	0,30	0,25	0,25	0,20
2. ENVOLTÓRIO								
2.1. Granulometria								
2.2.1. Limites (mm)		0,45-1,25	1,2-3,0	2,3-5,0	-	-	-	-
2.2.2. D <sub>50</sub> (mm)		0,69	1,82	3,7	-	-	-	-
2.2.3. Porosidade (-)		0,30	0,30	0,25	-	-	-	-
3. FILTRO E ENVOLTÓRIO								
3.1. Largura das aberturas (mm)		0,5	1,0	2,0	0,75	1,5	3,0	4,0
3.2. Q < 3 m <sup>3</sup> /h								
3.2.1. Diâmetro (mm)		102	102	102	102	102	102	102
3.2.2. Comprimento do filtro (m)		1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,8	3,0
3.2.3. Comprimento do envoltório (m)		6,0	6,0	6,1	6,0	6,0	6,8	8,0
3.3. 3 < Q ≤ 25 m <sup>3</sup> /h								
3.3.1. Diâmetro (mm)		102	102	102	102	102	102	102
3.3.2. Comprimento do filtro (m)		1,4	3,8	9,3	3,1	7,5	15,1	25,1
3.3.3. Comprimento do envoltório (m)		6,4	8,8	14,3	6,1	12,5	20,1	30,1
3.4. 25 < Q ≤ 40 m <sup>3</sup> /h								
3.4.1. Diâmetro (mm)		152	152	152	152	152	152	152
3.4.2. Comprimento do filtro (m)		1,6	4,1	10,0	3,4	8,1	16,2	27,0
3.4.3. Comprimento do envoltório (m)		8,6	9,1	15,0	8,4	13,1	21,2	32,0
3.5. 40 < Q ≤ 80 m <sup>3</sup> /h								
3.5.1. Diâmetro (mm)		- <sup>1)</sup>	203	203	203	203	203	203
3.5.2. Comprimento do filtro (m)		-	6,1	14,8	5,0	12,1	24,2	40,4
3.5.3. Comprimento do envoltório (m)		-	11,1	19,9	10,0	17,1	29,2	45,4
3.6. 80 < Q ≤ 160 m <sup>3</sup> /h								
3.6.1. Diâmetro (mm)		-	-	254	254	254	254	254
3.6.2. Comprimento do filtro (m)		-	-	23,9	8,1	19,4	38,7	64,5
3.6.3. Comprimento do envoltório (m)		-	-	28,9	13,1	24,4	43,7	69,5

- 1) É pouco viável que nos materiais finos seja possível construir furos com altos caudais, pois não se apresenta as características destes fins.
- 2) Para os materiais grossos o comprimento do filtro necessário para não ter fluxo turbulento fica alto. Na prática é possível diminuir o comprimento, aceitando maiores perdas de carga, facto que será compensado pela alta transmissibilidade de aquífero. Pode-se aplicar os valores calculados para o areão muito fino.

## 2.6. COMPRIMENTO DO ENVOLTÓRIO

O envoltório ( $L_{env}$ ) é pelo menos 5 m em cima do filtro ou seja é pelo menos 5 m mais comprido do que o filtro.

$$L_{env} = L_{fi} + 5 \quad (m) \quad (9)$$

em que  $L_{env}$  é o comprimento do envoltório

Se se aplicar varias secções de filtros, o comprimento do envoltório para cada filtro é 10 a 20% maior do que o do próprio filtro, resultando num valor mais alto do que o calculado através da fórmula (11).

Para as condições de camadas uniformes, mostra-se na Tabela 1 o comprimento do envoltório. Na Tabela 2 mostra-se a quantidade do material preciso. Na prática recomenda-se planejar com uma quantidade que é 1,5 vezes mais alta, por causa das irregularidades da parede do furo e perdas durante o transporte.

Tabela 2. Volume do envoltório necessário em  $m^3$  por metro de altura ( $V = \pi/4 \times (d_{fu}^2 - d_{fi}^2)$ )

diâmetro do filtro (mm)	diâmetro do furo (mm)	volume do envoltório (2x76mm) ( $m^3$ )
102	254	0,04251)
152	304	0,0544
203	355	0,0666
254	406	0,0788

$d_{fu}$  = diâmetro da perfuração

$d_{fi}$  = diâmetro exterior do filtro

1) Se se aplicar envoltório de 52 mm, quer dizer furo 206mm isto fica 0,0245  $m^3$

### 3. EXEMPLOS

#### 3.1. FUROS PARA ABASTECIMENTO DE AGUA RURAL

Em muitas zonas de Moçambique, constroi-se furos para o abastecimento de água às Aldeias. Actualmente, instala-se normalmente bombas manuais, mas em certos casos prevê-se no futuro bombas com capacidades de até 20 m<sup>3</sup>/h, quando o furo comportar este caudal (ver artigo 5.1.5).

