



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Projecto Científico

Licenciatura em Geologia Aplicada

**OPTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO AQUÍFERO DA
VILA SEDE DO DISTRITO DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA**

Autor:

➤ Cristóvão Gimo

Maputo, Agosto 2025



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Projecto Científico

Licenciatura em Geologia Aplicada

**OPTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO AQUÍFERO DA
VILA SEDE DO DISTRITO DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA**

Autor:

➤ Cristóvão Gimo

Supervisor:

Prof. Doutor Farisse João Chirindja

Deptº Geologia - Faculdade de Ciências

Universidade Eduardo Mondlane

Caixa postal, 257. Maputo – MOÇAMBIQUE

Maputo, Agosto de 2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Deus pela vida em mim concedida, pela força de lutar e persistir naquilo que são os meus objectivos e sonhos. Agradeço toda a minha família pelo apoio incondicional e nunca ter duvidado da conclusão desse capítulo, a minha Mãe Maria Baltazar Gimo, em memória o meu Pai Núnes Gimo, ao meu Tio Hermínio Novela, aos meus irmãos, Baltazar Maria Gimo, Helena Núnes Gimo, Shelton Hermínio Novela, Mussá Momad Cassamo Júnior, meus Tios e meus Sobrinhos.

Muito grato por todo suporte que me proveu Professor Doutor Farisse João Chirindja, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e profissionalismo. Aos colegas e supervisores do estágio, Nelson Massinga, Eng. Samito, Eng. Edmilson e Nélio Miguel pelas correcções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos meus amigos, Douglas José Luciano, Eduardo Mahumane, Owen Novela, Alércio Sebastião, Kelvin Maluleque, Clayton Manhique, Yelsin Chamusso, Teófilo Magalhães, Mário Massango, Marcos Bila, em memória Nicolau Sambo, Flávia Soares, Júlia Langa, Érica Bacalhau, Jenifa Langa, Laura Sande, Humilde Unésia, Maria Portugal e Eliana Veloso por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

OBRIGADO A TODOS!

ASS: OG (ORIGINAL GEOLOGIST)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Cristóvão Beato Gimo, declaro por minha honra que o presente Projecto Científico é da minha autoria e nunca foi apresentado em nenhuma instituição para culminação do curso.

Maputo, Agosto de 2025

(Cristóvão Gimo)

Resumo

O distrito de Muanza se abastece de águas de poços manuais e cursos de rios sazonais que, em períodos secos os mesmos recursos se tornam escassos, criando assim uma dificuldade para acesso a água potável. A otimização de captação de água subterrânea, no aquífero de Muanza, propõe soluções técnicas sustentáveis para o abastecimento de água.

A investigação baseou-se na análise do contexto hidrogeológico, identificando o aquífero predominante, suas capacidades produtivas e qualidade da água. Foram realizados ensaios de caudal e análises físico-químicas, que confirmaram a viabilidade de exploração. Os resultados demonstram que o aquífero apresenta um caudal mínimo de produção de 2 m³/h e um máximo de 90 m³/h, que satisfazem a demanda hídrica populacional da área de estudo.

Para garantir a sustentabilidade do abastecimento, ou seja, sem estresse hídrico e uma exploração sustentável, as bombas devem ser imersas a profundidade recomendada e não devem ser explorados caudais acima do recomendado para cada furo, garantido assim que o nível dinâmico de cada furo não ultrapasse o limite definido para garantir a segurança no sistema de exploração de cada furo.

Assim, entende-se que a captação de água subterrânea em Muanza é viável, mas requer planeamento técnico-científico rigoroso, associado a práticas de gestão sustentável dos recursos hídricos, para assegurar o fornecimento contínuo de água potável à população, considerando tanto os limites hidrogeológicos locais quanto a expansão demográfica.

Palavras chaves: sistema de captação de água subterrânea, aquífero, hidrogeologia, sustentabilidade hídrica, gestão de recursos hídricos.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
DECLARAÇÃO DE HONRA	II
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contexto	1
1.2. Descrição do problema	2
1.3. OBJECTIVOS	2
1.3.1. Objectivo geral	2
1.3.2. Objectivos específicos	2
CAPÍTULO II: METODOLOGIA	2
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. Ciclo hidrogeológico	4
2.2. Aquífero.....	5
2.3. Construção de Furos de Captação de Água Subterrânea.....	8
2.3.1. Métodos de Perfuração	8
2.3.1.1. Perfuração por Rotação com circulação directa de lama.....	8
2.3.2. Amostragem do material perfurado.....	9
2.3.3. Revestimento do furo	10
2.3.3.1. Tubos Filtros.....	10
2.3.4. Maciço Filtrante.....	11
2.3.5. Limpeza e Desenvolvimento	12
2.3.6. Ensaio de Caudal	13
2.4. Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos (Ensaio de Caudal).....	16
2.5. Determinação de Índice de Estresse	18

3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1.	Enquadramento Geográfico.....	18
3.2.	Clima de Muanza.....	19
3.3.	Enquadramento Topográfico	20
3.4.	Enquadramento Geológico	21
3.5.	Enquadramento Hidrogeológico.....	22
	CAPÍTULO III: RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO DE DADOS OBTIDOS.....	24
4.	CONSTRUÇÃO DE FUROS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	24
4.1.	Construção do Furo	24
4.2.	Revestimento do furo	24
4.3.	Tubos Filtros.....	25
4.4.	Maciço Filtrante.....	25
4.5.	Limpeza e Desenvolvimento	25
4.6.	Ensaio de Caudal	26
4.7.	Interpretação de Dados de Ensaio de Caudal	27
4.7.1.	Furo 1.....	27
4.7.1.1.	CE da Água Captada no Furo 1	27
4.7.2.	Furo 2.....	28
4.7.2.1.	CE da Água Captada Furo 2.....	28
4.7.3.	Furo 3.....	29
4.7.3.1.	CE da Água Captada Furo 3	30
4.7.4.	Furo 4.....	30
4.7.4.1.	CE da Água Captada no Furo 4.....	30
4.7.5.	Furo 5.....	32
4.7.5.1.	CE da Água Captada no Furo 5	33

