



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

**CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS DO ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA POR FORNECEDORES PRIVADOS DE ÁGUA EM  
MOÇAMBIQUE E AS SUAS IMPLICAÇÕES**

**CASO DE ESTUDO DA PROVÍNCIA E CIDADE DE MAPUTO**

Relatório do estágio profissional apresentado para satisfação  
parcial dos requisitos necessários à obtenção do grau de  
Licenciado em Engenharia Civil

**Autor:**

Dingane, Alexandre Anselmo

**Supervisor:**

Eng.Omar Khan (Msc)

Maputo, Março de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

**CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS DO ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA POR FORNECEDORES PRIVADOS EM MOÇAMBIQUE  
E AS SUAS IMPLICAÇÕES**

**CASO DE ESTUDO DA PROVÍNCIA E CIDADE DE MAPUTO**

Relatório do estágio profissional apresentado para satisfação  
parcial dos requisitos necessários à obtenção do grau de  
Licenciado em Engenharia Civil

**Autor:**

Dingane, Alexandre Anselmo

**Supervisor:**

Eng.Omar Khan (Msc)

CO-Supervisor : Eng. Pedro Simone (Msc)

Maputo, Março de 2022

## **Dedicatória:**

Aos meus pais, Anselmo Alexandre Dingane e Irene Pedro Muando, por não terem medido esforço para que esta fase da minha vida chegasse.

## **AGRADECIMENTOS:**

A minha reverência à Deus, pelo dom da vida e pela sua proteção todo santo dia.

Aos meus Pais, Anselmo Alexandre Dingane e Irene Pedro Muando, aos meus Irmãos, amigos e familiares em geral, que se fizeram presentes como agentes participativos de forma directa e indirecta durante o processo da minha formação.

A toda equipa WASH-FIN, principalmente ao Engenheiro Pedro Simone e a Engenheira Isidoro Dalva, pela assistência, e por ter se mostrado sempre disponível para dar um apoio, de forma que o trabalho fosse realizado.

Ao Engenheiro Abdul Razaque Fakir, pelo apoio incondicional desde o meu primeiro ano de formação.

Aos meus colegas da faculdade, por terem sempre partilhado informações, para o êxito deste percurso académico.

A todo Corpo Docente do Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da UEM, em especial ao Eng. Omar Khan pela disponibilidade em acompanhar a realização do trabalho.

Meu agradecimento especial vai para os meus colegas e amigos, Eduardo Madope, Edmirson Tómas, Hans Dete, Jorge Mabote, Luís Nhantumbo, Telúrio Mapsanganhe, Nordino Jaime, pelo carinho e conforto nas horas que mais precisei durante esta jornada.

## INDÍCE

Dedicatória: .....	i
AGRADECIMENTOS: .....	ii
Lista de Símbolos e Abreviaturas .....	vii
CAPÍTULO I: introdução .....	1
1. Introdução.....	1
2. OBJECTIVOS .....	2
2.1. Objectivo Geral .....	2
2.2. Objectivos Específicos.....	2
3. PROBLEMATIZAÇÃO .....	3
3.1. Questão 1 .....	3
3.2. Questão 2 .....	3
3.3. Questão 3 .....	3
3.4. Questão 4 .....	3
4. EXPLICAÇÃO DAS QUESTÕES.....	4
4.1. Questão 1 .....	4
4.2. Questão 2 .....	4
4.3. Questão 3 .....	4
4.4. Questão 4 .....	5
5. Metodologia .....	5
6. Apresentação da Instituição e do projecto .....	7
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
1. Enquadramento legal dos FPAs .....	8
2. Sistemas de abastecimento de água .....	8
3. Composição básica de SAA do FPA.....	9
4. Princípios básicos de dimensionamento de SAA.....	12
4.1. Demanda de água .....	13
4.2. Construção de furos de água.....	13
5. Adutoras.....	31
6. Reservatórios .....	31

7.	Bombas, Operação .....	32
7.2.	Redes de Distribuição.....	33
7.4.	Gestão técnica do sistema.....	37
7.5.	Planos de Operação .....	39
<i>CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</i>		<i>40</i>
1.	Caracterização Dos FPAs.....	40
2.	Descrição dos sistemas dos FPAs seleccionados.....	40
2.1.	Contextualização .....	40
2.2.	Localização do Primeiro Sistema.....	40
2.3.	Localização do Segundo Sistema.....	41
2.4.	Localização do Terceiro Sistema.....	42
<i>CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS DADOS DOS SISTEMAS DOS FPAs .....</i>		<i>44</i>
1.	DESCRIÇÃO TÉCNICA DO PRIMEIRO LEVANTAMENTO DO SAA 01 do FPA 44	
1.1.	Aspectos Técnicos.....	44
1.2.	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA.....	46
2.	DESCRIÇÃO TÉCNICA DO SEGUNDO LEVANTAMENTO DO SAA 02 do FPA 52	
2.1.	ASPECTOS TÉCNICOS.....	54
2.2.	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA.....	57
3.	DESCRIÇÃO TÉCNICA DO TERCEIRO LEVANTAMENTO DO SAA 03 do FPA 60	
3.1.	ASPECTOS TÉCNICOS.....	60
3.2.	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA.....	62
<i>CAPÍTULO V: CUSTOS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE AA DOS FPA.....</i>		<i>68</i>
1.	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	68
2.	CUSTOS OPERACIONAIS.....	68
2.1.	CUSTOS COM O PESSOAL .....	68
2.2.	CUSTOS COM A MANUTENÇÃO .....	68
2.3.	CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	69
3.	OBSERVAÇÕES .....	70
<i>CAPÍTULO VI: QUALIDADE DE ÁGUA .....</i>		<i>71</i>

1. Contextualização .....	71
2. Estação de Tratamento de água.....	71
3. Metas a alcançar com o Tratamento de Água Potável .....	72
4. Observações Constatadas aos SAA em estudo, no que diz respeito a tratamento água.....	73
5. Localização e proteção do furo.....	73
6. Situação actual dos FPAs (qualidade de água) .....	75
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>77</b>
1. CONCLUSÕES GERAIS SOBRE O ESTÁGIO .....	77
2. Constatações e Recomendações.....	78
<b>CAPÍTULO VIII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>81</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 0-1: Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para o consumo humano. ....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 0-2: Representação esquemática de SAA tipo do FPA.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 0-3: Ciclo hidrológico .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 0-4: Classificação dos aquíferos quanto à pressão.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 0-5: perfuração por rotação com circulação directa .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 0-6: perfuração por rotação com circulação directa de água ou lama .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 0-7: perfuração por rotação com circulação inversa.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 0-8: Perfuração por Roto percussão com martelo de fundo de furo .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 0-9: Perfuração por rotopercussão com martelo de fundo de furo .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 0-10: Diâmetro da bomba versus interno do revestimento do furo .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 0-11: Representação Esquemática do Processo de Limpeza e desenvolvimento do Furo .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 0-12: Acabamento do Furo.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 0-13: Instalação da bomba submersível.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 0-14: Rede ramificada .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 0-15: Rede malhada .....</i>	<i>36</i>

<i>Figura 0-16: Rede mista</i> .....	37
<i>Figura 0-17: Actividades da gestão operacional do SAA</i> .....	38
<i>Figura 0-18: Variação dos custos com o diâmetro</i> .....	70
<i>Figura 0-19: Distâncias mínimas recomendadas entre infraestruturas</i> .....	74
<i>Figura 20: ISOLAMENTO PARA PROTEÇÃO DO FURO</i> .....	75

## **INDÍCE DE IMAGENS**

<i>Imagem 1: Perfuração por rotopercussão com martelo de fundo de furo</i> .....	22
<i>Imagem 2: Imagens Ilustrativas do Processo de Limpeza e Desenvolvimento do Furo (1)</i> .....	28
<i>Imagem 3: Imagens Ilustrativas do Processo de Limpeza e Desenvolvimento do Furo (2)</i> .....	28
<i>Imagem 4: Exemplo de imersão da Bomba</i> .....	29
<i>Imagem 5: Ensaio de Caudal usando dois métodos</i> .....	29
<i>Imagem 6: Localização de Centro Distribuidor do Primeiro FPA</i> .....	41
<i>Imagem 7: Localização de Centro Distribuidor do Segundo FPA</i> .....	42
<i>Imagem 8: Localização de Centro Distribuidor do Terceiro FPA</i> .....	43
<i>Imagem 9: Subsistemas do Primeiro FPA</i> .....	46
<i>Imagem 10: Subsistemas do segundo FPA</i> .....	57
<i>Imagem 11: Subsistemas do terceiro FPA</i> .....	62
<i>Imagem 12: Desinfecção da água por cloração</i> .....	72

## **INDÍCE DE TABELAS**

<i>Tabela 1: Tabela explicativa de previsão, execução e controlo</i> .....	38
<i>Tabela 2: Resumo dos valores das capitações segundo RSPDADAR</i> .....	47
<i>Tabela 3: Capacidade do SAA do primeiro FPA</i> .....	48
<i>Tabela 4: Verificação de velocidade de condutas adutoras SAA DO 1º FPA</i> .....	50
<i>Tabela 5: Redimensionamento do sistema (SAA 01) .....</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>Tabela 6: Capacidade do SAA do segundo FPA</i> .....	58
<i>Tabela 7: Verificação de velocidade de condutas adutoras SAA DO 2º FPA</i> .....	60
<i>Tabela 8: Redimensionamento do sistema (SAA 02) .....</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>Tabela 9: Capacidade do SAA do terceiro FPA 03</i> .....	63
<i>Tabela 10: Verificação de velocidade de condutas adutoras SAA DO 3º FPA</i> .....	65
<i>Tabela 11: Redimensionamento do SAA DO 3º FPA</i> .....	66
<i>Tabela 12: Limites máximos e mínimos de parametros de qualidade de água potável</i> . 73	
<i>Tabela 13: Classificação dos SAA dos FPAs quanto a capacidade de fornecer água com qualidade</i> .....	76

## Lista de Símbolos e Abreviaturas

- CW-Coeficiente de Hazen Williams [-]
- DN- Diâmetro Nominal [mm]
- DNAAS- Direcção Nacional de Abastecimento de Águas e Saneamento
- EDM- Electricidade De Moçambique
- ETA- Estação de tratamento de Água
- FENG – Faculdade de Engenharia
- FPA- Fornecedor Privado de água
- HDPE-Polietileno de alta densidade
- MISAU- Ministério da Saúde
- MZN-Metical moçambicano
- PN- Pressão Nominal [bar]
- PVC-policloreto de vinila
- Q- Caudal [ $m^3/s$ ]
- RGSPDADAR- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
- SAA – Sistema de Abastecimento de Água
- U- Velocidade efectiva [m/s]
- UEM – Universidade Eduardo Mondlane
- USAID- Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional
- WASH-FIN – Financiamento de água, Higiene e Saneamento

# CAPÍTULO I: introdução

## 1. Introdução

O abastecimento de água através dos serviços públicos, vem enfrentando dificuldades em satisfazer a demanda de água a população devido o défice de infraestrutura e outros desafios, apesar do esforço levado a cabo pelo governo de Moçambique para dar mais pessoas acesso à água, em particular as áreas periurbanas, o sector privado tem vindo a desempenhar um importante papel de complementaridade através de construção de infraestruturas de abastecimento de água a população nas zonas periurbanas onde o serviço público é deficiente ou inexistente. O objectivo inicial do sector privado era de satisfazer as necessidades básicas do agregado familiar melhorando deste modo a qualidade de vida da população através do acesso à água. No entanto, este evoluiu para um negócio familiar de forma informal que foi crescendo gradualmente em número e tamanho.

Os Fornecedores Privado de Água (FPA), são considerados fornecedores locais de serviços de abastecimento de água, de pequena escala que operam na área de jurisdição do servidor público, sendo estes predominantes em África e em alguns países de Ásia (como é o caso de Camboja). Segundo o WASH-FIN sobre um programa de capacitação dos FPAs, foi feito um levantamento pelo sector de águas com apoio do projecto SPEED+, onde estima que em 2018 existiam cerca de 1.840 FPAs em todo o país (Moçambique) a abastecer aproximadamente 1,76 milhões de pessoas.

Embora a literatura existente sobre os FPAs seja limitada, alguns estudos levados a cabo apontam algumas fragilidades nos sistemas de abastecimento de água operados pelos FPAs, problemas estes relacionados com aspectos técnicos que põem em causa a qualidade dos serviços prestados no abastecimento de água.

O sistema de abastecimento de água do FPA é geralmente composto por um conjunto isolado de infraestruturas, as quais são constituídas por furos, tratamento, armazenamento e rede de distribuição de água, e dependendo da sua dimensão e complexidade, estes podem ser compostos somente de captação (furos), depósito de armazenamento, alguns fontanários e ligações domiciliárias limitadas.

Dada a relevância e impacto nas comunidades, o governo de Moçambique reconheceu a contribuição dada pelos FPAs para a cobertura do abastecimento de água a Moçambique através do Decreto nº. 51/2015, que criou o quadro legal para a sua legalização e licenciamento das suas actividades. No âmbito do referido quadro, os FPAs são classificados consoante o número de clientes, sendo da classe mais baixa com menos de 500 clientes e, a mais alta tem mais de 5000 clientes.

O presente trabalho tem como objectivo geral avaliar o impacto dos aspectos técnicos no serviço prestado pelos fornecedores privados de água em Moçambique, com enfoque na Província e Cidade de Maputo.

## **2. OBJECTIVOS**

### **2.1. Objectivo Geral**

O objectivo geral do estudo é avaliar o impacto dos aspectos técnicos no serviço prestado pelos Fornecedores Privados de Água em Moçambique, com Enfoque na Província e Cidade de Maputo.

### **2.2. Objectivos Específicos**

- 2.2.1. **Objectivo Específico 1:** avaliar o impacto da concepção técnica, desenho e construção dos sistemas de abastecimento de água dos fornecedores privados no serviço prestado aos consumidores.

2.2.2. **Objectivo Específico 2:** avaliar o impacto dos sistemas de gestão técnica predominante nos sistemas de abastecimento de água dos fornecedores privados no serviço prestado aos consumidores.

2.2.3. **Objectivo Específico 3:** avaliar o impacto das práticas de manutenção em implementação nos sistemas de abastecimento de água dos fornecedores privados no serviço prestado aos consumidores.

### **3. PROBLEMATIZAÇÃO**

Baseando-se nos objectivos específicos citados no número 2.2, este trabalho cinge-se a responder as seguintes questões:

#### **3.1. Questão 1**

Qual é o impacto da forma como os sistemas de abastecimento de água FPAs de Moçambique são dimensionados e construídos na qualidade do serviço prestado aos consumidores?

#### **3.2. Questão 2**

Qual é o impacto do modelo de gestão prevalecente nos fornecedores privados de água de Moçambique, na qualidade do serviço prestado aos consumidores?

#### **3.3. Questão 3**

Qual é o impacto dos modelos de manutenção em usos pelos FPAs de Moçambique têm na qualidade do serviço prestado aos consumidores?

#### **3.4. Questão 4**

Em que medida os aspectos técnicos prevalecentes nos sistemas dos fornecedores privados de água de Moçambique influenciam a qualidade do serviço prestado aos seus consumidores?

## **4. EXPLICAÇÃO DAS QUESTÕES**

### **4.1. Questão 1**

Um sistema de abastecimento de água é dimensionado para satisfazer a demanda de água actual e futura dos consumidores em termos de volumes, para abastecer os consumidores com regularidade temporal necessária e abastecer água com a devida qualidade e pressão estabelecidas pelas autoridades competentes .

Um dimensionamento e construção deficiente do sistema pode afectar negativamente a sua funcionalidade nos seguintes aspectos:

- Capacidade de satisfazer a demanda de água (capacidade instalada);
- Capacidade de fornecer água com qualidade para o consumo humano (qualidade da água);
- Capacidade de fornecer com regularidade mínima exigida (tempo de fornecimento);  
e
- Capacidade de fornecer água com pressão;

### **4.2. Questão 2**

A gestão técnica de um sistema de abastecimento de água fundamenta-se num conjunto de dados gerais, com base os quais se gera informação para que define os mecanismos de gestão, ou seja, tomada de decisões efectivas. A ausência de indicadores de gestão, pode comprometer o desempenho e a eficiência dos sistemas de abastecimento de água. Esta questão tem como objectivo avaliar o impacto do modelo de gestão técnica dos sistemas nos seguintes aspectos:

- Capacidade de controlo do grau de aproveitamento dos recursos disponíveis (Produção comparada ao consumo);
- Capacidade de instrumentação que permite o registo de informação necessária para a gestão técnica e a monitoria do sistema.(manómetros, contadores, válvulas de retenção e válvulas de corte)
- Capacidade técnica humana para a gestão técnica do sistema.

### **4.3. Questão 3**

/

- Tipo de manutenção prevalente em alguns sistemas dos fornecedores privados de água em Moçambique nos serviços prestados aos consumidores;
- Plano de manutenção dos equipamentos (reservatórios, bombas hidráulicas, infraestrutura e instrumentos de registos)

#### **4.4. Questão 4**

Esta questão tem como objectivo avaliar em que medida a qualidade dos serviços prestados aos consumidores por fornecedores privados de água, foi influenciada pelos aspectos desenvolvidos nos problemas 1, 2 e 3 durante o estudo;

### **5. Metodologia**

O objectivo deste trabalho é avaliar o impacto relativo a aspectos técnicos dos FPAs, por forma a trazer recomendações de boas práticas a serem exercidos eles para melhorar a qualidade do serviço prestado. A metodologia usada para alcançar estes objectivos foi dividida em duas partes, sendo:

**Parte I:** Literatura e documentação relacionada com FPAs e sistemas de abastecimento de água vigentes no país, tais como:

- Legislação e regulamentos aplicáveis aos sistemas de abastecimento de água em Moçambique;
- Projectos de construção dos sistemas de abastecimento de água;
- Registos de operação e manutenção dos FPAs;
- Pesquisas e consultas bibliográficas de manuais;
- Pesquisas e consultas na internet;

Assim como:

- Consultas e discussões de ideias com o supervisor;
- Consultas e discussões de ideias com a equipa WASH-FIN (ARD INC);
- Preparação de inquéritos aos FPAs.