##### 3.1.1. Aquifero de areia fina ou grés ou calcário fino friável aos 15-30 m de profundidade (Q = 10 m<sup>3</sup>/h)

Imaginando que o material é constituído por areia fina ou grés, ou calcário fino friável com uma grande percentagem de partículas finas, (por exemplo: D<sub>10</sub> = 0,036mm, D<sub>15</sub> = 0,041mm, D<sub>30</sub> = 0,057mm, D<sub>50</sub> = 0,088mm, D<sub>60</sub> = 0,108mm e D<sub>85</sub> = 0,25mm) as características do furo são calculadas pela seguinte forma (ver também Fig. 4).

##### Envoltório

Por causa de não-uniformidade do material do aquifero, aplica-se um factor maior do que 6 para obter D<sub>30,env</sub>. Escolheu-se 10 por causa da largura minima da abertura do filtro de 0,5mm, quer dizer D<sub>30,env</sub> = 10 \* 0,057 = 0,57mm.<sup>1</sup>

O D<sub>60,env</sub> escolheu-se como 0,75mm e aplicando C<sub>u,env</sub> = 1,5 o D<sub>10,env</sub> fica 0,50m. As outras regras para a granulometria do envoltório dão:

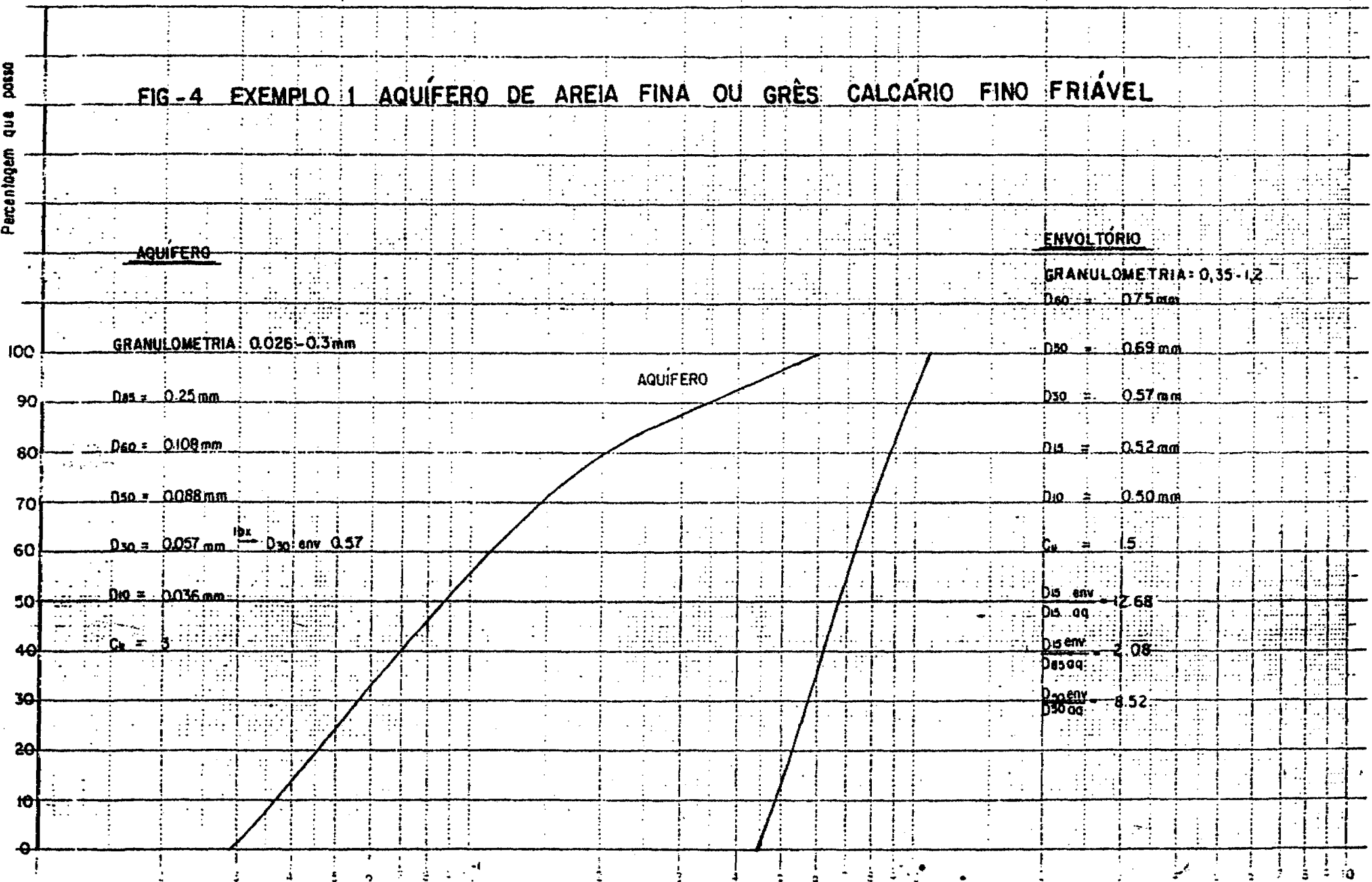
$$\frac{D_{50,env}}{D_{50,aq}} = \frac{0,75}{0,088} = 8,52 \text{ (neste caso aceita-se; a regra não tem alta prioridade)}$$