4.7.6. Furo 6.....	33
4.7.6.1. CE da Água Captada no Furo 6.....	34
4.7.7. Furo 7.....	34
4.7.7.1. CE da Água Captada no Furo 7.....	34
4.7.8. Furo 8.....	35
4.7.8.1. CE da Água Captada no Furo 8.....	35
4.7.9. Furo 9.....	37
4.7.9.1. CE da Água Captada no Furo 9.....	38
4.7.10. Furo 10.....	38
4.7.10.1. CE da Água Captada no Furo 10.....	38
4.7.11. Resumo dos caudais e níveis dinâmicos calculados.....	39
4.8. Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos.....	40
4.8.1. Furo 1.....	40
4.8.2. Furo 2.....	41
4.8.3. Furo 3.....	41
4.8.4. Furo 4.....	42
4.8.5. Furo 5.....	43
4.8.6. Furo 6.....	43
4.8.7. Furo 7.....	44
4.8.8. Furo 8.....	45
4.8.9. Furo 9.....	45
4.8.10. Furo 10.....	46
4.9. Determinação índice de estresse (SI).....	46
CAPÍTULO IV: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	48
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	51

5. CONCLUSÕES.....	51
6. RECOMENDAÇÕES	52
7. BIBLIOGRAFIA.....	53
APÊNDICE	55
Apêndice 1 – Fichas de Ensaio de Caudal.....	56
Apêndice 2 – Cálculo de Rebaixamento Específico e Nível Dinâmico em Função do Caudal.	68
Apêndice 3 – Tabela Resumo de Caudais Calculados.....	74
ANEXO	75
Anexo 1 – Gráficos, Mapas e Resumo de Actividade de Perfuração.	76
Anexo 2 – Cortes Litológicos dos furos	80
Anexo 3 – Mapas Geológicos Produzidos e Mapa de Variação da CE.....	90
Anexo 4 – Resultados Laboratoriais.....	93
Anexo 5 – Curva característica da bomba usada (SP 14-23).....	94
Anexo 6 – Decreto Ministerial nº 180/2004 (MISAU).....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de Metodologia.....	3
Figura 2: Ciclo Hidrológico (Fonte: EPAL).....	5
Figura 3: Unidades hidrogeológicas e Classificação dos aquíferos (Fonte: Miguel, 2024).	6
Figura 4: Aquífero Livre (Tsutiya, 2006).....	6
Figura 5: Aquífero Confinado (Tsutiya, 2006).....	7
Figura 6: Aquífero fissurado (Tsutiya, 2006).....	7
Figura 7: Exemplo da disposição de amostras no terreno (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).	10
Figura 8: Alguns tipos de ranhuras dos tubos filtros (Baptista, 2016).	11

Figura 9: Representação gráfica de um ensaio de caudal escalonado com estabilização de níveis e recuperação final, sendo $t_1=t_2=t_3$ e $Q_1<Q_2<Q_3$ (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).....	14
Figura 10: Cálculo de rebaixamento específico de 3 etapas do ensaio (Fonte: Oliveira, et al. 2014).....	15
Figura 11: Exemplo de Curva de Rebaixamento Específico Vs Caudal	15
Figura 12: Exemplo de Curva de Caudal vs Rebaixamento (Fonte: Oliveira, et al. 2014).....	15
Figura 13: Curva semilogarítmica para Cálculo de T, S (Fonte: Freeze & Cherry, 1979).....	17
Figura 14: Mapa de Localização da Área de Estudo (Fonte: Autor).....	19
Figura 15: Variação Climática Média em Muanza (Fonte: Adaptado de INE, 2021).....	20
Figura 16: Mapa Topográfico da Área de Estudo (Fonte: Autor).....	21
Figura 17: Mapa Geológico da Área de Estudo (Fonte: Autor).....	22
Figura 18: Mapa Hidrogeológico da Área de Estudo.....	23
Figura 19: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 1.	27
Figura 20: Curva de Caudal VS Rebaixamento/Nível Dinâmico do Furo 1.	27
Figura 21: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 2.	28
Figura 22: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamentos do Furo 2.....	29
Figura 23: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Curva de Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 3.....	29
Figura 24: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento de Furo 3.	30
Figura 25: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 4.	31
Figura 26: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 4.	31
Figura 27: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 5.	32
Figura 28: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 5.	32

Figura 29: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Especifico (b) do Furo 6.	33
Figura 30: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 6.	33
Figura 31: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Especifico (b) do Furo 7.	34
Figura 32: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico VS Rebaixamento do Furo 7.	35
Figura 33: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Especifico (b) do Furo 8.	36
Figura 34: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamentos do Furo 8.	36
Figura 35: Curvas de Temp Vs Rebaixamento (a) e Caudal Vs Rebaixamento Específico (b) do Furo 9	37
Figura 36: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 9.	37
Figura 37: Curvas de Tempo Vs Rebaixamentos (a) e Caudal Vs Rebaixamento Especifico (b) do Furo 10.	38
Figura 38: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 10.	38
Figura 39: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F1.	40
Figura 40: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F2.	41
Figura 41: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F3.	41
Figura 42: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F4.	42
Figura 43: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F5.	43
Figura 44: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F6.	43
Figura 45: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F7.	44
Figura 46: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F8.	45
Figura 47: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F9.	45
Figura 48: $\text{Log}_{10}(\text{tempo})$ VS Rebaixamento, F10.	46
Figura 49: Perfuração por Rotação com Circulação Directa (Baptista, 2016).	76

Figura 50: Limpeza e Desenvolvimento de uma Captação pelo método de Air-Lift (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).	77
Figura 51: Sonda de Perfuração (A), Covas de Lama (B), Amostras Litológicas (C). Processo de Perfuração para os Furos de Captação (Fonte: Autor)	78
Figura 52: Tubos de Revestimento PVC 165mm, classe 16 de fundo roscado (A), Processo de Revestimento dos furos (B). Fonte: Autor	78
Figura 53: Filtros usados no revestimento dos furos construídos (Fonte: Autor)	79
Figura 54: Limpeza e Desenvolvimento dos furos, usando o Método de Air-Lift (Fonte: Autor)	79
Figura 55: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 1 (Fonte: Autor).	80
Figura 56: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 2 (Fonte: Autor).	81
Figura 57: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 3 (Fonte: Autor).	82
Figura 58: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 4 (Fonte: Autor).	83
Figura 59: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 5 (Fonte: Autor).	84
Figura 60: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 6 (Fonte: Autor).	85
Figura 61: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 7 (Fonte: Autor).	86
Figura 62: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 8 (Fonte: Autor).	87
Figura 63: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 9 (Fonte: Autor).	88
Figura 64: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 10 (Fonte: Autor).	89
Figura 65: Mapa Hidrogeológico Criado da Área de Estudo Com Isolinhas de NHE	90
Figura 66: Mapa Hidrogeológico Criado da Área de Estudo Com Isolinhas de Caudal	91
Figura 67: Mapa Com Interpolação de Caudal de Exploração	91
Figura 68: Mapa de Interpolação de Condutividade Eléctrica (Fonte: Autor).	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de T e K	17
Tabela 2: Dados dos Furos Construídos	26