**Parte II:** Trabalho de campo

Foram feitas visitas de campo aos sistemas de abastecimento de água de 7 FPAs, com objectivo de fazer uma avaliação dos aspectos técnicos no campo, e para observações directas no campo versus a literatura.

O levantamento de alguns dados técnicos compreendeu visitas efectuadas aos SAA de 7 (sete) FPAs, na Cidade e Província de Maputo nomeadamente:

- Cidade de Maputo, Distrito KaMubukwana, Bairro Magoanine B;
- Província Maputo, Cidade de Matola, Bairro Ndlavela;
- Província de Maputo, Distrito da Manhiça Bairro Mazzule;
- Província de Maputo, Distrito de Marracuene, Bairro Mali B;
- Província de Maputo, Distrito Magude, Bairro da Vila C;

## **6. Apresentação da Instituição e do projecto**

A ARD, INC, é uma empresa de consultoria de engenharia e assistência técnica, subsidiária da empresa Tetra Tech ARD, com sua sede nos Estados Unidos da América.

A ARD, INC está desde Novembro de 2018 a implementar o Programa de Financiamento de Água, Saneamento e Higiene (WASH-FIN), financiado pela Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID) que tem como objectivo principal, apoiar o sector de águas a desenvolver estratégias e ferramentas para incrementar o financiamento ao sector e reduzir/eliminar o défice de financiamento que actualmente se regista. Para o efeito, está a implementar uma série de actividade que incluem a capacitação dos provedores de serviço de abastecimento de água privados em matérias de gestão técnica, financeira e de desenvolvimento de negócio.

## ***CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA***

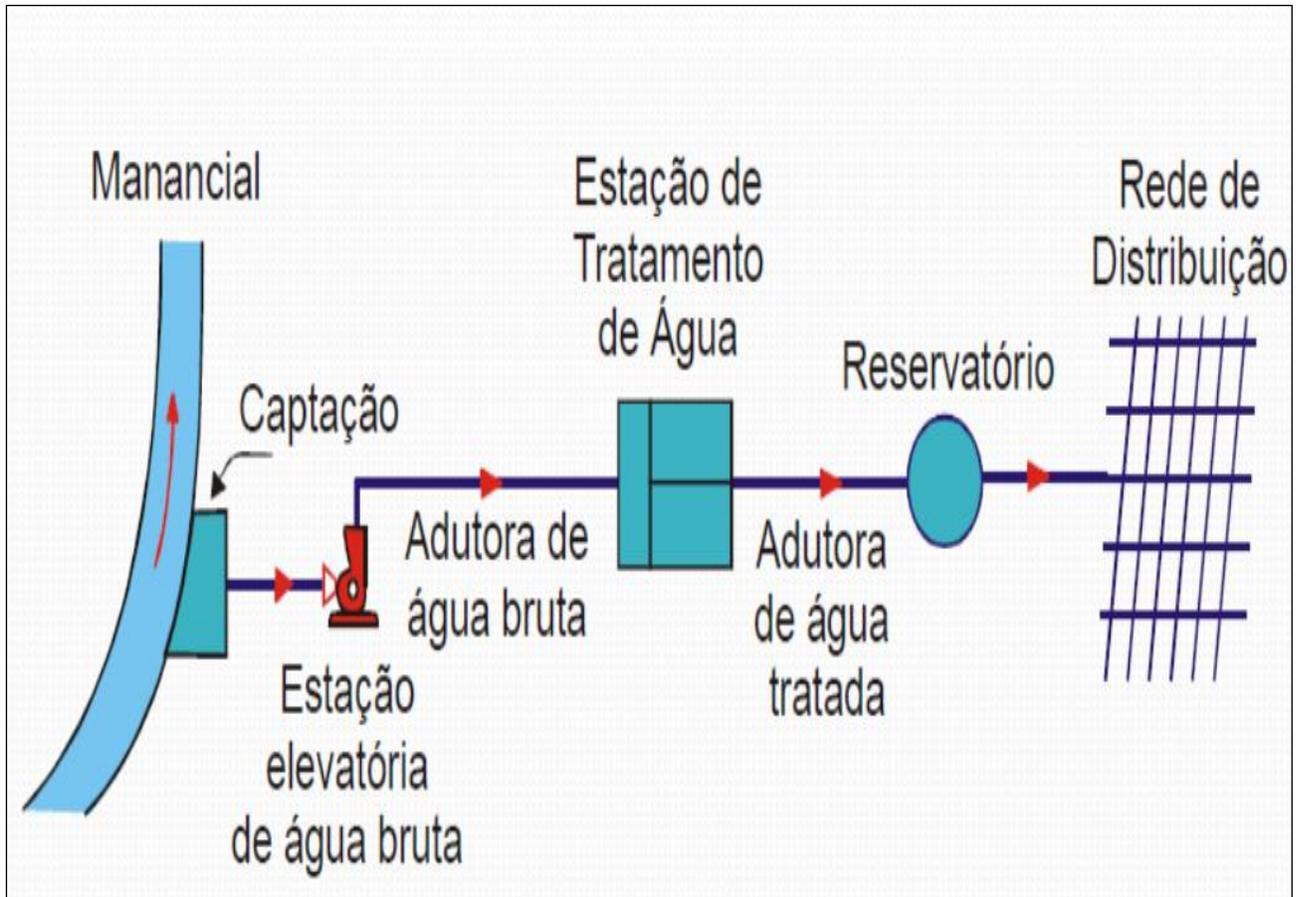
### **1. Enquadramento legal dos FPAs**

Havendo necessidade de regulamentar a actividade dos fornecedores privados do serviço de abastecimento de água, o governo de Moçambique reconheceu a contribuição dos FPAs para a cobertura do abastecimento de água a Moçambique através do Decreto nº.51/2015, que criou o quadro legal para a sua legalização e licenciamento das actividades, consoante o número de clientes.

### **2. Sistemas de abastecimento de água**

Entende-se por Sistema de Abastecimento de Água, um conjunto de diversas unidades/infraestruturas de construção civil tais como, o Manancial, Captação, Adução, estação de tratamento, reserva de água tratada e a rede de distribuição(Fig.0-1). Este, têm como objectivo levar água potável para o uso no consumo doméstico, indústria, serviço público, entre outros.

**Figura 0-1:** Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para o consumo humano.



**Fonte:** ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

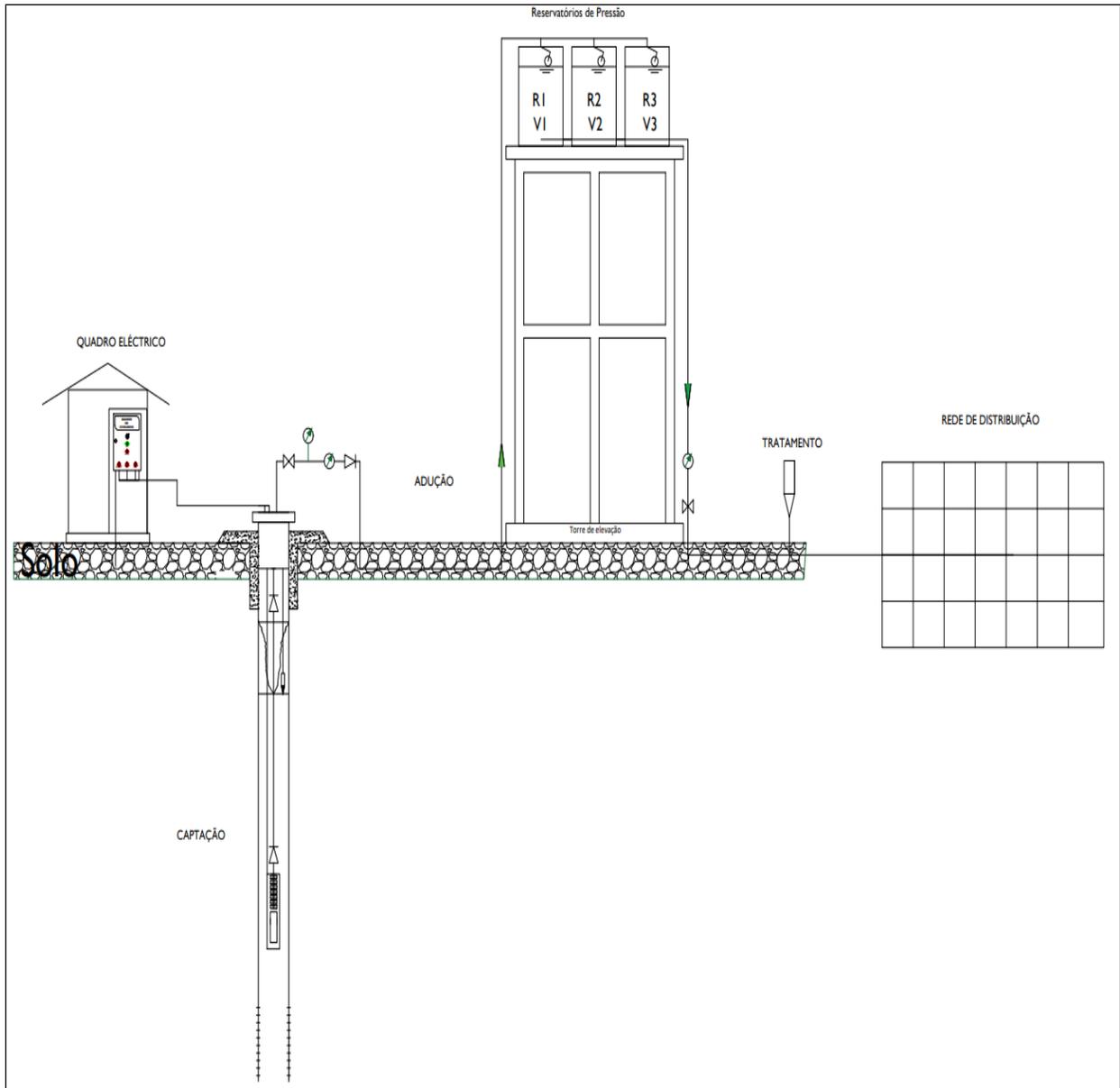
### 3. Composição básica de SAA do FPA

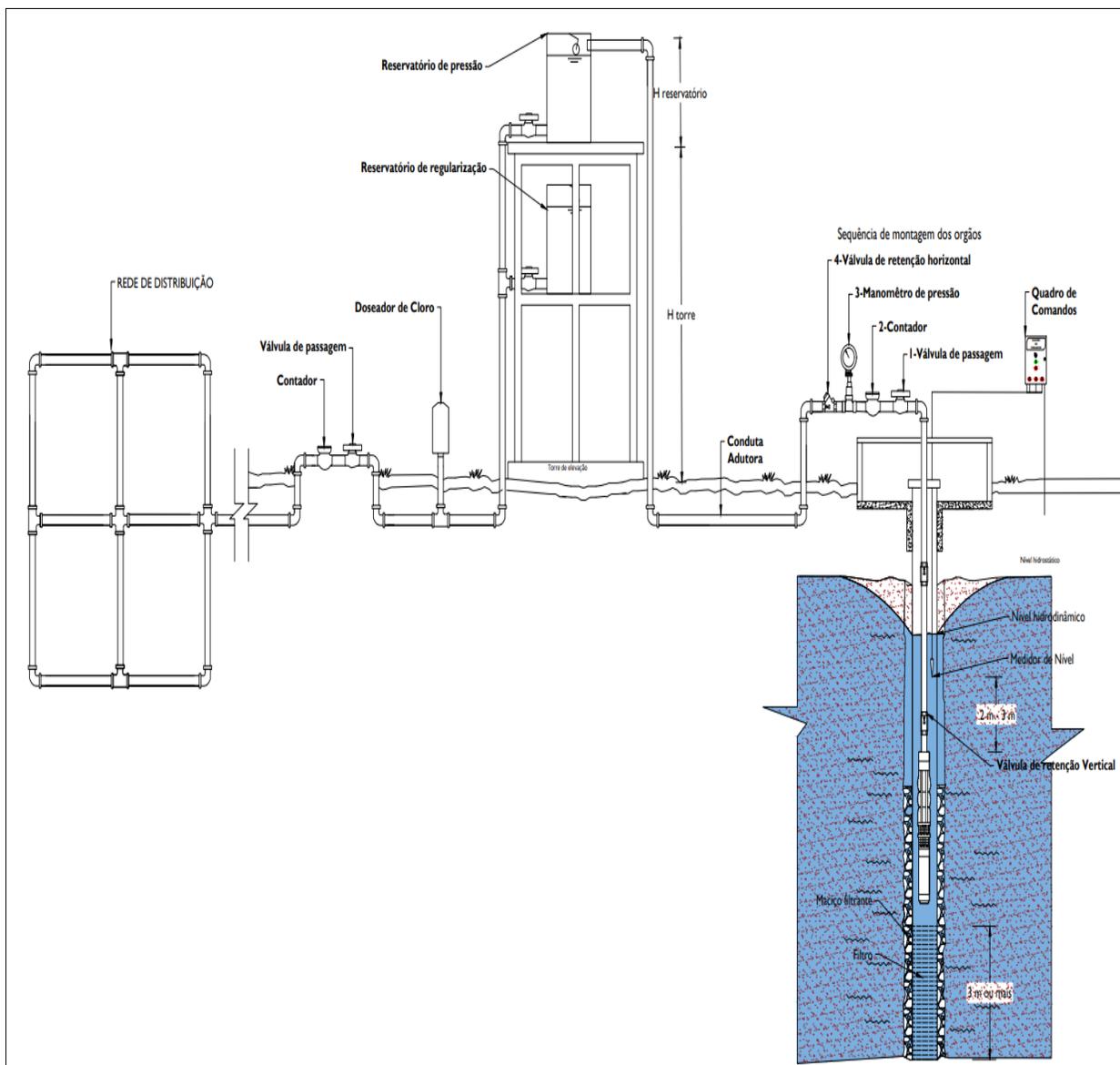
O sistema de abastecimento de água típico de sector privado apresenta os seguintes componentes básicos a saber:

- **Captação:** normalmente subterrânea, por um ou mais furos (que minimiza custos de tratamentos), equipados cada um deles com um grupo electrobomba submersível.
- **Adução:** na maioria das vezes por tubagem HDPE (devido a sua flexibilidade) que transporta a água do furo a torre elevada que normalmente fica localizada junto ao(s) furo (s).

- **Reservatório:** que comporta uma estrutura de elevação e suporte em betão armado ou metálica que sustenta depósitos plásticos.
- **Tratamento:** que é feito por meio de um doseador de cloro que faz a dosagem directamente para a tubagem de saída do depósito elevado para a rede de distribuição ou por adição manual do cloro nos depósitos elevados.
- **Rede de Distribuição:** que comporta tubagem primária e ramais de ligações que alimentam os consumidores na sua grande maioria, por ligações domésticas.

**Figura 0-2:** Representação esquemática de SAA tipo do FPA





Fonte: WASH-FIN

#### 4. Princípios básicos de dimensionamento de SAA

Os sistemas de abastecimento de água são concebido de maneira a atender as necessidades dum aglomerado populacional existente tanto no presente assim como no futuro, numa determinada região ou comunidade. Os sistemas devem ter capacidade de satisfazer a demanda em quantidade, qualidade e pressão.

As fases que são necessárias para entregar essa água garantem a qualidade para consumo doméstico, nos serviços públicos, no uso industrial etc.

De forma a projectar um sistema de abastecimento de água, deve-se separar o projecto em duas partes, que são:

a) **Memorial descritiva**

Nesta primeira alínea, descreve-se a região ou localidade que se pretenda projectar. Esse ponto compreende também para além do número de habitantes as actividades económicas da região.

Dado que a implantação ou seja, a construção ocorrerá por etapas essa parte da documentação deve conter as técnicas a serem adoptadas, e materiais a serem empregados.

b) **Memória de cálculo**

A memória de cálculo deve conter informações técnicas compreendendo o dimensionamento do sistema, essas informações seguem os seguintes passos:

- Dados demográficos da região;
- Determinação da população(demanda) presente (no início de exploração) e população futura (no horizonte do projecto), com base em taxa de crescimento;
- Determinação dos consumos doméstico, útil e de dimensionamento (no início e no horizonte do projecto)
- Dimensionamento da conducta aductora;
- Dimensionamento da reserva de água;
- Dimensionamento da rede de distribuição;
- Dimensionamento da Estação Elevatória;

**4.1. Demanda de água**

Define-se como necessidade média de água de uma determinada comunidade, aquela quantidade de água que esta precisa dispor para que os habitantes da mesma usufruam de água sem quaisquer restrições de ordem quantitativa.