$$\frac{D_{15,env}}{D_{15,aq}} = \frac{0,52}{0,041} = 12,68$$

<sup>1</sup> Observação: nestes critérios não se trata da relação entre o caudal e o rebaixamento. Entretanto, no tipo de aquifero deste exemplo pode-se esperar que o rebaixamento com Q = 10m<sup>3</sup>/h será, pelo menos, 10m. Se o nível estático estiver perto da superfície, digamos 3 m, o caudal de 10 m<sup>3</sup>/h pode ser viável.

FIG-4 EXEMPLO 1 AQUÍFERO DE AREIA FINA OU GRÊS CALCÁRIO FINO FRIÁVEL

Porcentagem que passa



$$\frac{D_{15,env}}{D_{85,aq}} = \frac{0,52}{0,25} = 2,08$$

Por causa do caudal previsto de 10 m<sup>3</sup>/h será preciso meter u envoltório de espessura de 76mm (3") (artigo 4.4.1).

#### Ranuras do filtro

Aplica-se um filtro com ranhuras de 0,5mm, conforme o artig 5.2.6.c.

#### Diâmetro do filtro e do furo

Q = 10 m<sup>3</sup>/h, pois o diâmetro do filtro será de 102mm (4"). Com espessura do envoltório de 76mm (3") (duas vezes para calcular diâmetro do furo), o diâmetro do furo é de 254 mm (10").

#### Comprimento do filtro e do envoltório

Aplicando a fórmula (8), com  $D_{50,env} = 0,75\text{mm}$   
 $n_{env} = 0,30$

resulta em  $L_{fi,min} = 0,63\text{ m}$  como comprimento mínimo do filtro para garantir o fluxo laminar.

Sendo neste caso, o aquífero muito mais espesso do que o comprimento do filtro necessário para manter o fluxo laminar (ver observação no fim do capítulo 2.5), recomenda-se neste caso aplicar um filtro de, pelo menos, 4 m, localizado na parte do aquífero com o material mais grosso e com um envoltório que estende m. por cima do filtro:  $L_{env} = 9\text{ m}$ .

O volume do envoltório necessário será:

$$\begin{aligned} V &= L_{env} * \pi * (r_{fu2}^2 - r_{fi2}^2) \\ &= 9 * \pi * (0,1022^2 - 0,0512^2) \\ &= 0,221\text{ m}^3 \end{aligned}$$

Prepara-se cerca de 0,33 m<sup>3</sup> de material de envoltório.

### 3.1.2. Aquífero de areia fina ou grés ou calcário fino friável ( $Q < 3 \text{ m}^3/\text{h}$ )

As características do aquífero são idênticas às do exemplo anterior.

No caso de não se prever, num futuro próximo, a instalação duma motobomba, mas prevê-se a continuação da exploração do furo por bomba manual, pode-se aplicar o mesmo tipo de envoltório do que o usado no exemplo anterior (ver Fig. 4). O mesmo vale para as ranhuras do filtro (0,5mm).

#### Diâmetro do filtro e do furo

$Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ , pois o diâmetro do filtro será de 102mm (4"). O furo tem uma profundidade menor do que 50 m e um caudal de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ , pois pode-se aplicar a espessura do envoltório de 51mm (2"). O diâmetro do furo fica 203 mm (8").

#### Comprimento do filtro e do envoltório

Se se aplicar a fórmula (8), com  $D_{50,env} = 0,75\text{mm}$   
e  $n_{env} = 0,30$

chegava-se a  $L_{fi,min} = 0,09 \text{ m}$ . Uma vez que o aquífero é bastante espesso, e tomando em conta a observação feita no fim do capítulo 2.5, usa-se neste caso um comprimento de 2 m, resultando em  $L_{env} = 7,0 \text{ m}$ . O volume do envoltório necessário será de  $0,17 \text{ m}^3$ , e prepara-se  $0,25 \text{ m}^3$ .