Tabela 3: Resumo dos Caudais e Níveis Dinâmicos Calculados	39
Tabela 4: Ficha de Ensaio do Furo 01	56
Tabela 5: Ficha de Ensaio do Furo 02	57
Tabela 6: Ficha de Ensaio do Furo 03	58
Tabela 7: Ficha de Ensaio do Furo 04	59
Tabela 8: Ficha de Ensaio do Furo 05	61
Tabela 9: Ficha de Ensaio do Furo 06	62
Tabela 10: Ficha de Ensaio do Furo 07	63
Tabela 11: Ficha de Ensaio do Furo 08	64
Tabela 12: Ficha de Ensaio do Furo 09	65
Tabela 13: Ficha de Ensaio do Furo 10	67
Tabela 14: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 01	68
Tabela 15: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 01.....	68
Tabela 16: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 02	69
Tabela 17: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 02.....	69
Tabela 18: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 03	69
Tabela 19: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 03.....	69
Tabela 20: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 04	70
Tabela 21: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 04.....	70
Tabela 22: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 05	71
Tabela 23: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 05.....	71
Tabela 24: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 06	71
Tabela 25: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 06.....	71
Tabela 26: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 07	72
Tabela 27: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 07.....	72

Tabela 28: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 08	72
Tabela 29: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 08.....	73
Tabela 30: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 09	73
Tabela 31: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 09.....	73
Tabela 32: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 10	73
Tabela 33: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 10.....	74
Tabela 34: Tabela Resumo de Caudais Recomendados	74

Lista de Abreviaturas

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

CE – Condutividade Eléctrica

NHE/NE – Nível Hidrostático

NHD/ND – Nível Hidrodinâmico

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

A crescente demanda dos recursos hídricos, aliada às limitações impostas pelas variações climáticas e geológicas, torna a exploração águas subterrâneas uma alternativa essencial para o abastecimento de água em diversas regiões do mundo (Casto, 2022). No contexto do Distrito de Muanza, na província de Sofala, Moçambique, a dependência dos recursos hídricos subterrâneos é ainda mais crítica, dada a irregularidade das fontes superficiais e os desafios climáticos locais. As irregularidades superficiais compreendem as geológicas e geomorfológicas, além dos desafios climáticos locais, como as variações sazonais extremas, que afectam directamente na consistência das fontes hídricas (Ministério da Administração Estatal, 2005).

As variações climáticas podem impactar significativamente a recarga dos aquíferos com as chuvas sazonais a contribuir para o armazenamento de água subterrânea e os períodos de seca a colocarem pressão sobre os recursos hídricos. As chuvas desempenham um papel crucial na infiltração da água nos solos, contribuindo para a recarga dos aquíferos, enquanto que no período de seca, a recarga é drasticamente reduzida, já que há pouca ou nenhuma água disponível para infiltração (Doll & Fiedler, 2008). Combinando o período de seca com a alta demanda dos recursos hídricos e sua baixa disponibilidade das fontes superficiais, culminam com a necessidade de existência de fontes subterrâneas para maior sustentabilidade hídrica.

A geologia sedimentar de Muanza favorece a existência de aquíferos produtivos, mas a disponibilidade hídrica é altamente dependente das condições climáticas e da gestão sustentável dos recursos. Com base na história geológica, Muanza provavelmente possui recursos hídricos variáveis, com boa disponibilidade em áreas de sedimentos arenosos, desde que haja recarga suficiente pelas chuvas.

O dimensionamento adequado de uma bomba submersível é fundamental para garantir eficiência e longevidade no sistema de bombagem de água subterrânea. O dimensionamento é feito através da interpretação de dados obtidos durante o Ensaio de Caudal do furo, usando uma Bomba Submersível prevista através da capacidade aquífero destacada no Mapa Hidrogeológico ou prevista durante a Limpeza e Desenvolvimento do furo.

1.2. Descrição do problema

A região de Muanza, na província de Sofala, Moçambique, enfrenta desafios significativos no acesso de água subterrânea potável, beneficiando-se de água de poços artesanais e rios. (Ministério da Administração Estatal, 2005).

A escassez de fontes de água superficial e sua não potabilidade, devido a contaminação por diferentes agentes externos, que também é agravada pelas variações climáticas, torna crucial a exploração de aquíferos subterrâneos. Por isso, o dimensionamento correcto da capacidade aquífera é crucial para uma gestão inteligente e sustentável do recurso hídrico, garantindo o seu equilíbrio sustentável de exploração mesmo em épocas de secas, pois, a má selecção ou dimensionamento pode levar à exploração insustentável dos aquíferos, resultando em sobre-exploração ou em falhas operacionais (Tsutiya, 2006). Assim, o equilíbrio entre a capacidade de exploração e a protecção dos recursos hídricos é um dos maiores desafios para a sustentabilidade hídrica em Muanza.

1.3. OBJECTIVOS

1.3.1. Objectivo geral

- Optimizar o Sistema de Abastecimento de Água subterrânea, através do dimensionamento do caudal óptimo de exploração nos aquíferos da Vila de Muanza, na Província de Sofala.

1.3.2. Objectivos específicos

- Examinar o potencial aquífero da área de estudo com base na informação da Geologia da região;
- Realizar ensaio de caudal escalonado para a caracterização hidrogeológica;
- Estremer o caudal de exploração e produção, através de dados de ensaio de caudal escalonado;
- Avaliar a sustentabilidade do aquífero identificado em função da demanda das comunidades servidas;

CAPÍTULO II: METODOLOGIA

Para Optimização da Captação de Água subterrânea nos aquíferos da Vila de Muanza, seguiu-se uma série de fases para o processo de construção e obtenção de resultados para cada uma dessas fases, utilizando interpretações. O projecto obedeceu 5 fases principais, nomeadamente: (1) Recolha e compilação de dados ou informações bibliográficas, (2) construção de furos de água, (3) realização de

ensaio de caudal, (4) dimensionamento de bombas submersíveis e determinação de parâmetros hidrodinâmicos, (5) determinação de índice de estresse, (6) colecta de amostras de água e análise integrada.