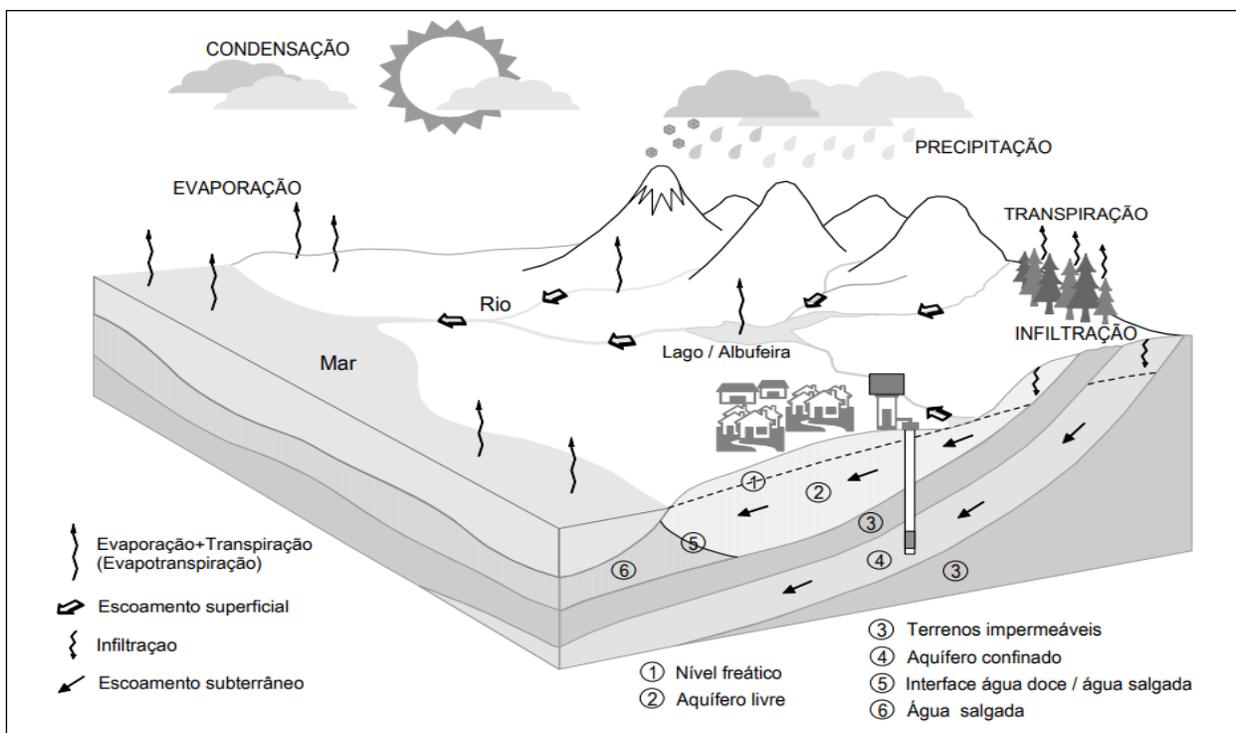
**4.2. Construção de furos de água**

### 4.2.1. Ciclo Hidrológico

O conceito de ciclo hidrológico é extremamente útil para se iniciar o estudo da Hidrologia. O ciclo hidrológico descreve os diversos caminhos através dos quais a água na natureza circula e se transforma, constituindo um sistema de enorme complexidade.

O ciclo hidrológico não tem início ou fim: o ponto de início para a descrição do ciclo hidrológico é arbitrário, podendo por exemplo partir-se da evaporação da água dos oceanos e sua passagem para a atmosfera. A figura abaixo ilustra o resumo da ocorrência do ciclo hidrológico (fig.0-3).

**Figura 0-3:** Ciclo hidrológico



**Fonte:** A. Silva Soares e Ana Pinto (Comissão sectorial para a água-CS/04)

### 4.2.2. A água a captar

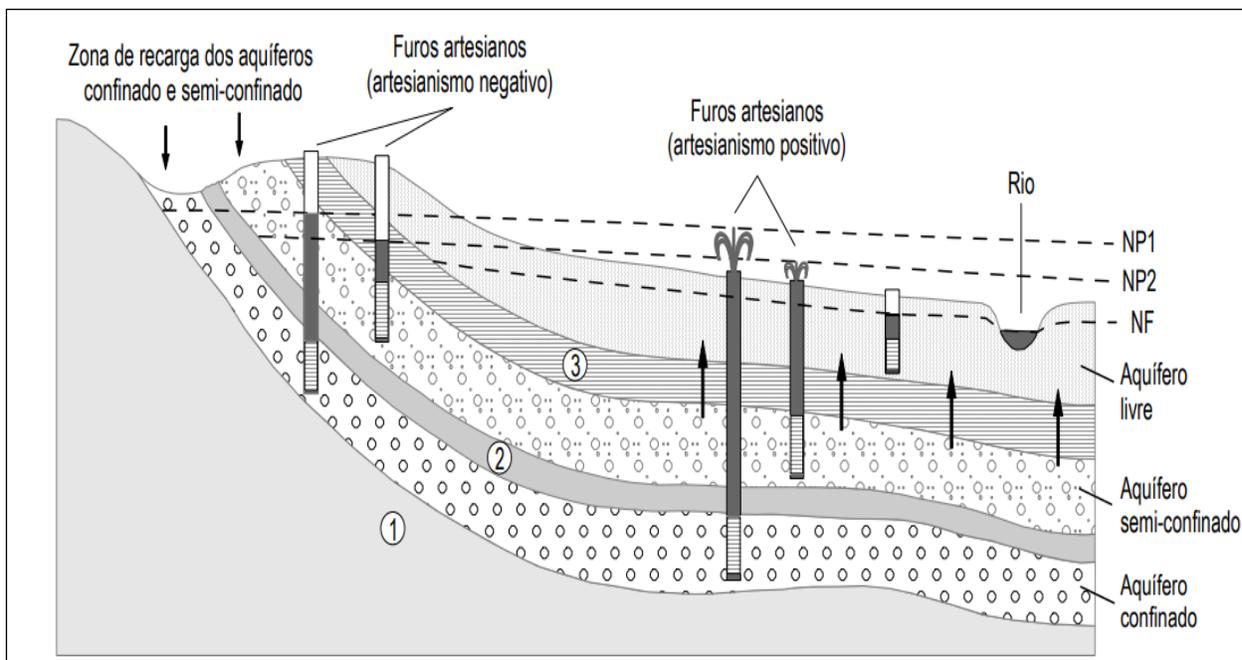
A água a captar é aquela que existe no meio de formações geológicas (rochas ou terrenos). Assim sendo é necessário que essas formações constituam “aquíferos”, isto é, contenham “espaços” ou “vazios” (poros, fissuras e cavidades) acessíveis à água, e que, subsequentemente, permitam o seu armazenamento e circulação, bem como a exploração com vista a satisfação das diferentes necessidades do Homem em condições economicamente vantajosas.

Os aquíferos podem ser classificados quanto à pressão a que está submetida a água neles contida. Neste contexto, existem vários tipos de aquíferos, mas para o presente trabalho far-se-á a descrição de somente dois tipos, que são:

- **Aquífero Freático-** aquífero em que a superfície livre da água nele contida está à pressão atmosférica. Os aquíferos freáticos são superficiais ou sub-superficiais, o que facilita a sua exploração e recarga, mas também a sua contaminação;
- **Aquífero Confinado-** Este tipo de aquífero é limitado superior e inferiormente por formações impermeáveis ou parcialmente impermeáveis. Nos aquíferos confinados, a água está submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica e todos os poros ou espaços estão completamente saturados de água. Num furo que cruza um aquífero confinado, o nível da água ou nível piezométrico subirá acima do limite superior do aquífero até estabilizar num determinado nível. Este fenómeno é conhecido por artesianismo. Diz-se artesianismo positivo quando o nível piezométrico atinge e ultrapassa a superfície do terreno; diz-se artesianismo negativo quando o nível piezométrico não atinge a superfície do terreno;

A figura abaixo ilustra a classificação dos aquíferos quanto à pressão

**Figura 0-4:** Classificação dos aquíferos quanto à pressão



**Fonte:** A. Silva Soares e Ana Pinto (Comissão sectorial para a água-CS/04)

### **4.2.3. Métodos de perfuração**

Existem vários métodos de perfuração para a construção de furos de captação de águas subterrâneas.

A selecção do melhor método depende da finalidade, da profundidade que se pretende atingir, das formações geológicas a perfurar e de factores económicos.

Os principais métodos de perfuração são os seguintes:

- Percussão
- Rotação com circulação directa e rotação com circulação inversa;
- Rotopercussão (percussão pneumática com “martelo de fundo de furo).

#### **4.2.3.1. Perfuração por Percussão mecânica**

A perfuração por percussão baseia-se no esmagamento do material geológico por impacto de um trépano suspenso por um cabo, sendo o seu movimento de descida e subida controlado por um balancim. O material desagregado vai sendo retirado progressivamente através de uma limpadeira.

Vantagens do método:

- Eficácia em formações geológicas com algum grau de consolidação;
- Permite mostrar o material geológico de modo bastante representativo;
- Permite a execução de ensaios de produtividade durante a perfuração;
- Baixo consumo de água;
- Baixo consumo de combustível;
- Desvios muito pequenos na direcção do furo;

Desvantagens do método:

- Requer revestimentos provisórios no caso de formações geológicas não consolidadas;
- Baixa velocidade de avanço da perfuração;

- Apresenta custos adicionais resultantes do tempo despendido em manobras de descida e subida;
- O diâmetro de perfuração vai sofrendo reduções com a profundidade;
- O furo terá de ser vertical;

#### **4.2.3.2. Perfuração por rotação**

Este método, consiste em triturar e desgastar as formações litológicas, reduzindo-as pequenas partículas através da utilização de um trépano giratório. Os movimentos rotativos do trépano são acompanhados pela circulação de um fluido, usualmente “lamas” constituídas por misturas mais ou menos estáveis densas e viscosas à base de bentonite e de outras substâncias com água, cuja função é remover e trazer os detritos da perfuração até à superfície, evitar o desmoronamento das paredes da perfuração, lubrificar e arrefecer as ferramentas cortantes.

A perfuração por rotação pode ser realizada com circulação directa ou circulação inversa.

#### **4.2.3.3. Perfuração por rotação com circulação directa**

No caso da circulação directa (fig.5), por acção de uma bomba de alta pressão as “lamas” são injectadas pelo interior da cabeça da sonda, saindo no fundo do furo por orifícios do trépano (trépanos de roletes ou trialeta).

De seguida, as “lamas” ascendem pelo espaço compreendido entre a parede exterior das varas de perfuração e as paredes da sondagem, arrastando consigo os detritos da formação perfurada até à superfície.

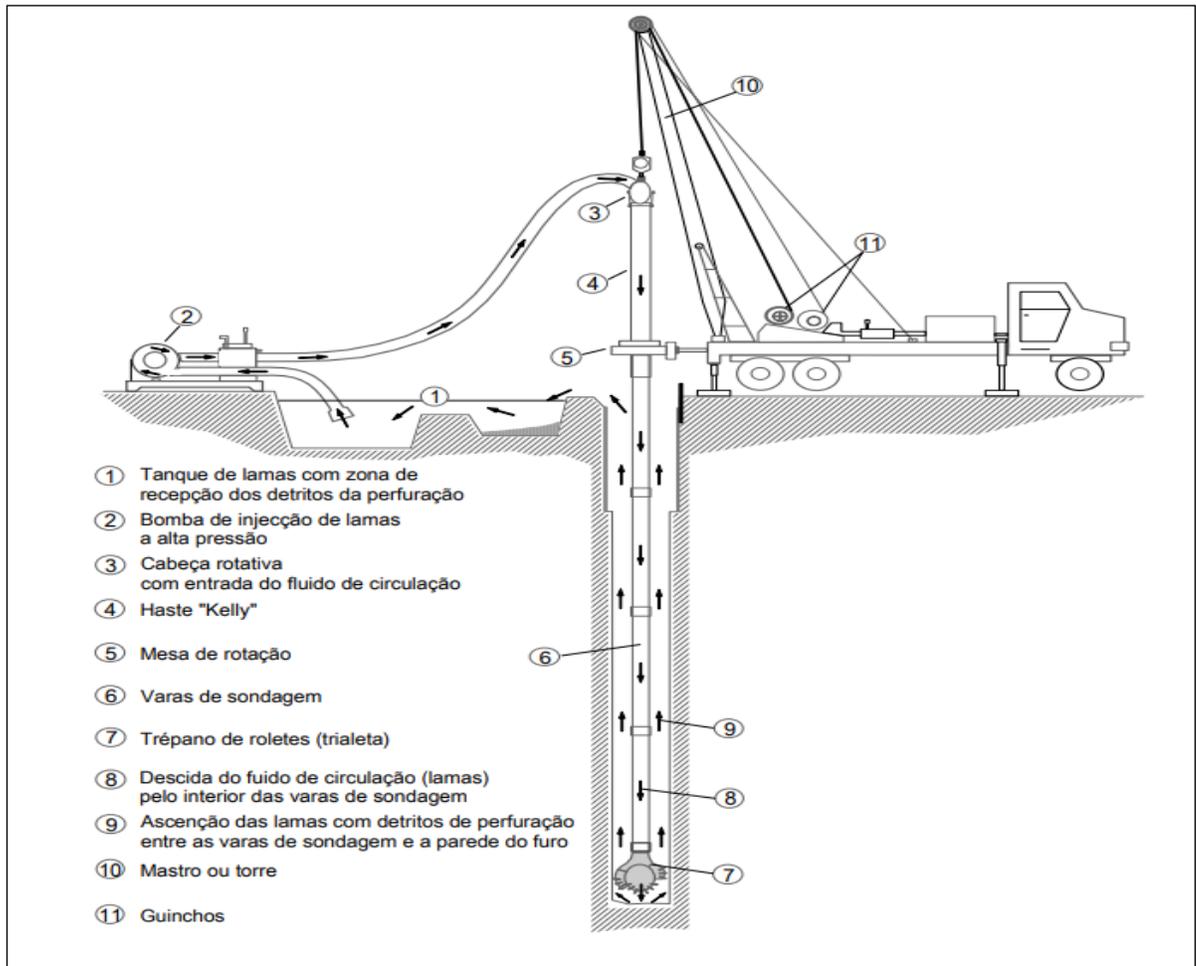
Vantagens do método:

- Eficácia em formações geológicas não consolidadas, acompanhada de um pequeno risco de colapso do furo, evitando-se muitas vezes a utilização de revestimentos provisórios;
- Permite avanços relativamente rápidos;
- Perdas de fluido de circulação controláveis;

Desvantagens do método:

- Equipamento dispendioso;
- Apresenta custos adicionais resultantes do tempo despendido em manobras de descida e subida;
- Caracterização da amostragem de formações geológicas dificultada pelo remeximento e pelo atraso em relação ao avanço da perfuração o que pode conduzir a medições deficientes das profundidades de posicionamento dos filtros;
- Pode induzir a impermeabilização e a contaminação das formações produtivas;
- Alguma dificuldade em manter constante a direcção de perfuração, sendo requerida uma boa técnica de execução;

**Figura 0-5:** perfuração por rotação com circulação directa



**Fonte:** A. Silva Soares e Ana Pinto (Comissão sectorial para a água-CS/04)

**Figura 0-6:** perfuração por rotação com circulação directa de água ou lama



**Fonte:** CFPA

#### 4.2.3.4. Perfuração por rotação com circulação inversa

Na circulação inversa (fig. 7), as “lamas” descem do respectivo tanque até ao fundo do furo através do espaço compreendido entre a parede exterior das varas de perfuração e as paredes da sondagem. Posteriormente, a ascensão das “lamas” e dos detritos efectua-se pelo interior das varas que constituem a coluna de perfuração, com ajuda de ar comprimido, formando-se uma emulsão ar-lamas de menor densidade.

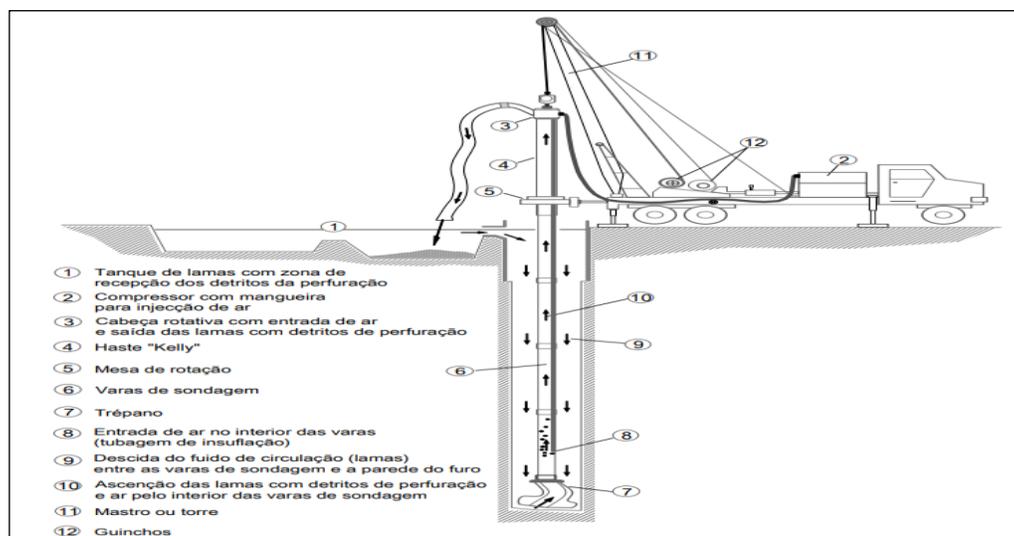
Vantagens do método:

- Permite a execução de furos de maior diâmetro mais produtivos;
- Elevada capacidade de remoção dos detritos de perfuração, o que permite avanços mais rápidos;
- Boa qualidade de amostragem;

Desvantagens do método:

- Equipamento de maiores dimensões;
- Necessidade de maior número de operadores;
- Necessidade de um tanque de lamas maior e consumo de água mais exigente face ao elevado débito de injeção;
- Maior área de estaleiro;
- Riscos de entupimento das varas detritos de grande diâmetro.