### 3.1.3. Aquífero de areia média ou grés ou calcário médio friável ( $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ )

O aquífero encontra-se entre 60 e 70m de profundidade.

Imaginando que o material é constituído por areia média ou grés, ou calcário médio friável (por exemplo:  $D_{15} = 0,28\text{mm}$ ,  $D_{30} = 0,31\text{mm}$ ,  $D_{50} = 0,35\text{mm}$  e  $D_{85} = 0,43\text{mm}$ ), as características do furo são (ver também Fig. 5 e Tabela 1).

Envoltório

Sendo o aquífero uniforme, aplica-se um valor de 5 para calcular o  $D_{30,env}$ :  $5 \times 0,31\text{mm} = 1,55\text{mm}$ . Com base neste  $D_{30,env}$  escolhe-se o valor de  $D_{60,env}$  e  $D_{10,env}$  de tal maneira que  $C_{u,env} \approx 1,5$ . (Neste caso  $D_{60,env} = 1,95\text{mm}$ ,  $D_{10,env} = 1,3$ : pois  $C_{u,env} = 1,5$ ). Verifica-se as outras regras para o envoltório:

$$\frac{D_{50,env}}{D_{50,aq}} = \frac{1,82}{0,35} = 5,2$$

$$\frac{D_{15,env}}{D_{15,aq}} = \frac{1,36}{0,28} = 4,8$$

$$\frac{D_{15,env}}{D_{85,aq}} = \frac{1,36}{0,43} = 3,16$$

Ranuras do filtro

Para não deixar passar no filtro partículas do envoltório, uma largura das ranuras do filtro de 1,0mm é suficiente.

Diâmetro do filtro e do furo

$Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ , pois o diâmetro do filtro será de 102mm (4"). Com a largura do envoltório de 76mm (3") (profundidade maior do que 50 m e um caudal maior de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ ), o diâmetro do furo é de 254mm (10").