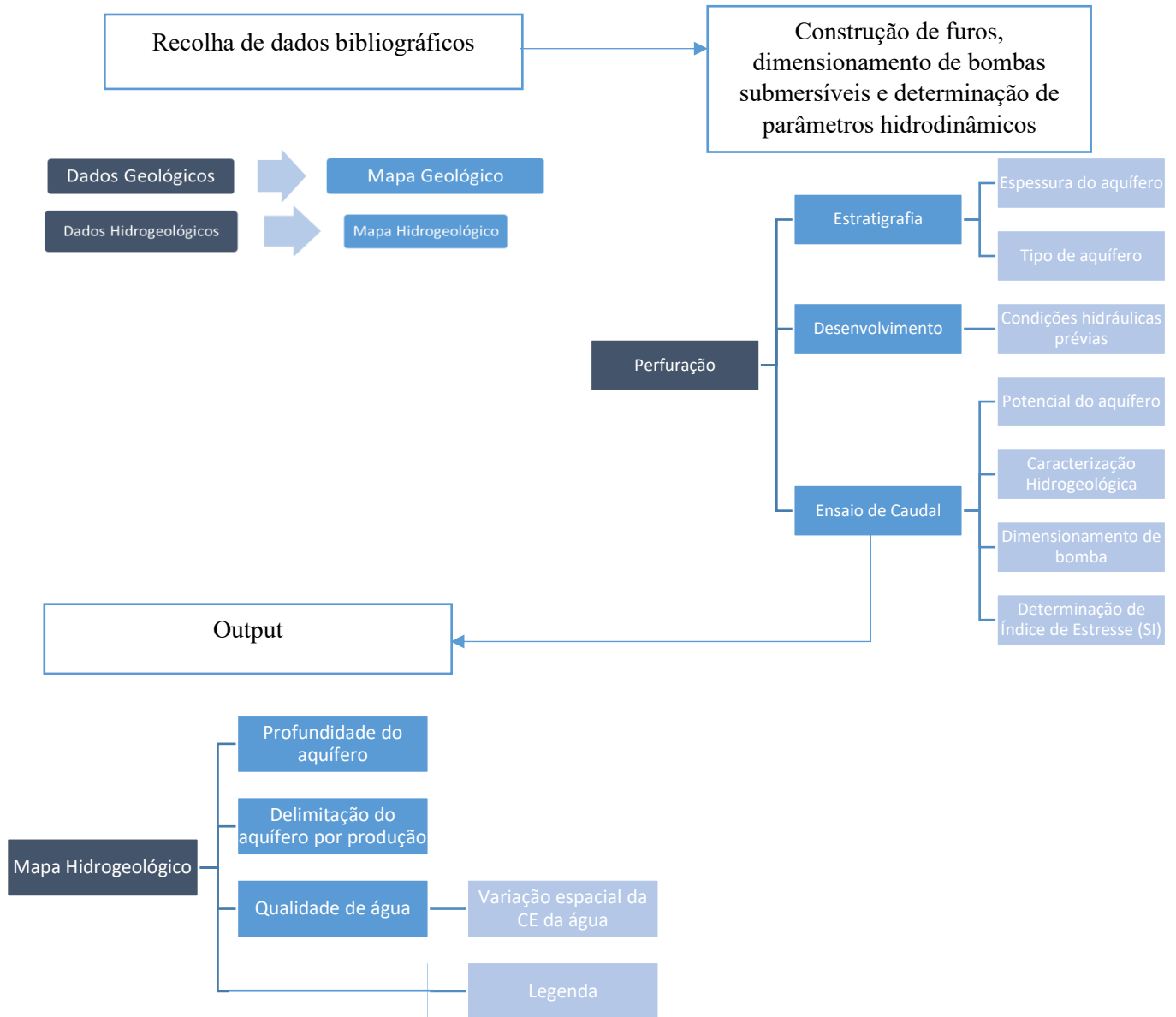


Figura 1: Fluxograma de Metodologia

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Ciclo hidrogeológico

É o fenómeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.

O conceito de ciclo hidrológico (Figura 1) está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, os calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (**evaporação**), e à gravidade, que faz com que a água condensada se caia (**precipitação**) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (**escoamento superficial**) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fracturas (**escoamento subterrâneo**). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se (Carvalho V. E., 2013).

Sendo um “Ciclo”, um circuito fechado, ele não tem começo nem fim, logo a sua descrição pode ser feita a partir de qualquer um dos seus componentes. Como a maior parte da água está nos oceanos, é conveniente descrever o ciclo hidrológico como começando com os oceanos. A água evapora da superfície dos oceanos. A quantidade de água evaporada varia, sendo maior quando próximo do equador, onde a radiação solar é mais intensa. A água evaporada é pura, porque quando é transportada para a atmosfera, os sais do mar são deixados para trás. O vapor de água se move pela atmosfera como parte integrante do fenómeno que chamamos de "o clima". Quando as condições atmosféricas são adequadas, o vapor de água se condensa e forma gotas. Essas gotas podem cair no mar ou em terra ou podem evaporar enquanto ainda estão no alto.

A precipitação que cai na superfície da terra entra em várias vias do ciclo hidrológico. Alguma quantidade de água pode ser armazenada temporariamente na superfície da terra como gelo e neve, formando poças de água, o que é conhecido como **armazenamento em depressão**. Parte da chuva ou da neve derretida será drenada através da terra para o canal do ribeiro. Isto é chamado de **escoamento superficial**. Se o solo da superfície for poroso, alguma quantidade de água da chuva ou neve derretida irá infiltrar-se no solo por um processo denominado **infiltração** (Fetter, 2001).