**Figura 0-7:** perfuração por rotação com circulação inversa

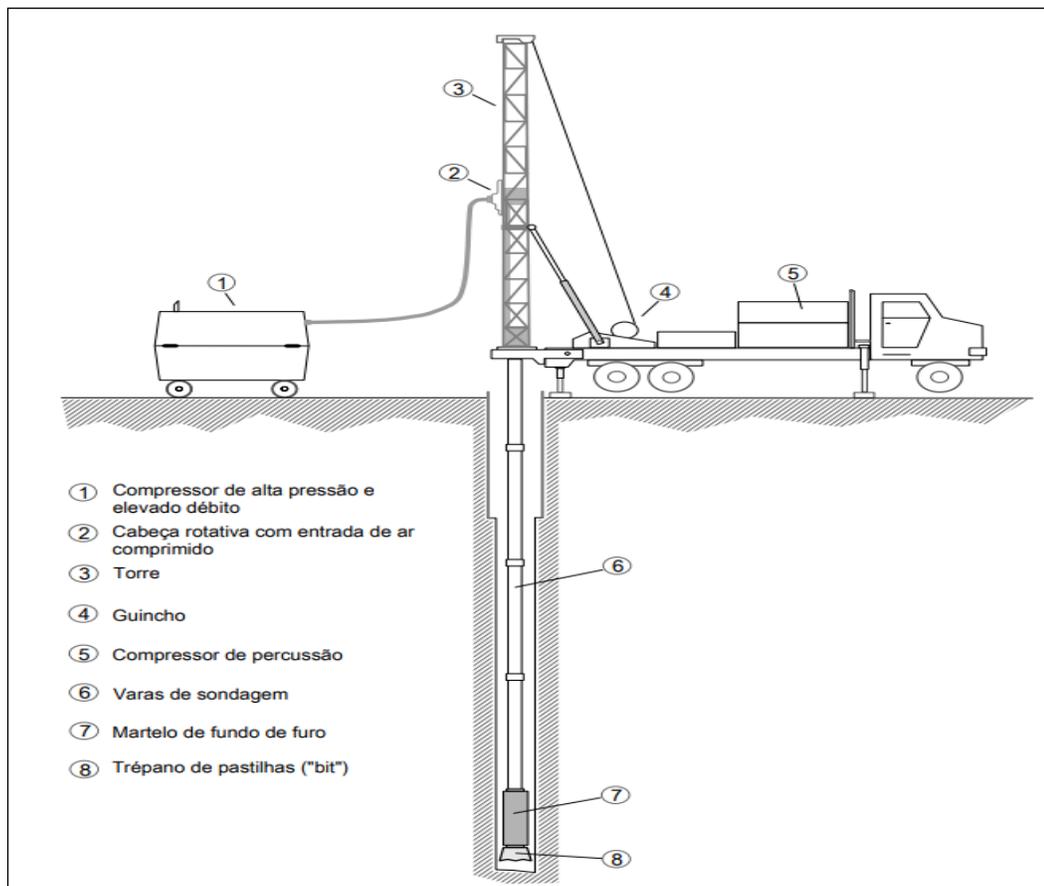


**Fonte:** A. Silva Soares e Ana Pinto (Comissão sectorial para a água-CS/04)

#### 4.2.3.5. Perfuração por roto percussão

O método baseia-se numa acção principal de esmagamento e corte provocada por uma ferramenta accionada por ar comprimido, em que se pode combinar um pequeno movimento de rotação de um “bit” (broca) transmitido pelas hastes de perfuração e um movimento de percussão de elevada frequência e de pequeno curso, dado por um martelo de fundo de furo. Neste caso, o fluido de circulação pode ser o próprio ar comprimido, produzido a partir de um compressor, que é transmitido pelo interior da coluna de perfuração, passando pelo martelo e “bit”, servindo também como fluido de limpeza. Como complemento à utilização de ar comprimido e visando resolver problemas de limpeza e/ou de instabilidade das paredes de perfuração, podem ser adicionadas “espumas” no fluido de circulação, para diminuição do seu peso específico.

**Figura 0-8:** Perfuração por Roto percussão com martelo de fundo de furo



**Fonte:** A. Silva Soares e Ana Pinto (Comissão sectorial para a água-CS/04)

**Imagem 1:** Perfuração por rotopercussão com martelo de fundo de furo



**Fonte:** CFPAS

Vantagens do método:

- Elevada eficácia em rochas duras e consolidadas, com rapidez de perfuração/remoção dos detritos;
- Permite estimar a produtividade das formações aquíferas durante a perfuração;
- Não provoca a impermeabilização das zonas produtivas;
- Redução de custos pela elevada rapidez de perfuração;
- Em regra, não necessita de água;

Desvantagens do método:

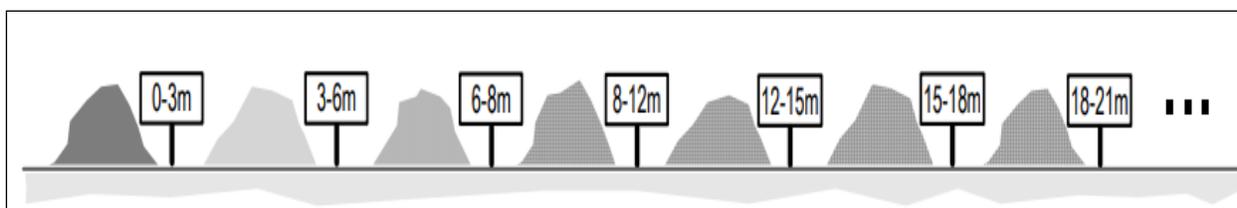
- Só é eficaz em formações consolidadas;
- Trata-se de um método destrutivo relativamente à amostragem (amostragem deficiente);
- Conseguem-se, geralmente, furos com diâmetros mais reduzidos do que nos outros métodos;
- Dificuldade em manter a direção da perfuração.

#### **4.2.4. Amostragem do material perfurado**

Quando da execução da sondagem (de pesquisa ou com o diâmetro final) serão recolhidas amostras de terreno em intervalos regulares, geralmente de 3 em 3 metros, ou sempre que o terreno atravessado varie significativamente. Estas amostras deverão ser colocadas em lugar protegido da passagem de viaturas ou pessoas (ou animais) e da chuva, separadas por um pequeno espaço para evitar que se misturem. A cada amostra deve corresponder uma etiqueta numerada, com as profundidades inicial e final a que foi obtida.

A figura abaixo ilustra a deposição no terreno das formações geológicas atravessadas e respectivas etiquetas.

**Figura 0-9:** Perfuração por rotopercussão com martelo de fundo de furo



**Fonte:** Comissão Sectorial para CS/04 Água, Manual de boas práticas para execução e exploração de captação de águas subterrâneas, Instituto Português da Qualidade | 2012)

A importância da colecção das amostras, recolhidas na fase de pesquisa, é verificado quando o Técnico responsável pela obra não dispõe de outros dados (diagrafias), pode definir a posição e características dos filtros a intercalar na coluna de revestimento definitivo, o tipo de seixo a ser colocado entre a coluna e o terreno, assim como a zona a insolar para evitar contaminações indesejadas.

#### 4.2.5. Controlo de qualidade da água

No caso das sondagens por percussão ou por rotopercussão, sempre que é atravessada uma formação aquífera, deve proceder-se ao controlo da qualidade da sua água através da medição **in situ** de parâmetros físico-químicos, tais como:

- Condutividade eléctrica e/ou sólidos totais dissolvidos;
- PH;
- Temperatura;

#### **4.2.6. Transformação do furo de pesquisa em captação**

**4.2.7.** Terminados os trabalhos de pesquisa, se os resultados então obtidos forem satisfatórios, inicia-se a fase de transformação do furo de pesquisa em captação definitiva.

Esta transformação começa com o eventual alargamento do furo de pesquisa, devendo o diâmetro final da perfuração permitir a colocação da coluna de revestimento definitivo, do maciço filtrante (se necessário)<sup>1</sup> e do equipamento de bombagem.

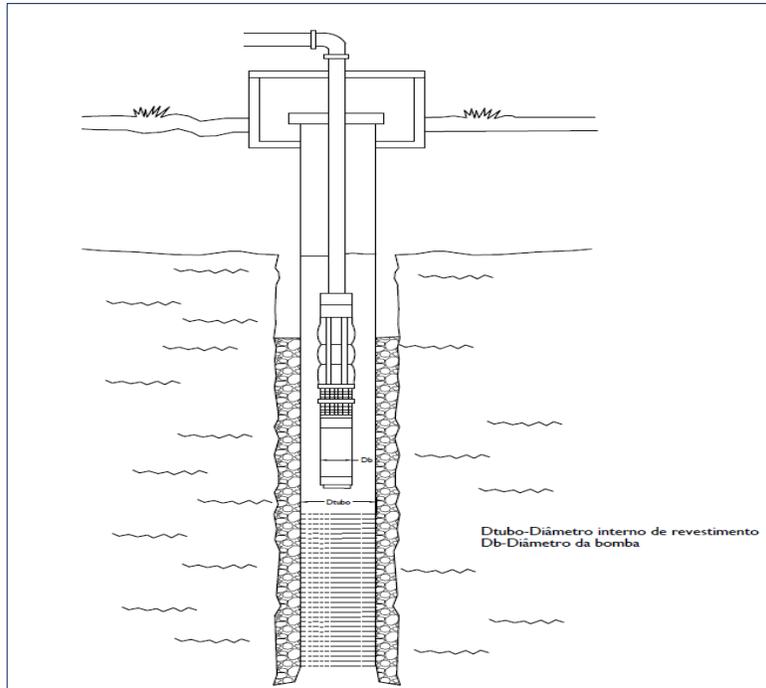
#### **4.2.8. Colocação do Revestimento e Filtros**

O diâmetro do tubo de revestimento na zona da câmara de bombagem tem de ser suficiente para acomodar o conjunto da bomba e respectivos acessórios, sendo de referir que, em regra, o diâmetro da bomba deve ser pelo menos 2” (cerca de 5.1 cm) inferior ao diâmetro interno da tubagem de revestimento (figura 10)

*Figura 0-10:* Diâmetro da bomba versus interno do revestimento do furo

---

<sup>1</sup> Nos casos de furos em rochas coesas evita-se muitas vezes a aplicação de tubagem de revestimento e, portanto, do maciço filtrante



**Fonte:** WASH-FIN

Os furos destinados a abastecimentos devem:

- Ser revestidos com tubo PVC;
- recomendável que as aberturas do filtro sejam 0.3mm. Se as aberturas forem maiores, deve-se aplicar tecido de filtro, para evitar entrada de material sólido fino;
- O filtro deve ser centralizado no furo, aplicando centralizadores.
- Durante a instalação, o equipamento não deve ser perfurado, porque enfraquece o tubo. Devendo-se utilizar braçadeiras;
- O comprimento mínimo do filtro é de 3 m. Em casos excepcionais recomenda-se instalar 6m de filtros (aquíferos possantes, mas pouco permeáveis ou vários aquíferos, mas pouco produtivos).

#### **4.2.9. Dados que devem ser registados**

- Profundidade total do furo;
- Altura estática;
- Altura dinâmica;

- Altura dos filtros;
- Caudal de exploração do furo;
- Material, comprimento e diâmetro de revestimento;
- Aberturas e comprimento das ranhuras do filtro;
- Comprimento do filtro;
- Maneira de tapar;
- Comprimento do tubo saco;
- Material e comprimento do envoltório;
- Aplicação de tecido de filtro, etc.

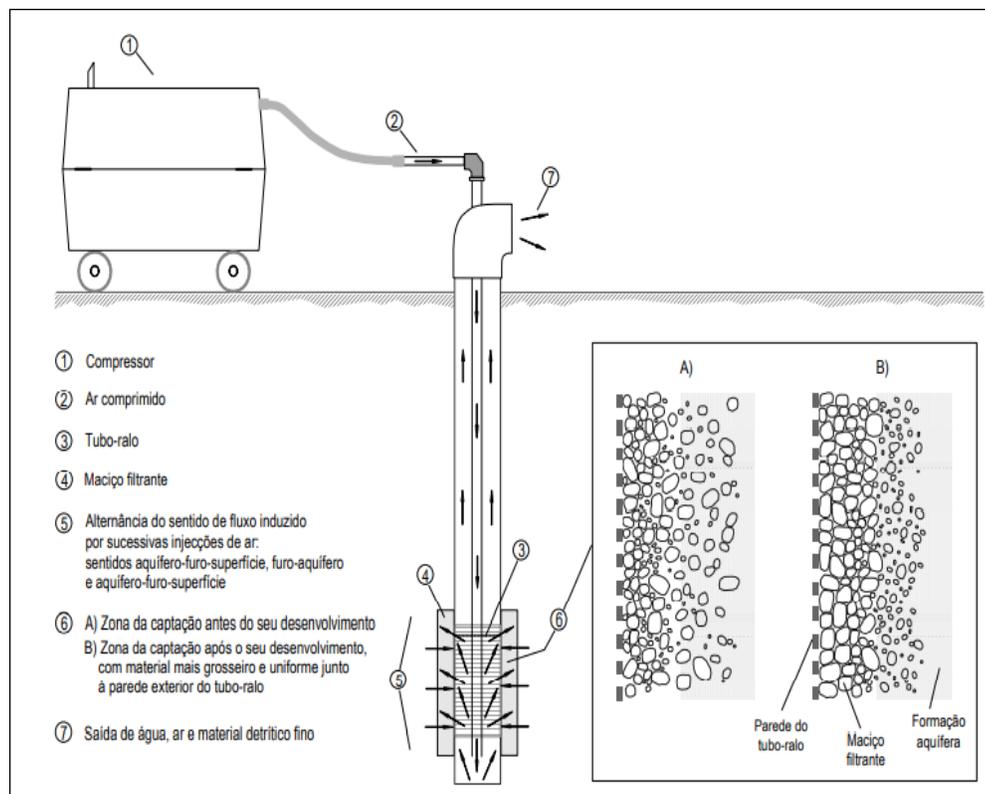
#### **4.3. Limpeza e Desenvolvimento do Furo**

- Nos métodos rotativos de perfuração com injeção de ar comprimido, faz-se ensaios preliminares.
- Faz-se durante a perfuração, depois de se atingir esse ensaio (airlift).
- Aplica-se o método volumétrico, usando balde e cronómetro.
- Este ensaio dá indicação do caudal máximo, mas não pode medir o nível dinâmico do furo.

#### **4.4. Limpeza do Furo**

- A limpeza do furo faz-se depois da colocação do revestimento e envoltório.
- Tem a função de limpar o furo de todo o material fino e de lama, formados durante a perfuração e colocação do revestimento e envoltório.
- Deve ter uma duração mínima de até sair água limpa.
- Nos métodos com circulação de lama, a limpeza deve ser muito mais prolongada.

**Figura 0-11:** Representação Esquemática do Processo de Limpeza e desenvolvimento do Furo



**Fonte:** Comissão Sectorial para CS/04 Água, Manual de boas práticas para execução e exploração de captação de águas subterrâneas, Instituto Português da Qualidade | 2012

**Imagem 2:** Imagens Ilustrativas do Processo de Limpeza e Desenvolvimento do Furo  
(1)



**Fonte:**CFPAS

**Imagem 3:** Imagens Ilustrativas do Processo de Limpeza e Desenvolvimento do Furo  
(2)



**Fonte:** CFPAS

#### **4.5. Ensaio do Caudal**

- O ensaio de caudal definitivo faz-se depois da instalação do revestimento, colocação do envoltório, encher o espaço anelar, da limpeza e desenvolvimento.

- Deve ser feito com bomba submersível, com caudal regulável através duma válvula.
- Antes de começar o ensaio, deve-se medir o nível hidrostático.
- A duração do ensaio deve ser de, no mínimo, uma hora.
- Durante a hora, mede-se o caudal, os níveis e a CE da água, para verificar se estabilizam ou não.

**Imagem 4:** Exemplo de imersão da Bomba



**Fonte:** CFPAS

**Imagem 5:** Ensaio de Caudal usando dois métodos



**Fonte:** CFPAS

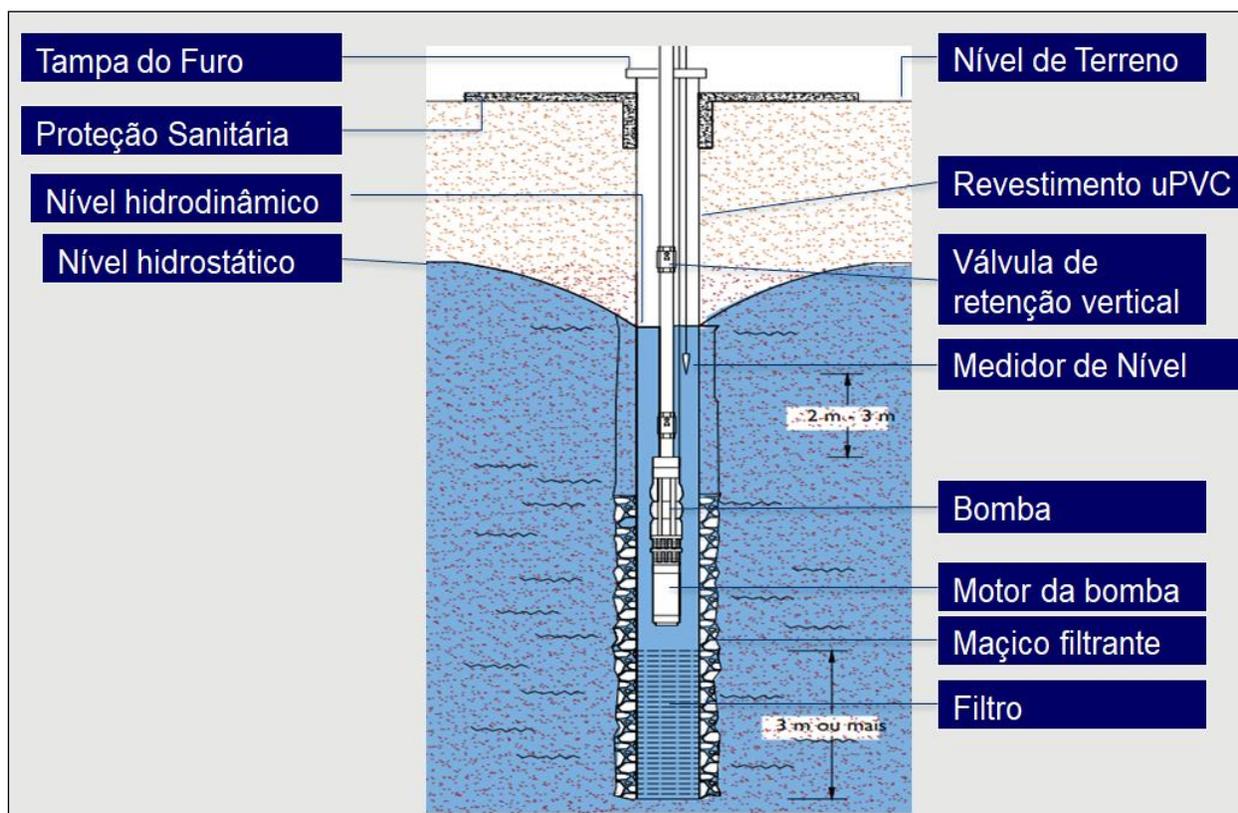
Depois de desligar a bomba, os dados que se devem registar são:

- Níveis hidrostático e hidrodinâmico;
- Caudal;
- Recuperação do nível;
- Duração do ensaio;
- Método de ensaio (bomba, compressor, etc).