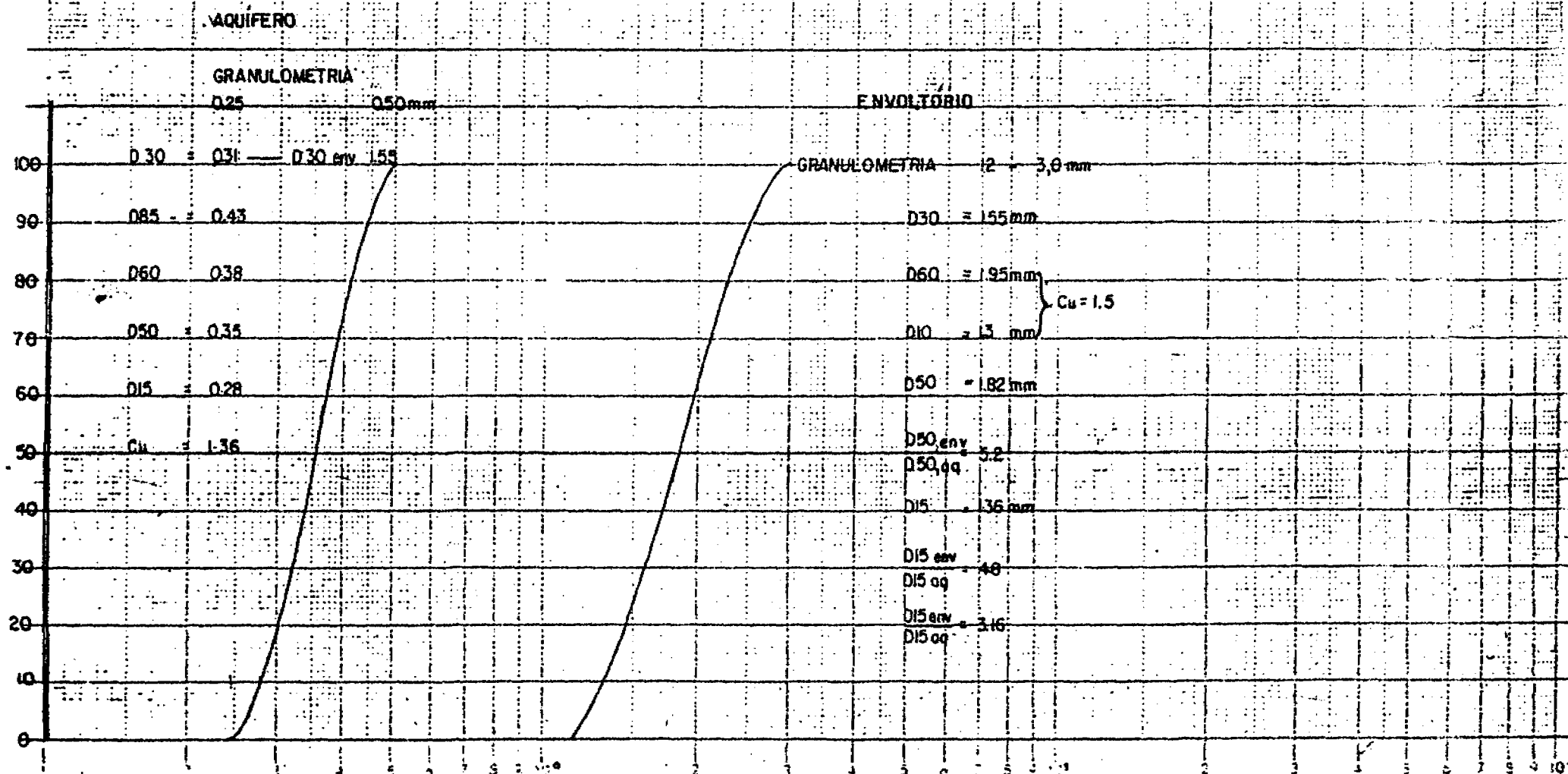
Comprimento do filtro e do envoltório

Aplicando a fórmula (8), com  $D_{50,env} = 1,82\text{mm}$   
 $n_{env} = 0,30$

resulta em  $L_{fi,min} = 3,81 \text{ m}$ , pois  $L_{env,min} = 8,81 \text{ m}$ , como valores mínimos para garantir o fluxo laminar. Neste caso específico pode-se instalar por causa da espessura do aquífero 6m de filtros com um envoltório de 11m, que estende 5 metros acima do filtro. O volume do envoltório necessário será de  $11 \times 0,0425 = 0,468 \text{ m}^3$ . Prepara-se de  $0,7 \text{ m}^3$ .



FIG. 5 AQUÍFERO DE AREIA MÉDIA OU GRÊS OU CALCÁRIO MÉDIO FRIÁVEL



### 3.2. FUROS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANA.

Na área costeira norte de Maputo, existe um aquífero de grés (calcário) numa profundidade de 20 até 50 m abaixo da superfície. A espessura do aquífero varia entre 15 e 60 m. Quer-se construir um furo com um caudal de 60 m<sup>3</sup>/h. Segue o cálculo para a construção do furo. Assume-se que neste caso não existem dados exactos sobre a granulometria do aquífero, mas existe conhecimento que o grés é friável. As partículas encontradas normalmente têm diâmetros maiores do que 0,5 mm.

#### Ranuras dos filtros

O aquífero é fracamente consolidado e poderiam entrar partículas médias no filtro. Escolhe-se uma abertura do filtro de 1mm para manter baixas velocidades de água no filtro e evitar entupimento. Por causa disso, o material do envoltório deve parar a entrada das partículas finas.

#### Envoltório

O  $D_{10,env}$  pode ser 1,2mm. Aplicando  $C_{u,env} = 1,5$  o  $D_{60,env} = 1,8mm$ .

#### Diâmetro do filtro e do furo

$Q = 60$  m<sup>3</sup>/h, pois o diâmetro do filtro será de 152mm (6"). Com a espessura do envoltório de 76mm (3"), o diâmetro do furo será de 304mm (12").

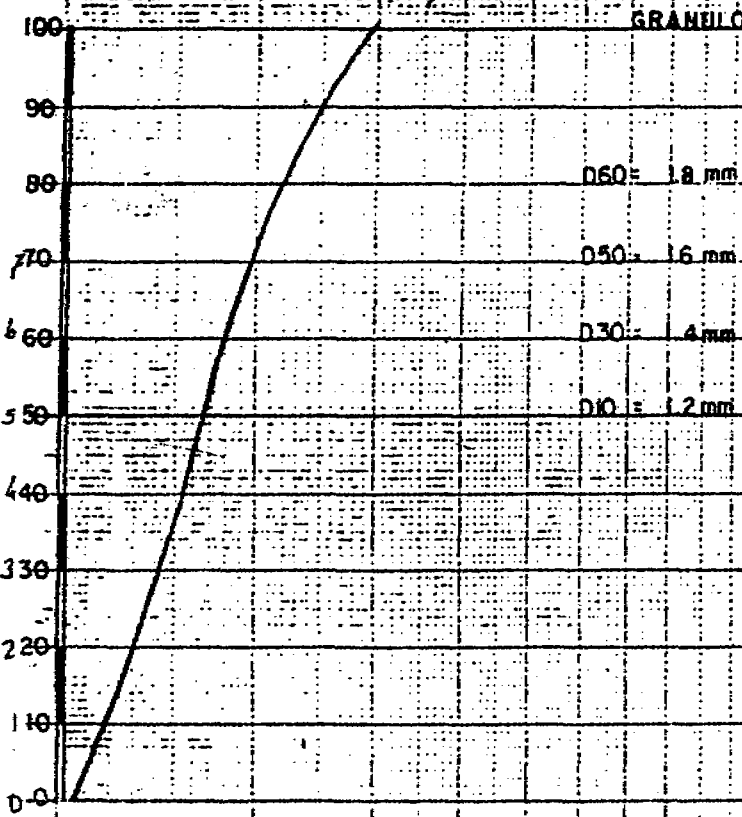
#### Comprimento do filtro e do envoltório