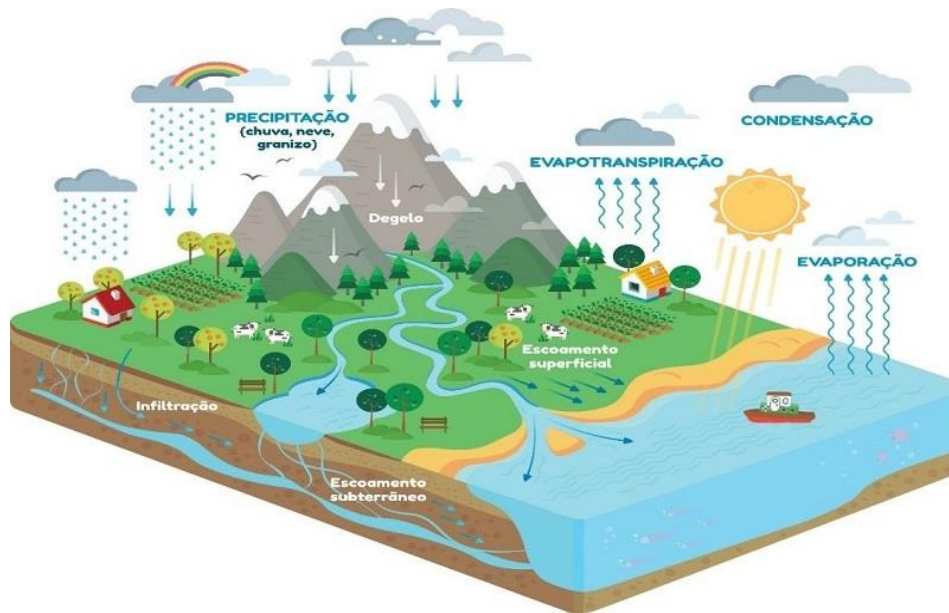


Figura 2: Ciclo Hidrológico (Fonte: EPAL).

2.2. Aquífero

De todas as palavras do vocabulário hidrológico não há provavelmente nenhuma com mais nuances de significado do que o termo **aquífero** . Significa coisas diferentes para pessoas diferentes e, talvez, coisas diferentes para a mesma pessoa em momentos diferentes. É usado para se referir a camadas geológicas individuais, para formações geológicas completas e ainda para grupos de formações geológicas (Freeze & Cherry, 1979).

Um aquífero é definido como uma Camada, Formação ou Unidade Geológica porosa e permeável que contém água subterrânea e que pode transmitir quantidades significativas de água em ambientes hidráulicos comuns (Freeze & Cherry, 1979) e (Tsutiya, 2006). Essas camadas/formações ou Unidades geológicas podem ser classificados em:

- **Aquíferos** : quando constituídas por material poroso e permeável que contém água subterrânea, permitem seu movimento através de seu espaço intersticial e podem fornecê-las em volumes apreciáveis. Exemplo: Camadas de Areia;
- **Aquicludes** : quando constituídas por materiais que podem conter água, mas não podem cedê-las. Exemplo: Argilas comportando-se como impermeáveis;

- **Aquifugos:** quando constituídas por materiais que não contém água e nem permitem o movimento de água. Exemplo: Rochas Graníticas compactas;
- **Aquitardes:** quando constituídas por matérias de baixa permeabilidade, mas com capacidade suficiente para transmitir certas quantidades de água aos extractos que estão sobrejacentes e subjacentes. Exemplo: Arenito argiloso (Tsutiya, 2006).

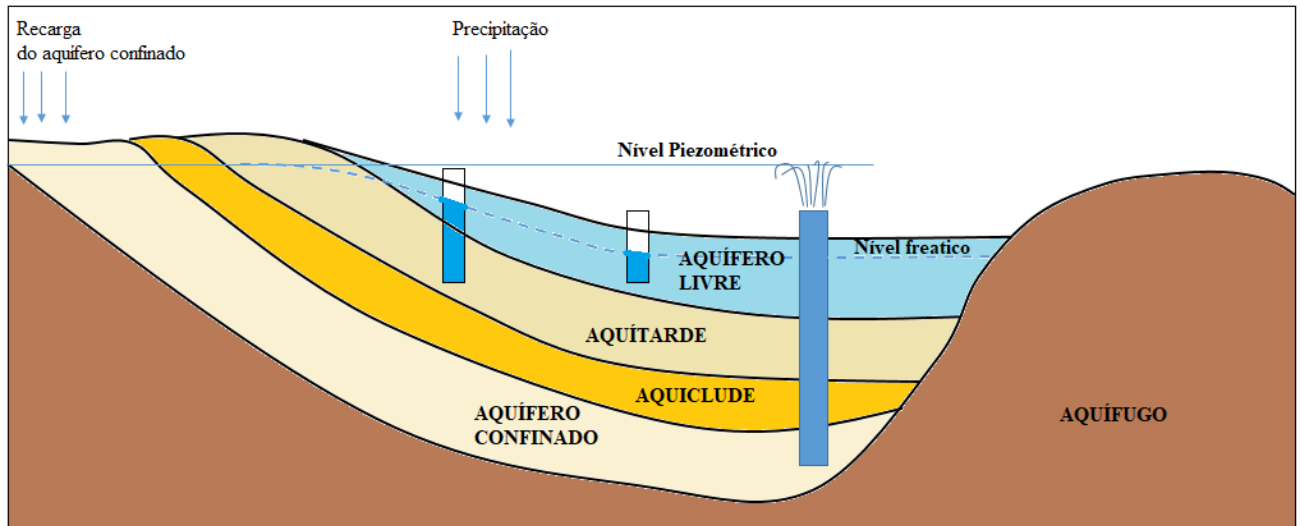
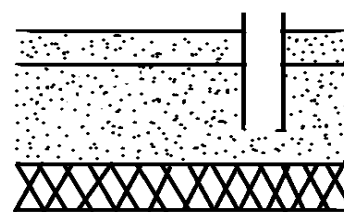


Figura 3: Unidades hidrogeológicas e Classificação dos aquíferos (Fonte: Miguel, 2024).