#### **4.6. Acabamento do furo**

- O espaço anelar entre o revestimento e a parede do furo deve ser enchido com material não muito permeável, para evitar entrada de água contaminada.
- Os últimos 2m junto à superfície devem ser enchidos com cimento, para fazer um selo sanitário.
- Depois do ensaio, o furo deve ser fechado com uma tampa, até à instalação da bomba.
- Deve-se atribuir um número único ao furo, marcando-o no revestimento.
- Este número/código deve constar do relatório do furo.

**Figura 0-12: Acabamento do Furo**



**Fonte:** WASH-FIN

## 5. Adutoras

A adução é o transporte de água desde a captação ao armazenamento ou distribuição. A tubagem é, normalmente sem variações. Essa etapa pode funcionar de duas formas: Por gravidade ou por recalque.

## 6. Reservatórios

Os reservatórios são órgãos do SAA de armazenamento e passagem de água situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem as seguintes situações:

- Garantia da qualidade de água (demanda de consumo, de emergência e de anti-incêndio);
- Garantia de adução com vazão e altura manométrica constantes;
- Garantia de menores diâmetros no sistema;

- Garantia de melhores condições de pressão no sistema;

Consoante a sua implantação podem ser:

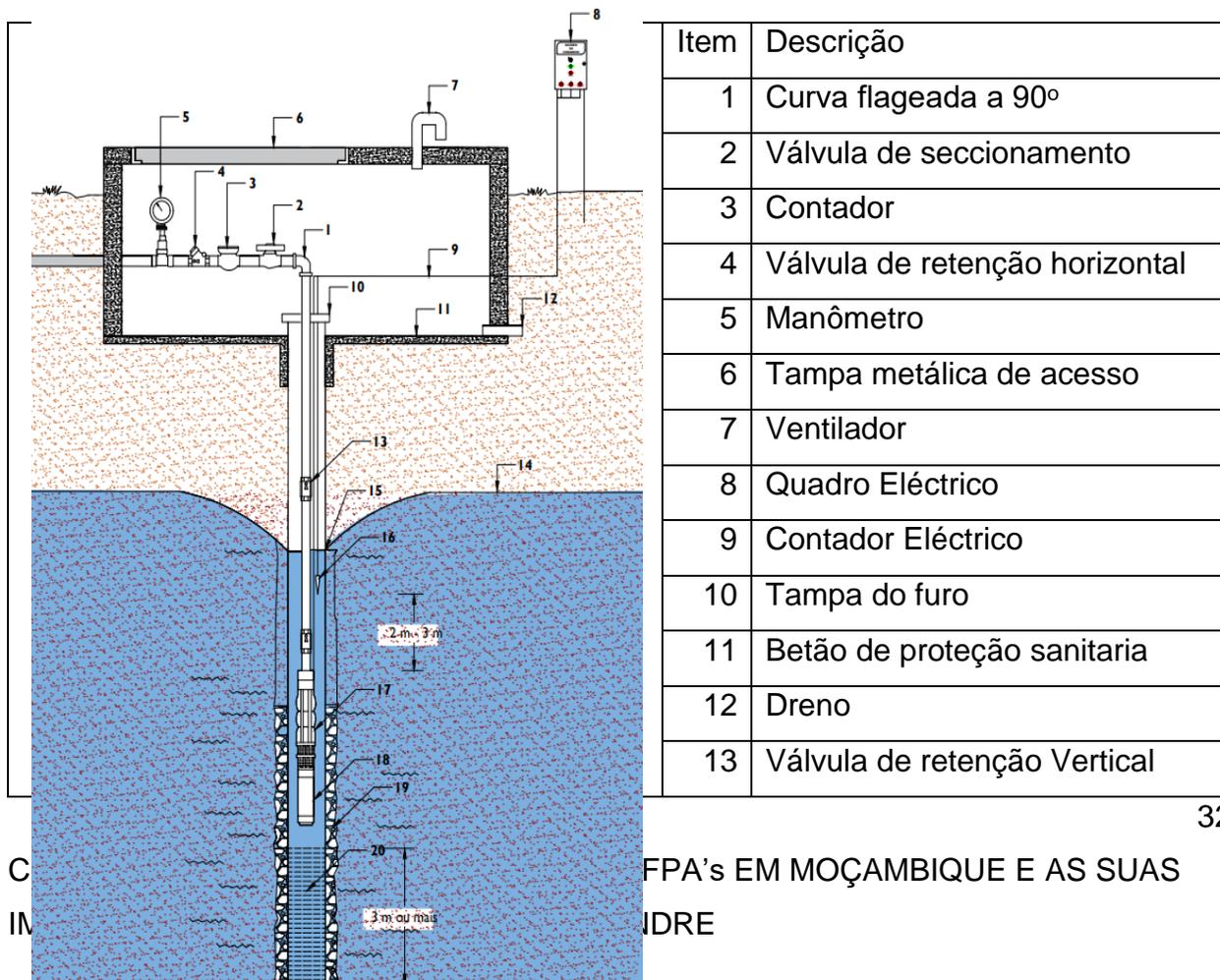
- Apoiados;
- Semi-enterrados;
- Enterrados;
- Elevados;

## 7. Bombas, Operação

Bomba submersível é um equipamento utilizado para bobear água nos cisternas, poços e furos profundos. Este tipo de bomba é projectada para o bombeamento de água limpa, faz sucção de água para o abastecimento de água e outros.

A bomba submersível é instalada de forma que esteja acima dos filtros e abaixo do nível hidrodinâmico, a figura 0-13 abaixo ilustra a instalação correcta da bomba.

**Figura 0-13: Instalação da bomba submersível**



	14	Nível Hidrostático
	15	Nível Hidrodinâmico
	16	Medidor de Nível
	17	Bomba
	18	Motor da Bomba
	19	Maçico filtrante
	20	Filtro (Revestimento Upvc)

**Fonte:** WASH-FIN

### **7.1. Operação da bomba**

As bombas submersíveis devem ser instaladas em poços ou furos de água.

Recomenda-se:

- A bomba submersível sempre deve trabalhar submersa e jamais a seco. Portanto, tem que ser instalada a profundidade superior a altura dinâmica;
- O equipamento não pode ser usado em poços contaminados com produtos agressivos quimicamente;
- A água a ser bombeada deve ser isenta de resíduos como lixo e areia;
- A altura correcta de fixação da bomba na água é de 30 cm acima do solo;
- A falta de energia impede qualquer bomba de funcionar; e
- Ao finalizar o trabalho, primeiro fecha-se lentamente a válvula de saída e depois desliga-se a bomba.

### **7.2. Redes de Distribuição**

Entende-se por sistema de distribuição de água, que no presente texto também é designado por rede de distribuição de água, a unidade parcelar do sistema de abastecimento de água constituída pelo conjunto de condutas e pelos elementos

especiais, que assegura o transporte e a distribuição da água desde o(s) reservatórios(s) de distribuição até aos consumidores, em quantidade e pressão adequada.

No contexto dos FPAs, a rede de distribuição consiste essencialmente de tubagem principal e de ramais de ligação. Os ramais de ligação são as tubagens donde é feita a ligação para os consumidores.

De forma a dar continuidade às tubagens, permitindo mudanças de secção e direcção, derivações e ligações com outros elementos, as redes dispõem de diversos dispositivos designados de elementos acessórios. Referem-se a título de exemplos as juntas de ligação, as curvas e os tês.

### **7.3. Traçado e Tipos de Redes de Distribuição**

A rede de distribuição de água deve seguir os arruamentos, em articulação com as restantes infra-estruturas. A distância mínima a garantir entre as condutas e os limites das propriedades é de 0.80 metros. A implantação deve ser feita em plano superior aos colectores dos sistemas de drenagem e a uma distância não inferior a 1.00 metro. A profundidade mínima das consultas é de 0.80 metros, medida acima do extradorso da conduta.

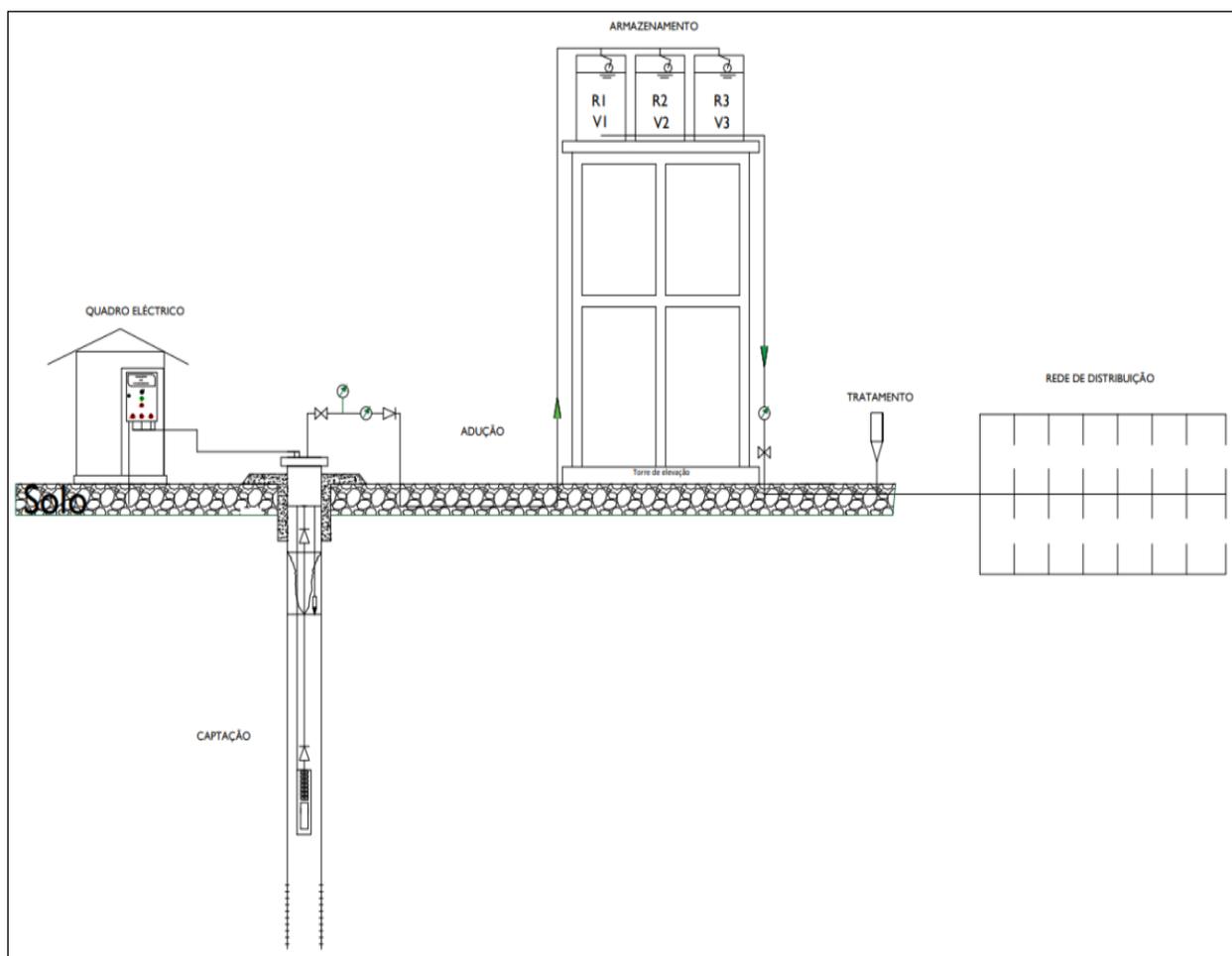
Relativamente ao traçado em planta, as redes podem classificar-se em:

- Ramificadas;
- Reticuladas ou emalhadadas; e
- Mistas;

Na figura 12. Apresentam-se plantas esquemáticas destes tipos

#### **➤ Rede Ramificada**

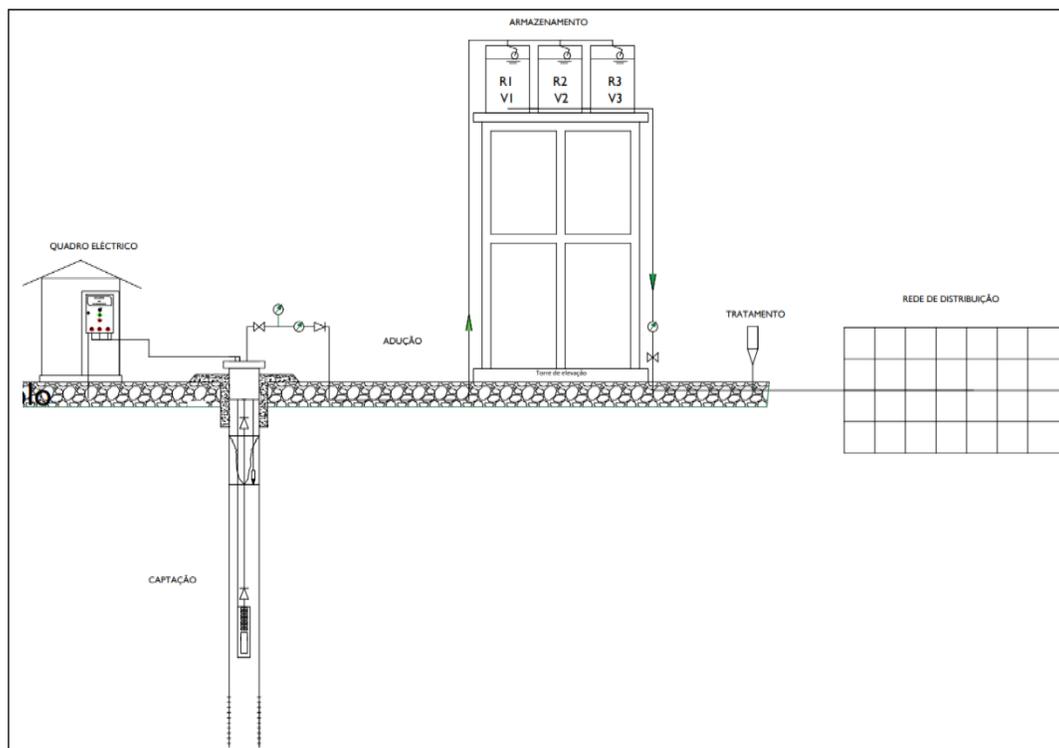
**Figura 0-14:** Rede ramificada



**Fonte:** WASH-FIN

➤ **Rede Malhada**

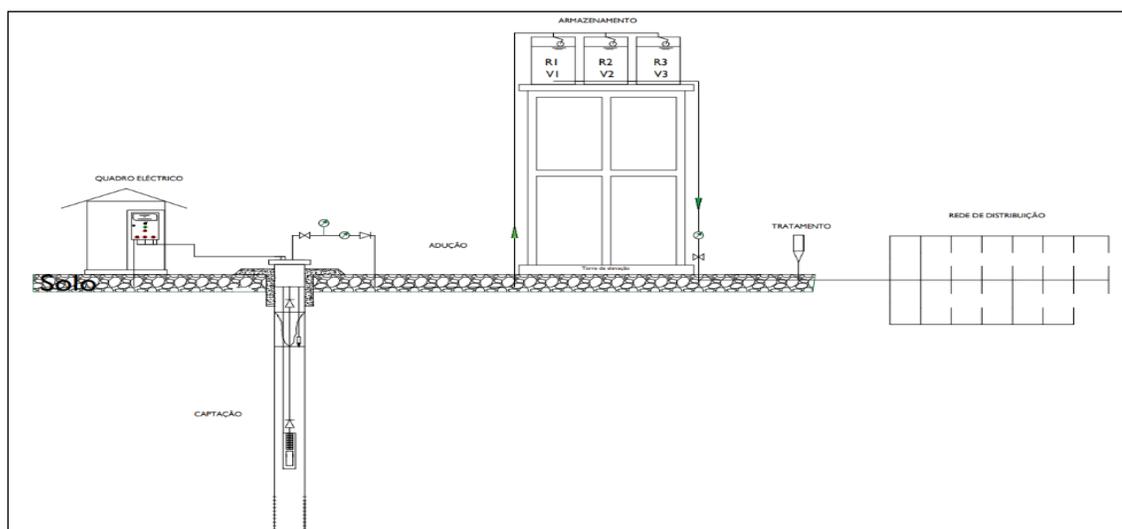
**Figura 0-15: Rede malhada**



**Fonte:** WASH-FIN

➤ **Rede Mista**

**Figura 0-16:** Rede mista



**Fonte:** WASH-FIN

#### **7.4. Gestão técnica do sistema**

Considera-se gestão técnica do sistema o conjunto de acções para assegurar que cada componente do SAA, cumpra a função para a qual foi concebido, de acordo com suas normas e especificações. Considera-se também conjunto de actividades realizáveis em simultâneo, em locais diferentes, de formas diferentes, envolvendo recursos humanos, técnicos e materiais.

As actividades da gestão da operação do SAA podem ser divididas em três grupos como indicado na figura abaixo.

**Figura 0-17:** Actividades da gestão operacional do SAA



**Fonte:** WASH-FIN

**Tabela 1:** Tabela explicativa de previsão, execução e controlo

Previsão	Execução	Controlo
<p>A previsão é útil por duas razões:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Permite que a gestão seja bem-sucedida.</li> <li>-Permite que mediante o controlo, possa-se comparar a informação real do sistema com os dados anteriormente previstos, de modo a identificar possíveis falhas do sistema e assim incluir a sua correcção no plano de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Operar o SAA para satisfação da demanda de água da população alvo e a qualidade da água para o consumo humano.</li> <li>-Observar as condições particulares e específicas de cada SAA.</li> <li>-Verificar todas as fases da Operação do SAA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar se as quantidades de água satisfazem as demandas</li> <li>-Certificar se as bombas lançam água, em que quantidades e a que pressão.</li> <li>-Controlar a quantidade de água se satisfaz a demanda</li> <li>Instrumentos;</li> <li>-Contador, Manómetro de pressão</li> </ul>

### **7.5. Planos de Operação**

De forma a assegurar uma eventual avaliação futura da produtividade e rentabilidade do sistema é importante que os operadores tenham um plano de operação.