Aplicando a fórmula (8) com:  $D_{50,env} = 1,6mm$   
e  $n_{env} = 0,25$

resulta em  $L_{fi,min} = 6,5$  m.

Por causa da espessura do aquífero recomenda-se um comprimento real de 12m de filtros e 17m de envoltório. O volume do envoltório fica  $17 * 0,0544 = 0,92$  m<sup>3</sup>. Prepara-se cerca de 1,4 m<sup>3</sup>.

FIG. 6 - ENVOLTÓRIO PARA O AQUÍFERO DE GRÊS (CALCÁRIO) NORTE DE MAPUTO



LITERATURA CONSULTADA

1. Australian Drilling Industry Training Committee Limited, 1985. Australian Drillers Guide.
2. CETESB, 1978. Agua subterrânea e poços tubulares (tradução duma versão anterior de [5])
3. Clark, L., 1983. The field guide to Water Wells and Boreholes.
4. IWACO-DNA, 1986. Study of groundwater to supply Maputo.
5. Johnson Division, 1937. Groundwater and wells.
6. US Department of the Interior, 1981. Ground Water Manual.
7. Williams, D.E., 1981. Fundamental concepts of well design, Groundwater no.5 Sept./Oct 1981.
8. Williams, D.E., 1985. Modern techniques in Well design, Research and Technology AWWA, Sept. 1985, 68-74.

ANEXO 4

FICHAS PARA OS DADOS DUM ENSAIO DE CAUDAL EM USO NA DNA





ANEXO 5

FICHA DE PERFURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOHIDROLOGICOS DA DNA



**EDNAE DRH****FICHA DE INVENTÁRIO GEOHIDROLÓGICO**

número de identificação

código da bacia

preenchido por: data: **DADOS GERAIS DA CAPTAÇÃO**tipo da captação  A  B  C  confiança dados  A  B  C  D  
furo, poço, nascente com, sem, mal, mínimo de  
contrôle, contrôle, localizado, dadosdescrito por  n.º relatório provincia  distrito localidade longitude  latitude  precisão lat-long.  A  B  C  D  
seg., 5 seg., 10 seg., minutonome da carta de loc.  escala número de inventário  número da carta de localização altitude [m]  determinado por  A  B  C  precisão [m]   
altímetro, carta, nivelamentotopografia  A  B  C  D  E  F  G  H  J  
cone, playa, leito, depressão, dunas, planície, planície, planície, cume,  
de dejecção do rio local de inundação de vale de morro  
 L  M  N  O  P  R  S  T  
fossa, pântano, mangal, no mar, declive, terraço, ondulado, vale no planaltoexploração  A  B  C  D  E  
abandonado, captação de água, destruída, ensaio, observaçãouso principal da água  A  B  C  D  E  F  
público, doméstico, irrigação, industrial, industrial, gado,  
(empr. fabr.), (refrigeração) G  H  K  L  M  N  O  
institutos, comércio, medicinal, engarrafar, protecção, não utilizado, outros  
(escolas) (hotéis)uso secundário  prof. sondagem [m]  prof. furo [m] nível da água [m]  caudal [m<sup>3</sup>/h]  data medição método de medição do nível  A  B  C  D  E  F  
fita de aço, fita eléctrica, estimado, diagrafia, manómetro, outrosdata da conclusão do furo quem vai instalar bomba? **IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO**entidade  A  B  C  
estatal, privada, individualnome organismo tutor

**QUALIDADE DE ÁGUA**

**PARÂMETROS MEDIDOS NO CAMPO**

data de medição

a ser preenchido pela DNA

temperatura Graus C°

condutividade  $\mu\text{mhos/cm}$

outros parâmetros

**DADOS DE CONSTRUÇÃO**

data do término da construção

nome da empresa de sondagens

método de construção  A  B  C  
percussão, percussão rotativa com ar comprimido, rotativa com ar comprimido