Os aquíferos se apresentam com características diferentes em relação aos outros extractos limitantes e suas características físicas (Tsutiya, 2006). Com isso, encontram-se diferentes tipos de aquífero, como:

- **Aquífero livre:** É um extracto permeável, parcialmente saturado de água, sobrejacente a um extracto ou formação impermeável (Figura 4);



(a) Livre



Figura 4: Aquífero Livre (Tsutiya, 2006)

- **Aquífero confinado:** É um extracto completamente saturado de água, cujo o tecto e o piso são completamente impermeáveis (Aquicludes). A água deste aquífero se chama confinada, sua pressão geralmente é mais alta que a pressão atmosférica e quando se perfura o aquífero, a água sobe para o nível bem superior ao limite do aquífero e quando este nível é superior a superfície, o furo torna-se artesiano (Figura 5);

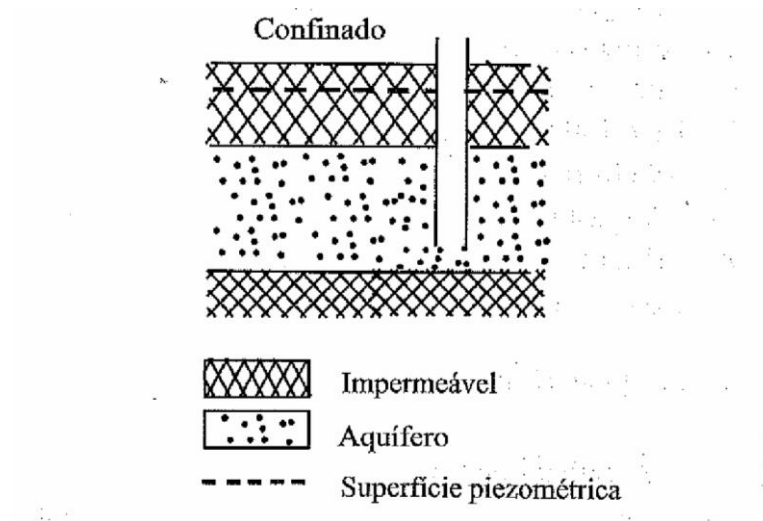


Figura 5: Aquífero Confinado (Tsutiya, 2006).

- **Aquíferos fissurados ou fracturados:** Ocorrem em Rochas cristalinas (Granitos, Basaltos, Xistos, etc) localmente não compactadas. As fracturas, fissuras ou outros sistemas de fraquezas localmente encontradas, podem funcionar como excelentes reservatórios de água subterrânea, transformando esses “aquitardes” em bons aquíferos (Tsutiya, 2006). (Figura 6)

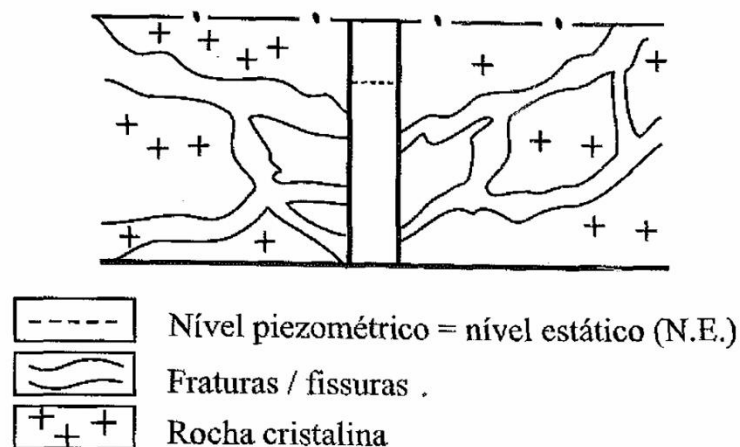


Figura 6: Aquífero fissurado (Tsutiya, 2006).

2.3. Construção de Furos de Captação de Água Subterrânea

Um furo de captação de águas subterrâneas é uma obra complexa que se desenrola no subsolo quase sempre fora da vista dos intervenientes na sua construção, o que torna difícil avaliar o que acontece no decorrer dos trabalhos. Importa referir que um furo de captação de água subterrânea correctamente dimensionado deve assegurar (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012):

- Haja a extracção de caudal pretendido, causando menores modificações possíveis no aquífero (ex: rebaixamentos exagerados e contaminações induzidas);
- Haja água com qualidade adequada ao fim que se destina;
- Haja protecção do aquífero de fontes locais de contaminação;
- Um período de vida útil médio de 25 anos.

2.3.1. Métodos de Perfuração

Existem vários métodos de perfuração para construção de furos de captação de água subterrânea, onde, a selecção do melhor método depende principalmente das formações geológicas, profundidade a atingir, finalidade e factores económicos (Baptista, 2016):

1. Percussão (Actualmente em desuso)
2. Rotação com circulação de lama ou água directa ou inversa;
3. Rotopercussão (Percussão pneumática com “martelo de fundo de furo”).

Para o presente trabalho, foi usado o método de Rotação com Circulação Directa de Lama.

2.3.1.1. Perfuração por Rotação com circulação directa de lama

No método de furação à rotação pelo sistema de circulação directa, ocorre a rotação da peça de corte (trépano de roletes ou tricône) no terreno e por acção de uma bomba de alta pressão são injectadas as lamas de estabilização pelo interior da cabeça da sonda, saindo no fundo do furo por orifícios da peça de corte (Figura 50 em anexo). 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, onde ocorre a decantação dos detritos no tanque e a reutilização das mesmas pela sua re-injecção no circuito (Baptista, 2016).

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;
- Maior facilidade de controle das propriedades das lamas;

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 tritramento e pelo atraso em relação ao avanço da perfuração o que pode conduzir a medições deficientes das profundidades de posicionamento dos tubos-ralo;
- 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.

2.3.2. Amostragem do material perfurado

Durante a execução da sondagem, devem ser amostras de terreno em intervalos regulares, geralmente de 3 em 3 metros, ou sempre que o terreno atravessado varie significativamente (Figura 7). 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, com o objecto de servirem de auxílio para na interpretação das camadas, identificação do aquífero e o tipo, formações geológicas e bem como onde posicionar os tubos filtros e colocação de maciço filtrante para maior rendimento e/ou zonas de isolamento para evitar contaminações e garantir maior rendimento (Adaptado de Baptista, 2016).

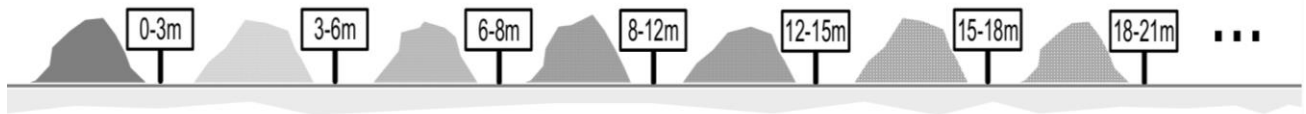


Figura 7: Exemplo da disposição de amostras no terreno (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).