Os planos de operação têm como objectivos:

- Fornecer um bom serviço de abastecimento de água, de modo a assegurar a qualidade, quantidade, cobertura e continuidade do mesmo e sucesso de negócio;
- Assegurar que a operação e outras actividades em todo o SAA sejam feitas de forma eficiente, segura e economicamente viável;
- Assegurar a quantidade e qualidade necessárias para uma água potável;
- Obter informações permanentes sobre o comportamento do SAA e seus componentes, para que seja possível avaliar o funcionamento global e os resultados;
- Definir com precisão a vida útil de operação de cada componente do sistema;

### **7.6. Elementos a Ter em Conta em Plano de Operação**

- Produzir e manter um serviço de abastecimento de água de qualidade, económica, eficiente e seguro;
- Garantir que o serviço de água atenda às necessidades dos consumidores;
- Verificar constantemente as condutas adutoras e arede para detectar e eliminar perdas ou quaisquer problemas técnicos que podem ocorrer durante a vida do SAA;
- Estar preparado para reagir em situações de emergência que possam afectar o bom funcionamento do SAA;
- Obter dados suficientes sobre o funcionamento do SAA, para controlar e gerir o seu funcionamento;

As fichas em anexo I ilustram exemplos de planos de operação

## **CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **1. Caracterização Dos FPAs**

Os FPA são caracterizados em geral da seguinte forma:

- O investimento médio inicial predominante: 30 Mil USD (Furo, equipamento de bombagem, reservatórios e rede primária, em alguns casos);
- Rede e ligações na maior parte dos casos pagos pelos clientes;
- Tarifa predominante por  $m^3$  40-50 MZN/  $m^3$  (contra a média 22 MZN/ $m^3$  no sistema público);
- Materiais e infraestruturas que não seguem as especificações técnicas estabelecidas;
- Qualidade de água geralmente não recomendada e serviços baixos (horas, pressão etc.);
- Exploração intensiva dos aquíferos (água subterrânea);
- Degradação ambiental;

### **2. Descrição dos sistemas dos FPAs seleccionados**

#### **2.1. Contextualização**

Os sistemas de abastecimento de água dos FPAs, avaliados foram seleccionados através do projecto WASH-FIN, que é um programa de financiamento de água, Saneamento e Higiene, financiado pela USAID e implementado pela Tetra Tech (ARD INC Moçambique).

#### **2.2. Localização do Primeiro Sistema**

O CD 01 é denominado SHANE WATER SERVICE, localiza-se na Cidade de Maputo, Distrito KaMubukwana, Bairro Magoanine B, Quarteirão 27 e 28, casa número 166. O mesmo foi estabelecido em 2007 e licenciado em 2019.

**Imagem 6:** Localização de Centro Distribuidor do Primeiro FPA\_25°49'48.0''S 32°36'34.0''E



**Fonte:** Google Earth

### **2.3. Localização do Segundo Sistema**

O CD 02 é denominado ZT ESTAGUA SERVICE, o empreendimento tem 1200 ligações, localiza-se na Província de Maputo, Distrito da Manhica, Localidade de Maciana, Bairro Mazzule. O mesmo foi estabelecido em 2011 e licenciado em 2019.

**Imagem 7:** Localização de Centro Distribuidor do Segundo FPA\_25°26'58.0"S 32°45'56.0"E



**Fonte:** Google Earth

#### **2.4. Localização do Terceiro Sistema**

O CD 03 é denominado ÁGUA MAGANHICE, empreendimento tem 538 clientes dos quais 463 estão activos, localiza-se na província Maputo, Cidade de Matola, Bairro Ndlavela, Quarteirão9, casa n°9. O mesmo foi estabelecido em 2007.

**Imagem 8:** Localização de Centro Distribuidor do Terceiro FPA



**Fonte:** Google Earth

## ***CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS DADOS DOS SISTEMAS DOS FPAs***

### **1. DESCRIÇÃO TÉCNICA DO PRIMEIRO LEVANTAMENTO DO SAA 01 <sup>2</sup> do FPA**

#### **1.1. Aspectos Técnicos**

A infraestrutura física de abastecimento de água comporta dois subsistemas com os aspectos apresentados na tabela abaixo (Vide o Anexo II):

**Tabela 1:** aspectos técnicos do SAA de “Magoanine B”

---

<sup>2</sup> SAA de Magoanine B

Subsistema	Diâmetro do Furo (mm)	Diâmetro da Conduta Adutora (mm)	Capacidade de Grupo Electrobomba		Torre de Elevação	Capacidade de Reserva	Número de Ligações
			Caudal de exploração (m <sup>3</sup> /h)	Potência da Bomba (KW)			
					Altura da Torre (m)	Reservatórios de 10 000 litros	
1º Subsistema	uPVC DN110	DN50	5	2,2	10	4	449 ligações doméstica & 1 ligação Pública
	uPVC DN110	DN50	5	2,2			
	uPVC DN110	DN50	3	2,2			
2º Subsistema	uPVC DN127	DN50	8	5	6	2	
Total			21	11,6		60 000 litros	550

**Imagem 9:** Subsistemas do Primeiro FPA



**Fonte:** WASH-FIN

## 1.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA

### 1.2.1. Determinação da demanda Presente do sistema

O sistema têm 450 ligações, das quais 449 são domésticas e 1 ligação pública referente á uma clínica.

- **Ligações domésticas-** Considerando um tamanho médio do agregado familiar de 5 pessoas, obtem-se:

$$P_{Di} = 449 * 5 = 2245 \text{ habitantes}$$

- **Ligação pública-** Considerando o número mínimo de 28 camas para clínica<sup>3</sup>

### 1.2.2. DETERMINAÇÃO DA DEMANDA ÚTIL PRESENTE

Segundo o RSPDADAR, referente às capitações, no artigo 14 (consumos domésticos, comerciais e públicos) estabelece os seguintes valores de capitações:

**Tabela 2:** Resumo dos valores das capitações segundo RSPDADAR

Tipo de ligação	Unidade	Capitação
Domiciliar	l/hab/dia	125
Torneira de quintal	l/hab/dia	50
Fontanário	l/hab/dia	30
Hospitais	l/hab/dia	300 a 400

#### Consumo doméstico

$$Q_D = Cap * Pop = 50^4 * 2245 = 112250 \text{ l/dia}$$

$$Q_D = 112.25 \text{ m}^3/\text{dia}$$

#### Consumo útil

$$Q_{util} = Q_{dom} + Q_{p/c} + Q_{ind}$$

$$Q_{ind} = 0 \text{ l/dia}$$

$$Q_{p/c} = Nr. Camas * Cap = 300 * 28 = 8400 \text{ l/ dia}$$

$$\text{Logo, } Q_{util} = 112.25 + 8.4 = 120.65 \text{ m}^3/\text{dia}$$

### 1.2.3. DEMANDA DE EXPLORAÇÃO NECESSÁRIO

$$Q_{exploração} = Q_{util} * fp1 * fp2 * fp3 + perdas$$

<sup>3</sup> Número preestabelecido por MISAU pelo Decreto 9.92. PRESTAÇÃO DE CUIDADOS DE SAÚDE POR ENTIDADES PRIVADAS).

<sup>4</sup> O Decreto 51/2015 estabelece em áreas com abastecimento domiciliário e distribuição predial poderá considerar-se um mínimo de 50 l/hab/dia

Assume-se  $f_{p1}=1.1$ ;  $f_{p2}=1.2$  e as perdas 5% da demanda útil

$$f_{p3} = 1.5 + \frac{60}{\sqrt{P}} = 1.5 + \frac{60}{\sqrt{2245}} = 2.77$$

$$Q_{\text{exploração}} = 120.65 * 1.1 * 1.2 * 2.77 + 1.05 * 120.65 = 567.83 \frac{m^3}{dia} = 0.0099 m^3/s$$

#### 1.2.4. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO DO SAA DO PRIMEIRO FPA

A tabela 2 representa a capacidade do sistema de acordo com os aspectos técnicos referidos acima no número 6.5.1, segundo ponto.

**Tabela 3:** Capacidade teórica do SAA do primeiro FPA

CAPACIDADE TEÓRICA DO SAA DO PRIMEIRO FPA				
Furo	Q (m3/h)	P (KW)	Tempo de distribuição (h/dia)	Q (m3/dia)
1	5	5	16	336
2	5	2,2		
3	3	2,2		
4	8	2,2		
<b>Total</b>	21	11,6		

- $Q_{\text{capacidade teórica do SAA}}(m^3/dia) = Q(m^3/h) * T_{\text{distribuição}} = 336 m^3/dia$

#### 1.2.5. POTENCIAL DEMANDA PARA EXPANDIR O SISTEMA

No processo de abastecimento de água por meio de redes de distribuição podem acontecer perdas do recurso hídrico em decorrência de variadas causas, tais como: Roturas das tubagens, erros de medição e consumos não autorizados, essas perdas trazem impactos negativos para o meio ambiente, para a receita e para os custos de produção das empresas, onerando o sistema como um todo, e em última instância afectando todos os consumidores. As perdas classificam-se em perdas físicas e perdas comerciais:

- **Perdas comerciais-** Ligações clandestinas, falha de de cadastro e erros de medição.
- **Perdas Físicas-** Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios (de adução e/ou distribuição) Vazamentos nas adutoras e/ou redes (de distribuição) Vazamentos nos ramais até o ponto de medição do cliente.

De forma a colmatar as perdas acima citadas, Assume-se perdas totais de 30%, para efeito de cálculo da capacidade teórica do sistema.

$$Q_{\text{capacidade teórica do SAA}} = 0.7 * 336 = 235.2 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação do caudal remanescente

$$Q_{\text{Remanescente}} = Q_{\text{capacidade do SAA}} - Q_{\text{útil}} = 235.2 - 120.65 = 114.55 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação da população futura

$$P_{\text{fut}} = \frac{Q_{\text{Remanescente}}}{\text{Cap}} + P_i + \frac{Q_{p/c}}{\text{Cap}} = \frac{114550}{50} + 2245 + \frac{8400}{50} = 4704 \text{ habitantes}$$

- Determinação da Capacidade de expansão para mais consumidores:

$$P_{\text{por expandir}} = \frac{Q_{\text{Remanescente}}}{\text{Cap}} = \frac{114550}{50} = 2291 \text{ habitantes}$$

**OBSERVAÇÕES:** A demanda é inferior em 48.7% da capacidade do sistema, assim sendo Este SAA têm a capacidade de expandir a sua cobertura para um pouco mais de 2291 habitantes, ou seja, 458 clientes.

### 1.2.6. VERIFICAÇÃO DA ECONOMICIDADE DAS CONDUTAS ADUTORAS

- Diâmetro instalado: todas as condutas têm diâmetro nominal de 50 mm, e a classe é de PN 6.
- O diâmetro econômico pode ser determinado com base na equação de Bresse abaixo para um turno inferior à 24 horas de funcionamento da bomba.

$$D = K_0 * \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} * \sqrt{Q}$$

onde:

K- Velocidade econômica, que varia entre 0.7 e 1.3, assume-se para efeitos de cálculo K=0.9 e N=16 horas.

$$V_{\text{efectiva}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2};$$

**Tabela 4:** Verificação da economicidade das condutas adutoras SAA DO 1º FPA

Verificação da economicidade das condutas adutoras (Classe 6)						
Furo	Diâmetro Nominal (mm)	Esp (mm)	Diametro Interno (mm)	Qexploração (m³/h)	Qexploração (m³/s)	Deconômico (mm)
Furo 1	50	2,00	48	3,00	0,00083	40
Furo 2	50	2,00	48	5,00	0,00139	40
Furo 3	50	2,00	48	8,00	0,0022	40

**OBSERVAÇÕES:** Dado que os diâmetros das condutas adutoras instaladas no sistema são maiores que os diâmetros econômico calculado, este tem um impacto significativo no custo de investimento inicial.

### 1.2.7. Dimensionamento das Condutas de Distribuição

O sistema existente tem duas (2) condutas de distribuição de diâmetro DN 50, nessa perspectiva considerou-se para o dimensionamento duas condutas de distribuição, assim sendo o caudal de dimensionamento foi dividido por dois (2).

$$Q_{\text{exploração}} = \frac{\frac{0.0099 \text{ m}^3}{s}}{2} = 0.00495 \text{ m}^3/s$$

$$J = \frac{10.65 \cdot (0.0099/2)^{1.85}}{140^{1.85} \cdot D^{4.87}} \rightarrow \frac{7}{1000} = \frac{10.65 \cdot \left(\frac{0.0099}{2}\right)^{1.85}}{140^{1.85} \cdot D^{4.87}} \rightarrow D_{\text{cal}} = 0.092 \text{ m} \rightarrow$$

$$D_{\text{comercial}} = 90 \text{ mm} \quad e = 2.7 \text{ mm} \rightarrow \text{Classe 6}$$

#### 1.2.7.1. Verificações

- **Verificação da inclinação**

$$J_{\text{real}} = \frac{10.65 \cdot \left(\frac{0.0099}{2}\right)^{1.85}}{140^{1.85} \cdot 0.09^{4.87}} = 7.67 \frac{\text{m}}{\text{km}} \rightarrow \text{Verifica!}$$

- **Verificação da velocidade**

$$U_{\text{min}} = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$U_{max} = 1.5 \frac{m}{s}$$

$$U_{efectiva} = \frac{0.00495}{\frac{\pi * D^2}{4}} = 0.78 \frac{m}{s} \rightarrow A \text{ velocidade verifica!}$$

**Observações:** As condutas de distribuição existentes no sistema têm diâmetro de DN 50, o que é inferior ao diâmetro acima calculado, isto conseqüentemente aumenta as perdas de carga, fazendo com que haja redução de pressão de conforto nas torneiras dos consumidores mais distantes do sistema.

### 1.2.8. Altura mínima da Torre de Elevação

A extensão máxima da rede de distribuição é de 1200 metros, e considerando a pressão mínima de conforto na torneira do quintal, tem-se o seguinte:

$$P_{mim} = 1 \text{ bar}$$

$$H_{torre} = P_{min} + \sum \Delta H = 10 + 1.1 * 1200 * \frac{10.65 * (0.0099/2)^{1.85}}{140^{1.85} * 0.09^{4.87}} = 20.12 \text{ metros}$$

**Observações:** A altura atual da torre de elevação é de 10 metros contra os 20.12 metros calculado no número 1.2.8, isto implica a não satisfação da demanda em relação a pressão de conforto, principalmente para os consumidores mais distantes.

## **2. DESCRIÇÃO TÉCNICA DO SEGUNDO LEVANTAMENTO DO SAA 02 <sup>5</sup> do FPA**

---

<sup>5</sup> SAA de Distrito da Manhiça, Localidade de Maciana, Bairro Mazzule

Subsistema	Diâmetro do Furo (mm)	Diâmetro da Condutadora Adutora (mm)	Capacidade de Grupo Electrobomba		Torre de Elevação	Capacidade de Reserva	Número de Ligações		
			Caudal de exploração (m <sup>3</sup> /h)	Potência da Bomba (KW)	Altura da Torre (m)	Reservatórios			
1º Subsistema	uPVC DN110	DN50	1	1,5	9 & 16	9 de 10 000 litros & 5 de 5 000 litros	1200 ligações doméstica		
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
2º Subsistema	uPVC DN110	DN50	1	1,5	9 & 16	6 de 10 000 litros		1200 ligações doméstica	
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					
3º Subsistema	uPVC DN110	DN50	4	2,2	16	6 de 10 000 litros			1200 ligações doméstica
	uPVC DN110	DN50	1	1,5					

	uPVC DN110	DN50	1	1,5			
Total			14	17,2		225 000 litros	

## 2.1. ASPECTOS TÉCNICOS

A infraestrutura física de abastecimento de água comporta quatro subsistemas em zonas diferentes, todos conectados á mesma rede de distribuição tendo cada ponto as seguintes características (Vide o Anexo III):

**Tabela 2:** Aspectos Técnicos do SAA da FPA da “Manhiça”

**Imagem 10:** Subsistemas do segundo FPA



**Fonte:** WASH-FIN

## **2.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA**

### **2.2.1. Determinação da demanda Presente do sistema**

O sistema têm 1200 ligações domésticas

**Ligações domésticas-** Considerando um tamanho médio do agregado familiar de 5 pessoas, obtem-se:

$$P_{Di} = 1200 * 5 = 6000 \text{ habitantes}$$

### **2.2.2. DETERMINAÇÃO DA DEMANDA ÚTIL PRESENTE**

**Consumo doméstico**

$$Q_D = Cap * Pop = 50 * 6000 = 300.000 \text{ l/dia}$$

$$Q_D = 300 \text{ m}^3/\text{dia}$$

### Consumo útil

$$Q_{util} = Q_{dom} + Q_{p/c} + Q_{ind}$$

$$Q_{ind} = 0 \text{ l/dia}$$

$$Q_{p/c} = 0 \text{ l/dia}$$

Logo,  $Q_{util} = Q_D = 300 \text{ m}^3/\text{dia}$

### 2.2.3. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TEÓRICA DO SAA DO SEGUNDO FPA

A tabela 2 representa a capacidade do sistema de acordo com os aspectos técnicos referidos acima no número 7.2.1.