D  E  F  G  
rotativa com circulação directa, rotativa com circulação inversa, jacto de água, excavado com trado

H  K  L  M  
excavado, ponteiras, trincheira, outros

acabamento  A  B  C  
pedregulho com tubo perfurado, pedregulho com filtro contínuo, tubo perfurado ou ranhurado

D  E  F  G  H  
filtro contínuo, ponteira, betão poroso, dreno horizontal, tubo com fundo aberto,

K  L  N  
poço com muro perfurado, furo aberto, nada

protecção sanitária  A  B  C  E  F  
argila, bentonite, cimentação, nada, outros

profundidade do selo [m]

método de desenvolvimento  A  B  C  
bombagem por injeção do ar, bombagem, pistonagem com êmbolo,

D  E  F  G  H  
pulsção com ar comprimido, baldeado, jacto de água, nada, outros

tratamento especial utilizado  A  B  C  D  E  
produtos químicos, gelo seco, explosivos, desfloculantes, outros

**DIMENSÕES DO FURO**

diam[mm]

diam[pol.]

de [m]

alé [m]

## ENSAIOS DE CAUDAL

data  caudal [m<sup>3</sup>/h]  método de medição de caudal   
 niv. din [m]  niv. est. [m]  rebaixamento [m]   
 met. med. nível 5  caudal esp. [m<sup>3</sup>/h]  período de bombagem    
 data  caudal [m<sup>3</sup>/h]  método de medição de caudal<sup>4</sup>   
 niv. din. [m]  niv. est. [m]  rebaixamento [m]   
 met. med. nível 5  caudal esp. [m<sup>3</sup>/h]  período de bombagem    
  método de medição de caudal   
 niv. din. [m]  niv. est. [m]  rebaixamento [m]   
 caudal esp. [m<sup>3</sup>/h]  período de bombagem

## OUTROS DADOS DISPONÍVEIS

tem ficha de qualidade da água?  análises químicas   
 análises bacteriológicas

tipo de dados	arquivo	forma
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

## OBSERVAÇÕES

4 método de medição caudal

A	B	C	D	E	F	G
volumétrico	limpadeira,	canal condutor,	descarregador,	orifício,	trajectória,	pitot,
H	K	L	M			
venturi,	molinete,	estimado,	outro			

5 método de medição nível

A	B	C	D	E	F
fita de aço,	sonda eléctrica,	estimado,	diagrafia,	manómetro,	outros

DRH recebida por ..... data ..... controlada por ..... data ..... entregue ao DID por ..... data ..... doc. anexos .....	DID recebido por ..... data ..... digitalizada por ..... data ..... verificado por ..... data ..... entregue ao DRH por ..... doc anexos: .....	DRM recebido por ..... data ..... controlado dados gravados por ..... data ..... doc. anexos ..... o responsável ..... data .....
---	---	--

### ESQUEMA DO REVESTIMENTO

unitubos

multitubos

revestimento acima do solo m

até [m]

diam. em [pol]

em [mm]

material ①

esp. [mm]

revest. de [m]

até [m]

diam [mm]

diam. [pol]

①

espessura [mm]

### ESQUEMA DOS FILTROS

quantidade de filtros

filtro de [m]

até [m]

diam. [mm]

diam. [pol]

①

②

dimensões larg. [mm]

abertura comp. [mm]

### PERFIS DISPONÍVEIS

### OBSERVAÇÕES:

① material do revestimento

A B C D E F  
ferro preto, ferro galvanizado, aço, aço coberto, aço inoxidável, cobre,

G H I J K L M  
outro metal, betão, madeira, PVC, pedra, telha, tijolo

② tipo aberturas

A B C D E F G  
perfurações, malha, frestas, contínuo, ponteira, rocha fracturada, tubo com fundo aberto

H I K  
furo aberto, muro perfurado, ranhuras

③ tipo perfis disponíveis

A B C D E F G H  
tempo, registo, registo do, carote, condutividade, diâmetro, temperatura, SP,  
de perfuração sondador geólogo ou amostras (core) de fluido (caliper)

K L M N O P Q R S  
SN, LN, eléctrodos simples, microlog, focalizado, registo, sonda lateral, raios gamma-gamma, nêutron,

U V W X Y Z  
indução, registo sónico, registo televisivo, registo fluido, velocidade, registo fotográfico, outros

**EDNAE DRH**

ficha de inventário geohidrológica  
perfil de sondagem

número de identificação

código da bacia

carta 1 : 250.000 n.º

carta 1 : 50.000 n.º

longitude

latitude

preenchido por:

data:

**DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS**

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código

litologia  descrição

a unidade é aquífera?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código

litologia  descrição

a unidade é aquífera?  % de água contribuída  nível [m] estática  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código

litologia  descrição

a unidade é aquífera?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código

litologia  descrição

a unidade é aquífera?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

DRH recebido por ..... data ..... controlada por ..... data ..... entregue ao DID por ..... data ..... doc. anexos .....	DID recebido por ..... data ..... digitalizada por ..... data ..... verificado por ..... data ..... entregue ao DRH por ..... doc anexos: .....	DRH recebido por ..... data ..... controlado dados gravados por ..... data ..... doc. anexos ..... o responsável ..... data .....
---	---	--

**ficha de inventário geohidrológico**

**perfil de sondagem**

1000000000

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

n.º unidade  do tecto [m]  até a base [m]  código   
litologia  descrição   
  
  
a unidade é aquífero?  % de água contribuída  nível [m] estático  data

# ÁGUA DO MAPUTO, E. E.

## LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS

### BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

N.º

Proveniência .....  
Remetida por .....  
Colhida em ..... / ..... / ..... Recebida em ..... / ..... / .....  
Embalagem .....  
Informação pedida .....  
Requisição/Nota N.º ..... de ..... / ..... / 198.....

### CARÁCTERES ORGANOLEPTICOS E FISICOS

Côr ..... Sabor ..... Cheiro .....  
Turvação ..... Depósito .....  
Alterações com o tempo .....  
Temperatura (°C) ..... pH .....  
Resistividade eléctrica a 25° c (OHMxCM) .....  
Condutividade eléctrica a 25° c Micro-MHO/CM) .....

### CARÁCTERES QUÍMICOS

#### ANÁLISE QUALITATIVA

Clareza ..... Amónio .....  
Sulfato ..... Cálcio .....  
Carbonato ..... Magnésio .....  
Bicarbonato ..... Ferro .....  
Nitrito ..... Sódio .....  
Nitrito ..... Potássio .....  
Mangariés .....

### DETERMINAÇÃO DA AGRESSIVIDADE

#### ÍNDICE DE SATURAÇÃO SEGUNDO A FORMA DE LANGELIER

$$i = pH_0 - pH_s =$$

**ANEXO 6**

**LIMITES TOLERAVEIS DA AGUA POTAVEL  
(ORGANIZACAO MUNDIAL DE SAUDE)**



ANEXO 6. LIMITES TOLERAVEIS DA AGUA POTAVEL  
(ORGANIZACAO MUNDIAL DE SAUDE)

COMPONENTES COM SIGNIFICACAO PARA A SAUDE

Componente	Unidade	Limite	Observação
Arsénico	mg/l	0.05	
Asbestos	-	não é determi- nado um limite	
Bário	-	não é determi- nado um limite	
Berílio	-	não é determi- nado um limite	
Cádmio	mg/l	0.005	
Crómio	mg/l	0.05	
Cianido	mg/l	0.1	
Fluorido	mg/l	1.5	natural ou intro- duzido de propósito, condições locais ou climatológicas podem necessitar adaptações
Dureza	-	não existe li- mite relacionado à saúde	
Chumbo	mg/l	0.05	
Mercúrio	mg/l	0.001	
Niquel	-	não é determina- do um limite	
Nitrato	mg/l(N)	10	
Nitrito	-	não é determina- do um limite	
Selénio	mg/l	0.1	
Prata	-	não é determina- do um limite	
Sódio	-	não é determina- do um limite	

QUALIDADE ESTETICA (Sabor etc.)

Componente ou característica	Unidade	Limite recomendado	Observação
Alumínio	mg/l	0.2	
Cloréto	mg/l	250	
Clorobenzóis e clorofenois	-	não é determinado um limite	estes componentes podem afectar o sabor e o cheiro
Cor	unidade de cores verdadeiros (true colour unit, TCU)	15	
Cobre	mg/l	1.0	
Detergentes	-	não é determinado um limite	não deverá existir espuma ou problemas do sabor e cheiro
Dureza	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	500	
Hidrogénio sulfito	-	não detectável pelos consumidores	
Ferro	mg/l	0.3	
Manganés	mg/l	0.1	
Oxigénio dissolvido	-	não é determinado um valor do limite	
pH	-	6.5-8.5	
Sódio	mg/l	200	
Sais totais dissolvidos	mg/l	1000	
Sulfato	mg/l	400	
Sabor e cheiro	-	inofensivo para a maioria dos consumidores	
Temperatura		não é determinado um limite	

QUALIDADE ESTETICA (Sabor etc.) (Continuação)

Componente ou característica	Unidade	Limite recomendado	Observação
Turvação	unidade nefelométrica de turvação	5	
Zinco	mg/l	5.0	