2.3.3. Revestimento do furo

O revestimento do furo tem como objectivo:

- Prevenir o colapso das paredes da perfuração;
- Proteger o equipamento de bombagem;
- solar certos níveis dos que se pretendem explorar, cujo aproveitamento não interessa ou seja inconveniente.

A definição da coluna de revestimento deve basear-se na série litológica atravessada pela perfuração (análise das amostras). Por vezes, dispõe-se também de informação obtida a partir de ensaios granulométricos e da execução de diagrfias com medição, entre outros parâmetros, do potencial espontâneo, resistividade eléctrica e radiação gama. Esses ensaios granulométricos e diagrfias são particularmente aconselháveis nas sondagens por rotação. Para o revestimento do furo de captação de água subterrânea existem diferentes tipos de materiais, destacando-se, entre os mais utilizados, o PVC (normal ou especial), o ferro fundido, o aço Normal DIN 2458 e o aço inoxidável (Baptista, 2016).

Para os furos construídos no âmbito do desenvolvimento do presente Projecto Científico, foram usados tubos PVC especial de 6”.

2.3.3.1. Tubos Filtros

Os tubos filtros são os responsáveis pela entrada de água para a captação, ocorrendo essa passagem através de aberturas (“slots”), rasgos, ranhuras ou fendas existentes na parede do tubo e que correspondem à designada “área aberta”. Deve ser dada uma atenção particular aos tubos filtros, pois o rendimento da captação depende de uma correcta selecção do seu tipo, dimensão e posicionamento (Adaptado de Baptista, 2016).

Os tubos filtros mais usados, de acordo com o tipo de ranhura, são:

- Do tipo ranhurado (de fenda vertical, oblíqua ou horizontal, sendo esta última a mais comum);
- De estrutura em ponte;
- De fenda contínua;
- De areão aglomerado (pré-filtro).

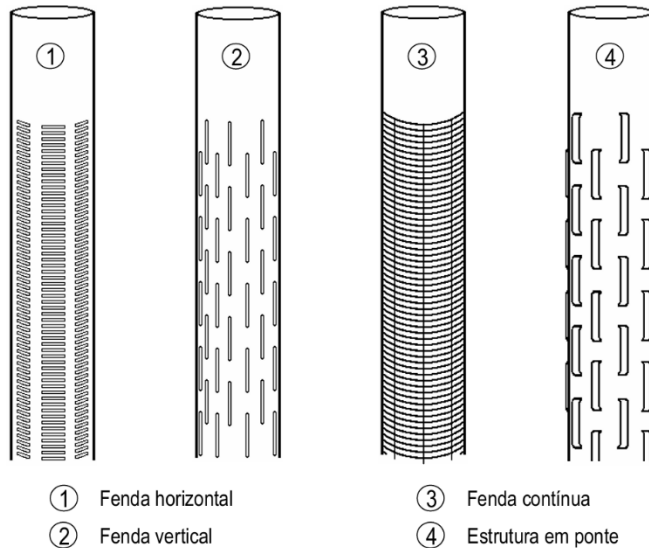


Figura 8: Alguns tipos de ranhuras dos tubos filtros (Baptista, 2016).

A melhor relação entre o custo (do tubo filtro) e o benefício (caudal captado) é obtida:

- Nos aquíferos livres, colocando tubos filtros a ocupar cerca de metade a um terço da espessura do aquífero;
- Nos aquíferos confinados, colocando tubos-ralo a cobrir cerca de 80% a dois terços da espessura do aquífero.

Para os furos construídos no âmbito do desenvolvimento do presente Projecto Científico, foram usados filtros PVC de fenda horizontal.

2.3.4. Maciço Filtrante

Entre a tubagem de revestimento e as paredes do furo deve ser construído um maciço filtrante constituído por sedimentos de granulometria uniforme (Areão), devidamente lavado, calibrado e com esfericidade e arredondamento elevados (Adaptado de Baptista, 2016). O maciço filtrante tem as seguintes funções:

- Evitar a passagem para dentro do furo de areias finas e de argilas que podem colmatá-lo e provocar avarias na bomba, por vezes irremediáveis, durante a fase de exploração da captação;
- Amortecer as vibrações da bomba nos momentos de arranque ou de paragem;
- Envolver a coluna de revestimento, protegendo-a e conferindo-lhe resistência;
- Proporcionar um bom suporte ao material isolante que reveste o furo em determinadas profundidades e serve de protecção contra contaminações superficiais ou de outros níveis aquíferos cuja exploração não é conveniente.

2.3.5. Limpeza e Desenvolvimento

Após a fase de perfuração, seguem-se as operações de limpeza e desenvolvimento do mesmo. De facto, qualquer método de perfuração altera as características hidráulicas das formações aquíferas na área adjacente à captação, tornando-se necessário proceder a estas operações (Baptista, 2016).

As operações de limpeza e desenvolvimento da captação têm como objectivos:

- Restabelecer, na envolvente da captação, as propriedades hidráulicas iniciais do aquífero que foram alteradas pela operação de perfuração;
- Aumentar a eficiência da captação reduzindo as perdas de carga resultantes da circulação da água até ao furo, quer por remoção de fluidos (lamas) e de detritos da perfuração, quer por eliminação de materiais finos da formação aquífera. Com esta eliminação de materiais finos evita-se o seu arrastamento para o interior da captação, sendo minimizados, durante a fase de exploração, os danos na bomba e nas condutas de elevação e distribuição de água. A fracção fina em quantidade pode, também, colmatar o furo a partir do fundo ou entupir o maciço filtrante;
- Soltar das paredes do furo e trazer à superfície fragmentos de rocha, alguns de dimensão centimétrica ou mesmo decimétrica, que podem, se não forem retirados previamente, causar danos ou entupimentos e colmatações durante a fase exploração;
- Produzir, com o maior rendimento possível, água limpa e sem material fino em suspensão.