**Tabela 5:** Capacidade do SAA do segundo FPA

CAPACIDADE TEÓRICA DO SAA DO SEGUNDO FPA					
FURO	Q (m3/h)	P (KW)	Tempo de distribuição (h/dia)	Q(m3/dia)	RESERVATORIOS (m3)
1º Estabelecimento			16	64	105
1	1	1,5			
2	1	1,5			
3	1	1,5			
4	1	1,5			
Sub-Total	4	6			
2º Estabelecimento			16	64	60
1	1	1,5			
2	1	1,5			
3	1	1,5			
4	1	1,5			

Sub-Total	4	6			
3º Estabelecimento			16	96	60
1	1	1,5			
2	1	1,5			
3	4	2,2			
Sub-Total	6	5,2			
Total	14	17,2		224	225

#### 2.2.4. DEMANDA DE EXPLORAÇÃO NECESSÁRIA

- Capacidade do sistema considerando perdas comerciais e físicas na ordem dos 30%,

$$Q_{\text{capacidade do SAA}} (m^3/h) = 0.7 * 224 = 156.8 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação do caudal remanescente

$$Q_{\text{Remanescente}} = Q_{\text{capacidade do SAA}} - Q_{\text{util}} = 156.8 - 300 = -143.2 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação da população máxima de acordo com a capacidade do sistema

$$Pop_{\text{máx}} = \frac{Q_{\text{capacidade do SAA}}}{Cap} = \frac{156800}{50} = 3136 \text{ habitantes}$$

**OBSERVAÇÕES:** A demanda é superior em 47.7% da capacidade do sistema, assim sendo Este SAA não têm a capacidade de expandir a sua cobertura para mais consumidores, encontrando-se o mesmo sobrecarregado.

#### 2.2.5. ECONOMICIDADE DAS CONDUTAS ADUTORAS

- Diâmetro instalado: todas as condutas têm diâmetro nominal de 50 mm, e a classe é de PN 6.
- O diâmetro econômico pode ser determinado com base na equação de Bresse abaixo para um turno inferior à 24 horas de funcionamento da bomba.

$$D = K_0 * \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} * \sqrt{Q}$$

onde:

K- Velocidade econômica, que varia entre 0.7 e 1.3, assume-se para efeitos de cálculo

K=0.9 e N=16 horas.

- $V_{efectiva} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$ ;

**Tabela 6:** Verificação da economicidade das condutas adutoras SAA DO 2º FPA

Verificação das Conductas Adutoras (Classe 6)									
Furo	Diâmetro Nominal (mm)	Esp (m)	Diametro Interno (mm)	Q(m³/h)	Qdim(m³/s)	Uefectiva (m/s)	Umin (m/s)	Umax (m/s)	Verificação
Furo 1	50	2,00	48	1,00	0,00030	0,21	0,3	1,5	N.Verifica
Furo 2	50	2,00	48	1,00	0,00030	0,21	0,3	1,5	N.Verifica
Furo 3	50	2,00	48	4,00	0,0011	0,84	0,3	1,5	Verifica

**OBSERVAÇÕES:** As condutas adutoras cujo caudal é de 1 m³/h não verificam as velocidades mínimas, o que conseqüentemente pode afetar o desempenho do sistema durante a adução, pois sendo a velocidade menor que 0.3 m/s, as partículas sólidas existente na água poderam sedimentar-se, e conseqüentemente reduzindo a seção da tubagem.

### 3. DESCRIÇÃO TÉCNICA DO TERCEIRO LEVANTAMENTO DO SAA 03 do FPA

#### 3.1. ASPECTOS TÉCNICOS

<sup>6</sup> SAA de Cidade de Matola, Bairro Ndlavela

A infraestrutura física de abastecimento de água comporta um subsistema com (Vide Anexo IV):

- 3 furos mecânicos todos com revestimento uPVC de Ø4" (DN110), com 65m, 70m e 90m de profundidade, sem o conhecimento de nível dinâmico e estático, pois o sistema não possui relatórios de perfuração.
- 3 grupos electrobombas submersíveis, duas com capacidade de bombear 100 litros/min (6.0 m<sup>3</sup>/h), e a outra com capacidade de bombear 175 litros/min(10.5 m<sup>3</sup>/h) totalizando 22.5 m<sup>3</sup>/h de capacidade de bombeamento instalada. A potência eléctrica de cada grupo electrobomba é de 2.2kW, 2.2Kw e 3kw totalizado 7.4kW para os 3 grupos. Os equipamentos eléctricos do sistema são alimentados pela rede nacional da Electricidade de Moçambique (EDM).
- Duas torres em betão de 9 e 12 metros de altura, a torre de 9 m está inativa a torre de 12 m com 4 reservatórios plásticos de 10 m<sup>3</sup>, totalizando 40 m<sup>3</sup>. A capacidade total de armazenamento instalada para o subsistema é de 40 m<sup>3</sup>.
- 3 condutas copolene partindo dos furos aos reservatórios todas DN63 e comprimentos que variam de 15, 12 e 10 metros, respectivamente..
- Uma rede de distribuição com uma extensão total de 1 km, comportando tubagem em copolene que varia de 50 mm á 63 mm, abastecendo um total de 539 ligações. Segundo o gestor do sistema, a rede de distribuição está em carga 24 horas por dia.
- Todos os consumidores têm contadores de água para contabilizar os respectivos consumos mensais. A distribuição dos consumidores por categoria é a seguinte: domésticos (538), públicos (1), comerciais (0), industriais (0) e fontanários públicos (0).

**Imagem 11:** Subsistemas do terceiro FPA



### **3.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA**

#### **3.2.1. Determinação da demanda Presente do sistema**

O sistema têm 538 ligações, dais quais 537 são domésticas e 1 ligação pública referente á uma escola.

- **Ligações domésticas-** Considerando um tamanho médio do agregado familiar de 5 pessoas, obtem-se:

$$P_{Di} = 538 * 5 = 2690 \text{ habitantes}$$

- **Ligação pública-** A escola possui 15 salas de aulas com capacidade de albergar 50 alunos por sala, totalizando 750 alunos em cada período de aulas.

- **DETERMINAÇÃO DA DEMANDA ÚTIL PRESENTE**

#### **Consumo doméstico**

$$Q_D = Cap * Pop = 50 * 2690 = 134500l/dia$$

$$Q_D = 134. m^3 / dia$$

### Consumo público

Para o consumo escolar de 10 l/aluno/dia <sup>7</sup>. correspondente a um total de 7500 l/dia (7,5 m3/d) para 750 alunos

### Consumo útil

$$Q_{util} = Q_{dom} + Q_{p/c} + Q_{ind}$$

$$Q_{ind} = 0 l/dia$$

$$Q_{p/c} = 7500 l/dia$$

Logo,  $Q_{util} = 134500 + 7500 = 142 m^3/dia$

### 3.2.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DO SAA DO TERCEIRO FPA

A tabela 8 representa a capacidade do sistema de acordo com os aspectos técnicos referidos acima no número 3.2.1.

**Tabela 7:** Capacidade do SAA do terceiro FPA 03

CAPACIDADE DO SAA DO TERCEIRO FPA					
Furo	Q (m3/h)	P (KW)	Tempo de distribuição (h/dia)	Q (m3/dia)	RESERVATORIOS (m3)
1	6	2,2	16	360	40
2	6	2,2			
3	10,5	3			

<sup>7</sup> Decreto\_30\_2003\_ Sistemas públicos de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais

<b>Total</b>	22,5	7,4			
--------------	------	-----	--	--	--

### 3.2.3. DETERMINAÇÃO DA DEMANDA FUTURA DO SISTEMA 03

- Capacidade do sistema considerando perdas comerciais e físicas na ordem dos 30%,

$$Q_{\text{capacidade do SAA}}(m^3/h) = 0.7 * 360 = 252 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação do caudal remanescente

$$Q_{\text{Remanescente}} = Q_{\text{capacidade do SAA}} - Q_{\text{util}} = 252 - 142 = 110 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Determinação da população futura

$$P_{\text{fut}} = \frac{Q_{\text{Remanescente}}}{\text{Cap}} + P_i + \frac{Q_{p/c}}{\text{Cap}} = \frac{110000}{50} + 2690 + \frac{7500}{50} = 5040 \text{ habitantes}$$

- Determinação da Capacidade de expansão para mais consumidores:

$$P_{\text{por expandir}} = \frac{Q_{\text{Remanescente}}}{\text{Cap}} = \frac{110000}{50} = 2200 \text{ habitantes}$$

**OBSERVAÇÕES:** A demanda é inferior em 43.65% da capacidade do sistema, assim sendo Este SAA têm a capacidade de expandir a sua cobertura para um pouco mais de 2200 habitantes, ou seja, 440 clientes.

### 3.2.4. VERIFICAÇÃO DAS CONDUCTAS ADUTORAS

- Diâmetro instalado: todas as condutas têm diâmetro nominal de 50 mm, e a classe é de PN 6.
- Segundo RGDPPDADAR Artigo 21, a velocidade máxima de escoamento no horizonte de projecto é de:

$V = 0.127 * D^{0.4}$ , e a velocidade no início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0.3 m/s.

- $V_{efectiva} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$ ;

**Tabela 8:** Verificação de velocidade de condutas adutoras SAA DO 3º FPA

Verificação das Conductas Adutoras (Classe 6)										
Furo	Diâmetro Nominal (mm)	Esp (mm)	Diametro Interno (mm)	Q(m3/h)	Qdim(m3/h)	Qdim(m3/s)	Uefectiva (m/s)	Umin (m/s)	Umax (m/s)	Verificação
Furo 1	50	2,00	48	6,00	8,22	0,00228	1,26	0,3	1,5	Verifica
Furo 2	50	2,00	48	6,00	8,22	0,00228	1,26	0,3	1,5	Verifica
Furo 3	50	2,00	48	10,5	14,39	0,00399	2,21	0,3	1,5	N.Verifica

**OBSERVAÇÕES:** A conduta adutora do furo 3, não verifica a velocidade máxima, o que consequentemente pode aumentar os custos de exploração(energia), devido as grandes perdas de carga.

### 3.2.5. Redimensionamento do sistema 03

**Tabela 9: Redimensionamento do SAA DO 3º FPA**

Número de Clientes		Número de Subsistemas		
538		2		
Conduto de distribuição				
Diâmetro de distribuição (De Cálculo) (mm)				
45				
Diâmetro de distribuição (Comercial) (mm)				
50				
Velocidade (Vmin=0,3m/s; Vmax=1,5 m/s)				
0,47				
Extensão máxima da Rede (m)				
1000				
Altura da Torre de Elevação (m)				
17				
Caudal Total de Demanda (m3/dia)				
134,5				
Horas de Bombagem Por dia (h)				
16				
Conduta Aduora				
FURO	Caudal de Exploração por	Diâmetro de Adução	Diâmetro de Adução	Velocidade (Vmin=0,3m/s;

	electrobomba (m3/h)	(De Cálculo) (mm)	(Comercial) (mm)	Vmax=1,5m/s
Furo 1	6	60	63	0,61
Furo 2	6	60	63	0,61
Furo 3	10,5	74	75	0,75
	Caudal Total de Exploração (m3/dia)	Capacidade mínima de reservatórios (m3)		
	360	13 Reservatórios de 10 000 Litros		
O sistema Tem Capacidade de Expandir para mais consumidores?				
SIM				
QUANTOS?				
541				

# ***CAPÍTULO V: CUSTOS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE AA DOS FPA***

## **1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Um sistema de abastecimento de água está sujeito aos custos globais, os mesmos que podem ser custos de investimento e custos de exploração. Os custos de investimento são reportados ao momento presente, ou seja, considera-se que são suportados no ano em que o sistema entra em serviço (ano 0), enquanto que os custos de exploração são faseados no tempo, ou seja, são suportados ao longo do período de vida útil do sistema. Este capítulo focar-se-à na análise do impacto dos custos operacionais dos SAA sos FPAs.

## **2. CUSTOS OPERACIONAIS**

Os custos operacionais estão divididos em, custos com o pessoal, custos com a manutenção dos equipamentos e instalações e os custos de produção (energia, produtos químicos e taxas com a aquisição de água). Olhando para os SAA dos FPAs, analisam-se as componentes descritas acima da seguinte forma:

### **2.1. CUSTOS COM O PESSOAL**

Quanto ao custo com o pessoal, dos FPAs visitados 86% não dispõe de um quadro técnico qualificado, o que têm acarecido os custos de operação pois estes não mantêm o sistema por um período adequado, no que diz respeito a operação do sistema, principalmente na operação dos equipamentos de captação (grupo electrobombas).

### **2.2. CUSTOS COM A MANUTENÇÃO**

A manutenção predominante em grande parte dos sistemas dos FPAs, é a correctiva pois os mesmos não possuem planos de manutenção. O que conseqüentemente têm

reduzido a vida útil dos equipamentos e acessórios que compõem os sistemas, acrescendo desta forma os custos de operação.

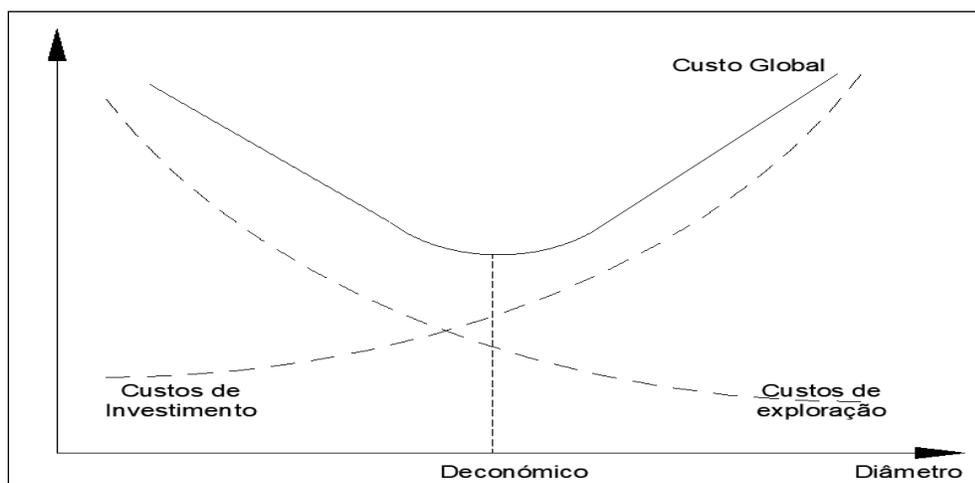
### **2.3. CUSTOS DE PRODUÇÃO**

Os custos de produção estão associados aos custos de energia, e que por sua vez ao dimensionamento económico dos equipamentos de elevação e das condutas elevatórias.

É de conhecimento geral que para elevar um determinado caudal a uma altura previamente definida, o aumento de pressão, em metros de coluna de água, que a bomba tem de comunicar ao líquido (neste caso a água) é igual à altura geométrica, acrescida da perda de carga verificada no sistema. A primeira parcela depende exclusivamente da topografia do terreno, sendo, por isso, independente do diâmetro adoptado, uma vez que a energia necessária para vencer as perdas de carga diminui com o aumento do diâmetro. Por outro lado, um incremento do diâmetro implica um custo mais elevado da instalação.

Traduzindo o custo global da obra pelo somatório de dois termos (investimento inicial + encargos com energia a fornecer ao sistema), verifica-se que estes apresentam tendências de crescimento de sentido inverso (figura 18) Consequentemente, para qualquer elevatória, a função custo global apresenta um mínimo.

**Figura 0-18:** Variação dos custos com o diâmetro



Para efeitos do estudo económico de condutas elevatórias, os custos anuais de exploração, que se consideram reduzidos aos custos de energia, são traduzidos pela expressão:

$$C_{energia\ anual} = 365 * P * nb * Pb$$

Em que : nb- número médio de horas diárias de bombeamento;

$$P = \frac{9.8 * Q_e * H_e}{n} - \text{Potência do grupo motor-bomba (KW);}$$

Q<sub>e</sub>- Caudal a elevar (m<sup>3</sup>/s);

H<sub>e</sub>-H<sub>g</sub>+ΔH- Altura de elevação (m)

ΔH-perda de carga na conduta elevatória (m);

n- rendimento global do grupo motor-bomba;

p-preço médio do KWh.

### 3. OBSERVAÇÕES

Após um estudo do impacto de custos de exploração nos SAA dos FPAs, constatou-se que os mesmos se queixam dos custos de energia, tendo alguns a dificuldade de expandir o seu negócio de forma sustentável. Estes SAA sentem-se mais no que se refere aos custos de energia, pois os sistemas têm condutas com diâmetros pequenos

o que conseqüentemente aumenta as perdas de cargas, aumentado por sua vez o custo de exploração (custo de energia). Estes custos advêm não só de dimensionamento deficiente das condutas adutoras, mas também da fraca qualidade do pessoal técnico e o incumprimento de manutenção preventiva.

## ***CAPÍTULO VI: QUALIDADE DE ÁGUA***

### **1. Contextualização**

A principal fonte de captação de água do sector privado é a água subterrânea, ou seja, água proveniente do sub-solo e que é elevada por meios mecânicos (bombas eléctricas). Estas águas são preferíveis porque apresentam melhor qualidade físico-químicas e microbiológicas, onde há um baixo teor em matéria orgânica.

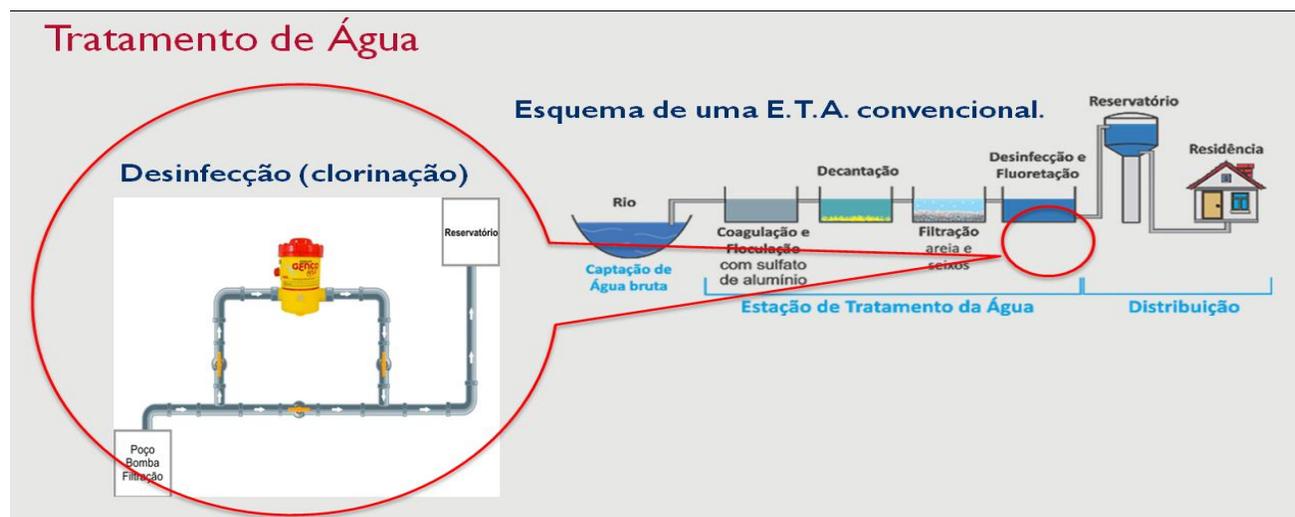
Se as fontes forem bem protegidas estas, são consideradas de baixo risco de contaminação.

### **2. Estação de Tratamento de água**

O tratamento completo de uma estação de tratamento da água (ETA) não é uma regra, pois depende da qualidade da água captada. Entretanto, todos os sistemas existentes possuem no mínimo o tratamento com cloro e flúor.

O esquema abaixo apresenta os processos de tratamento de água superficial e subterrânea, onde pode se observar que basta a desinfecção da água subterrânea por meio de cloro.

**Imagem 12:** Desinfecção da água por cloração



Fonte: (<https://www.google.com/imgres>)

Destacam-se abaixo os objectivos de tratamento de água:

- Produção de água segura para consumo humano em termos de qualidade (água isenta de microrganismo patogénicos ou de substâncias nocivas à saúde).
- Produção de água com qualidade que satisfaz as exigências dos consumidores (água não dura nem agressiva, com aparência estética agradável, sem cheiro, sem sabor etc).

### 3. Metas a alcançar com o Tratamento de Água Potável

A água tratada deve respeitar os padrões de qualidade estabelecidos para água potável pela OMS, MISAU.

A tabela abaixo ilustra os limites dos parâmetros de qualidade de água potável.

**Tabela 10:** Limites máximos e mínimos de parâmetros de qualidade de água potável

Parâmetro de qualidade	Unidade	Nível máximo desejável	Nível máximo admitido
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500	2000
Turvação	FTU	5	25
Cor	mg Pt/l	5	50
Ferro	mg Fe <sup>+</sup> /l	0.1	1.0
Manganês	mg Mn <sup>++</sup> /l	0.05	0.5
Nitrato	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	50	100
Nitrito	mg N/l	1	2
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	200	400
Fluoreto	mg F <sup>-</sup> /l	1.0	2.0
Sódio	mg Na <sup>+</sup> /l	120	400
Arsénio	mg As <sup>+</sup> /l	0.05	0.1
Crómio	mg Cr <sup>6+</sup> /l	0.05	0.1
Cianeto	mg CN <sup>-</sup> /l	0.1	0.2
Chumbo	mg Pb/l	0.05	0.10
Mercúrio	mg Hg/l	0.001	1.005
Cádmio	mg Cd/l	0.005	0.010

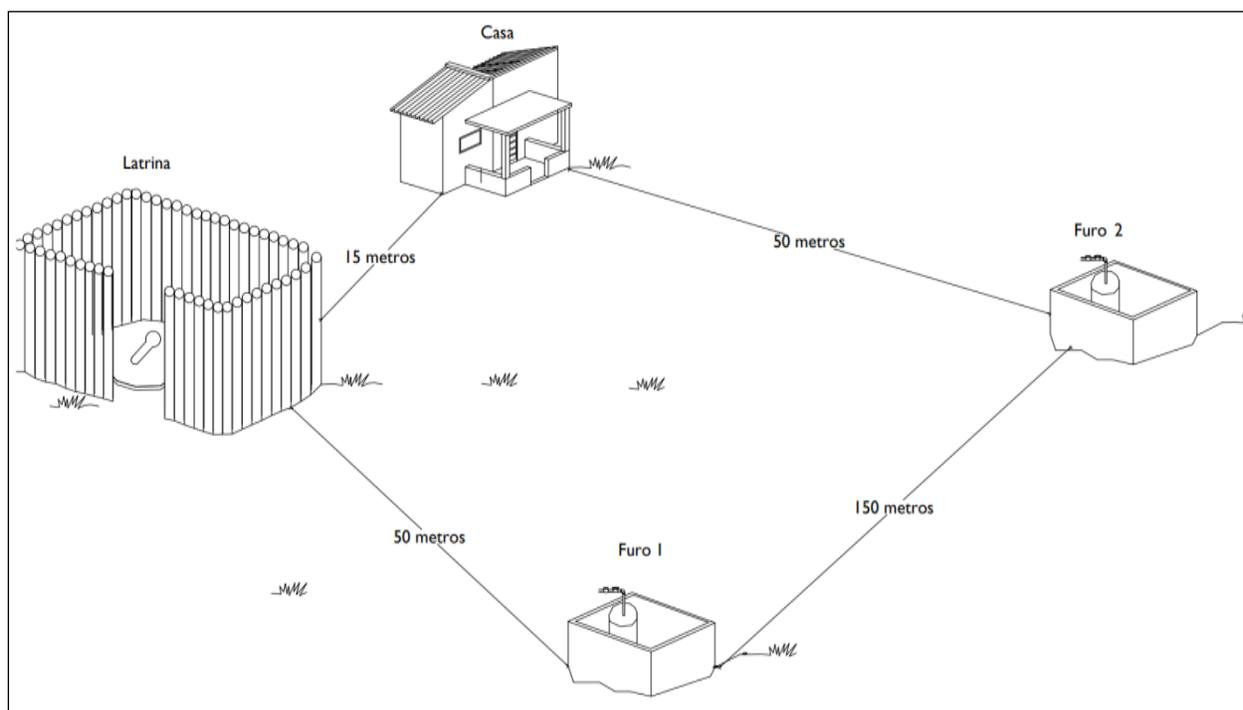
#### **4. Observações Constatadas aos SAA em estudo, no que diz respeito a tratamento água.**

Boa parte dos fornecedores privados de água, fazem somente testes trimestrais de qualidade de água, para aferir os limites dos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela OMS (Tabela 11), essas condições são necessárias mas não suficiente. Visto que a qualidade deve ser mantida até ao nível do consumidor é importante que se faça o tratamento contínuo de água, através de introdução de cloro nos reservatórios, ou através de instalação de bombas doseadores de cloro. Boa parte dos FPA's tem recorrido ao cloro granular para o tratamento contínuo da água.

#### **5. Localização e proteção do furo**

O furo de água deve localizar-se a uma distância mínima de 50 metros de uma fonte de contaminação como latrina ou fossa séptica e de 150 metros de um furo ao outro, para evitar a contaminação da água e para garantir o funcionamento independente entre os furos, respectivamente (figura 16).

**Figura 0-19:** Distâncias mínimas recomendadas entre infraestruturas



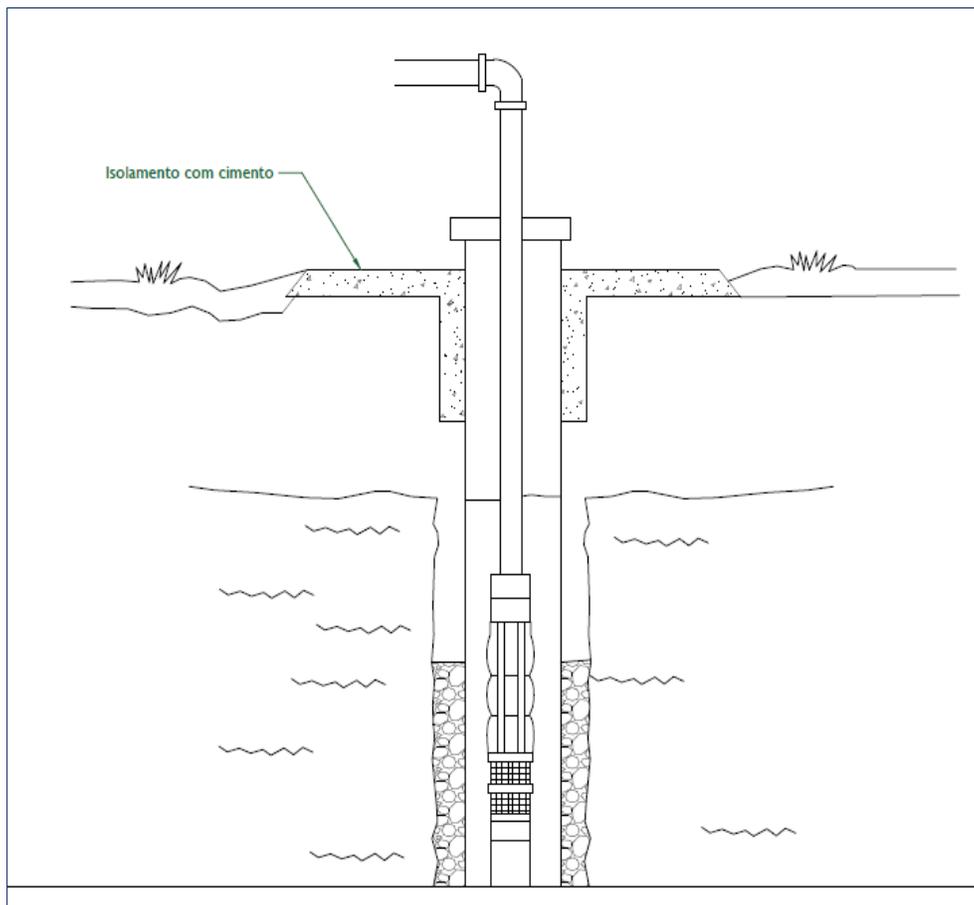
**Fonte:** WASH-FI

Uma vez executado, o furo deve ter um isolamento adequado e revestimento definitivo com objectivo de proteger o furo contra:

- Dejetos humanos ou animais;
- Fertilizantes;
- Outros;

**Observações:** Dos sistemas visitados nenhum observa a distância mínima entre os furos e entre a casa e o furo.

**Figura 20:** ISOLAMENTO PARA PROTEÇÃO DO FURO



**Fonte:** WASH-FIN

## 6. Situação actual dos FPAs (qualidade de água)

- Tomando como base as recomendações referidas acima, para a proteção e a localização adequada do furo, os SAA dos FPAs classificam-se segundo a tabela abaixo:

**Tabela 11:** Classificação dos SAA dos FPAs quanto a capacidade de fornecer água com qualidade

FPA	Tratamento de água			Proteção do furo			Classificação
	Desinfecção por meio de bomba doseadora de cloro	Introdução de cloro nos reservatórios no intervalo de 6h a 6h	Testes mensais da qualidade de água no intervalo de 3 a 3 meses	Isolamento superficial com argamassa ou betão simples	Distância entre infraestruturas		
					Latrina	Entre furos	
1	0	0	1	0	1	0	Médio
2	0	0	1	0	1	0	Médio
3	0	0	1	0	1	0	Médio
4	0	0	1	1	1	0	Bom
5	0	0	1	1	1	0	Bom
6	0	0	1	1	1	0	Bom
7	0	0	1	1	1	0	Bom

**Observações:** O sector privado fornece a água com as mínimas condições de observância da qualidade de água, não obstante, os FPAs deviam observar a necessidade de desinfectar a água continuamente, por meio da instalação de doseadores de cloro na conduta de distribuição, ou pode-se optar na colocação de cloro nos reservatórios num intervalo de 6h á 6h.

A importância da desinfecção continua da água deve-se ao fato de haver concentração em matéria orgânica nos reservatórios, devido ao tempo de retenção e a exposição ao sol.

# ***CAPÍTULO VII: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES***

## **1. CONCLUSÕES GERAIS SOBRE O ESTÁGIO**

Depois de um período de mais 4 meses na elaboração do presente relatório, supõe-se que nele existam informações relevantes o suficiente para compreender o impacto da prestação de serviços aos consumidores por Fornecedores Privados de Água (FPAs). Estou ciente de ter adquirido a devida experiência que permitiu um desenvolvimento substancial nas minhas habilidades e competências profissionais, bem como, no desenvolvimento de diversas actividades levadas a cabo na Empresa ARD INC (Tetra Tech). As recomendações propostas neste relatório de estágio, com vista a fazer face a algumas anomalias detectadas no desenvolvimento da capacidade instalada, qualidade de água, custos operacionais e da gestão técnica dos SAA dos FPAs, é um desafio que a WASH-FIN está a enfrentar de forma a integrar os FPAs à boa prática de operação e gestão dos sistemas de abastecimento de água, de maneira que os mesmos satisfaçam a demanda de água em quantidade, qualidade, pressão e no desenvolvimento do seu negócio. Portanto, tenho uma grande expectativa de poder ver implementadas.

De salientar que a interacção que tive com a vida profissional fez uma grande diferença relativamente as teorias aprendidas durante a formação, e que foram colocadas em prática.

O estágio teve como foco a capacitação dos Fornecedores Privados de Água em desenvolvimento de negócio, o mesmo não foi fácil, pois era uma formação de carácter indutivo, onde alguns formandos mostravam-se mais interessados que os outros.

## 2. Constatações e Recomendações

### 2.1. Constatações

Durante o estágio profissional, com base no estudo feito conclui-se que os SAA do Sector Privado não são concebidos seguindo os passos de dimensionamento dos SAA, que têm a seguinte sequência de problemas:

- Necessidade de abastecer água;
- A população presente e futura por cobrir (demanda de água);
- O número de furos necessários para cobrir a demanda presente e futura;
- Dimensionamento eficaz da rede de distribuição e a estação elevatória.

A forma como os SAA do Sector Privado são concebidos e construídos não é recomendável, pois afecta directamente a sustentabilidade e a eficiência do sistema.

Foram também detectadas varias anomalias nos sistemas de abastecimento de água por fornecedores privados de água, tais como:

Os operadores do SAA não seguem as boas práticas de engenharia para um bom desempenho da gestão técnica, fato este que pode ser atribuído ao baixo nível de escolaridade.

- O não tratamento contínuo de água;
- Ausência de instrumentação que auxilie na operação e na gestão do sistema;
- Ausência de planos de manutenção preventiva;

Observa-se que a prática destes serviços de AA por FPAs violam o Decreto 51/2015 em seguintes aspectos:

- A não observância dos diâmetros mínimos de acordo com o número de ligações;
- A não observância da distância mínima de assentamentos das tubagens dos limites das propriedades (mínimo 0.6 m\_ artigo 14), e a profundidade mínima de assentamento das mesmas (mínima 0.8 m\_ artigo 19);

- Alguns dos FPAs não cumprem a protecção sanitária dos reservatórios e dos furos (Protecção Sanitária\_artigo 30); entre outros.

### **2.1.1. Entidade Reguladora**

A entidade que regula a provisão dos serviços de abastecimento de água pelos FPA's é a AURA IP, segundo o artigo 33 do Decreto 51/2015 a entidade reguladora é responsável por regular a qualidade do serviço, tarifa e defender o interesse dos consumidores e fornecedor do serviço.

A interacção entre os FPA's e a AURA não tem sido boa, devido a necessidade de expansão da rede pública em zonas com a rede do privado.

De forma a caminhar rumo a gestão sustentável dos pequenos sistemas de abastecimento de água nas zonas periurbanas. É recomendável que se façam as principais intervenções de capacitação, e assistência técnica no terreno.

A sustentabilidade dos serviços de capacitação é essencial.

### **2.1.2. Impacto Dos Serviços Prestados Pelos FPA's**

A pesar da má concepção dos SAA por parte dos FPA's, estes sistemas tem tido um grande impacto positivo no que diz respeito a satisfação da necessidade deste líquido precioso em zonas rurais. Pois os FPA's tem sido os primeiros a insidir nas com falta de água.

## **2.2. Recomendações**

### **2.2.1. Para os Novos SAA por FPA's**

Por forma a garantir o funcionamento adequado do sistema, e que possa gerar bons resultados económicos, recomendo que sempre que haja necessidade de iniciar este tipo de negócio, se faça um dimensionamento adequado do sistema de acordo com o regulamento em vigor.

### **2.2.2. Para os SAA Existentes por FPA's**

Visto que boa parte dos FPA's se não todos, queixam-se dos custos de operação provenientes em grande parte de energia eléctrica gasta por grupos electrobombas, e outras questões de dimensionamento, recomendo que:

- Se adopte o sistema de alimentação do grupo electrobomba através da alternância da fonte eléctrica, sendo, o uso de painéis solares no período das 08h-16h (depende da estação decorrente) e em diante o uso de EDM;

O uso de energias renováveis tem tido um impacto significativo no que diz respeito a redução do preço de pagamento mensal de EDM. Segundo o relato de um dos FPA's que usa esta fonte, teve uma redução de quase 70% de pagamento de facturas de EDM, quando o mesmo decidiu adoptar a alternância das fontes.

- Depois de se fazer um estudo técnico do sistema, se faça a requalificação do sistema de acordo com os problemas dectetados;

Sem mais!!!

Espera-se que este trabalho possa servir de fonte para outros que pretendam abordar com mais detalhes questões relacionadas com as considerações técnicas do abastecimento de água por fornecedores privados de água em Moçambique.

## CAPÍTULO VIII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referências Bibliográficas

- Hidráulica Urbana “ Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”, José Alfeu Almeida de Sá Marques e Joaquim José Oliveira Sousa.
- Apresentacao\_gas\_30092016\_suwasa1;
- Relatório do Workshop 6 a 8 de Outubro de 2010;
- Relatório diagnóstico dos FPAs, ARD INC(Tetra Tech) WASH-FIN, Fevereiro de 2021;
- RGDPPDADAR- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais;
- WATER, SANITATION AND HYGIENE FINANCE (WASH-FIN) PROJECT

# ANEXOS

1. Planos de Operação (Anexo I)
2. Sistema Esquemático de SAA do primeiro FPA (Anexo II)
3. Sistema Esquemático de SAA do Segundo FPA (Anexo III)
4. Sistema Esquemático de SAA do Terceiro FPA (Anexo IV)