Os métodos de desenvolvimento de captações podem ser físico-mecânicos ou químicos:

- Físicos:
 - ✓ Pistonagem;

- ✓ Sobrebombagem;
 - ✓ Air-lift;
 - ✓ Jetting;
 - ✓ Packer;
 - ✓ Hidrofracturação e emprego de explosivos.
- Químicos:
 - ✓ Aplicação de Polifosfatos;
 - ✓ Acidificação.

Para o presente trabalho, foi usado o método de Air-lift, que consiste na injeção de ar por pressão (Figura 51 em anexo), que incidirá por extensão produtiva do furo (tubos filtros) até que a água comece a sair limpa e isentas de partículas finas, areias e/ou turvação, podendo durar até dias (Baptista, 2016).

2.3.6. Ensaio de Caudal

Após a fase de limpeza e desenvolvimento do furo, dever-se-á ensaiar a sua produtividade visando (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012):

- A definição e optimização do caudal de exploração;
- A selecção do tipo de bomba (bomba de aspiração, bomba de eixo vertical e, mais comumente, bomba submersível);
- O dimensionamento (potência) da electrobomba submersível e as condições da sua montagem;
- A obtenção de parâmetros hidrodinâmicos que permitem perspectivar a resposta do aquífero a determinado regime de exploração.

Antes de iniciada a bombagem, é sempre medido o nível hidrostático (NHE) no interior do furo ou, se possível, num piezómetro ou noutros furos próximos que captem nos mesmos níveis aquíferos. Posteriormente é medida a evolução temporal do nível hidrodinâmico (rebaixamentos), registando-se, numa tabela de ensaio, os caudais, tempos e níveis. Após a cessação da bombagem, da mesma forma, deverão também ser registados os níveis hidrodinâmicos de recuperação (ascensões).

Dos diversos tipos de ensaio de caudal destacam-se os seguintes:

- **Ensaio Escalonados (ensaio a caudal variável)** – Efectuados por escalões (patamares) crescentes de caudal. Podem decorrer com paragem da bomba e recuperação de níveis entre cada escalão, ou de modo contínuo, sem paragem da bomba aquando do aumento de escalão e, portanto, sem recuperação de níveis. O número de escalões poderá variar entre três e cinco, sendo conveniente que todos tenham a mesma duração de bombagem (Figura 9);
- **Ensaio a Caudal Constante** – Executado com um caudal cujo valor é semelhante ao futuro caudal de exploração e que pode ser definido a partir da interpretação dos resultados dos ensaios escalonados. Este ensaio permite determinar o caudal recomendado e fundamentar o regime de exploração da captação.

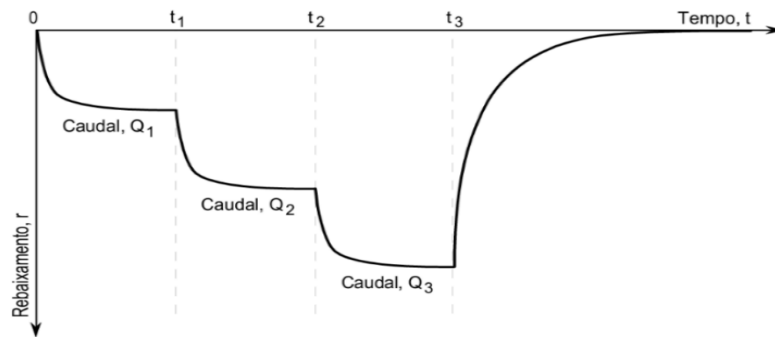


Figura 9: Representação gráfica de um ensaio de caudal escalonado com estabilização de níveis e recuperação final, sendo $t_1=t_2=t_3$ e $Q_1 < Q_2 < Q_3$ (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).

Segundo Jacob, o rebaixamento de um poço bombeado obedece aproximadamente à equação característica abaixo:

$$S = BQ + CQ^2 \text{ ou } S/Q = B + CQ \quad (8)$$

Onde:

- ✓ S: é o rebaixamento medido no poço em bombeamento (m);
- ✓ B é o coeficiente de perda do aquífero;
- ✓ C é o coeficiente de perda do poço; e
- ✓ Q é a vazão em m^3/h .

O termo BQ representa o rebaixamento devido às perdas do aquífero e o termo CQ^2 , o sobre rebaixamento devido às perdas de carga do poço (Oliveira, Maciel, Junior, Pontes, & Bezerra, 2014).

ETAPAS	Q(m³/h)	s(m)	s/Q(m³/h)	Q/s(m³/h/m)	TEMPO(h)
1º	102,86	5,27	0,051	1,42	6:00
2º	168,75	8,92	0,053	0,39	6:00
3º	211,76	11,43	0,054	0,38	6:00

Figura 10: Cálculo de rebaixamento específico de 3 etapas do ensaio (Fonte: Oliveira, et al. 2014)

Para a obtenção de B e C, plota-se um gráfico de Rebaixamento específico X Vazão, como no exemplo 1:

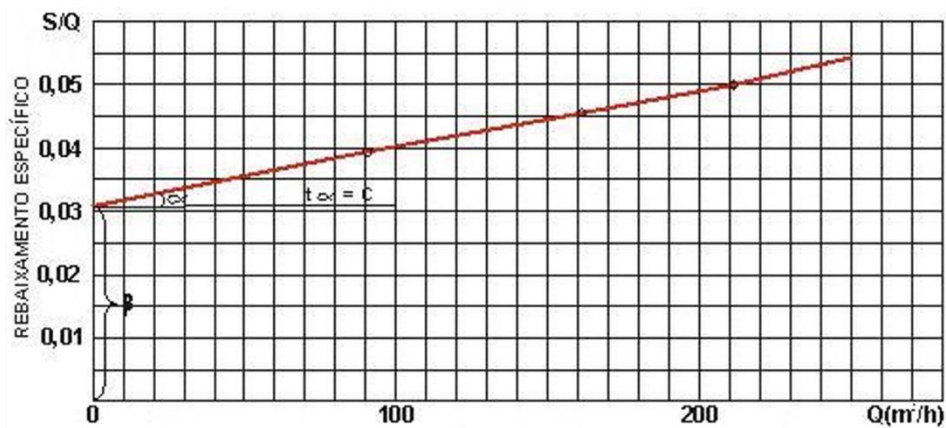


Figura 11: Exemplo de Curva de Rebaixamento Específico Vs Caudal

Através do gráfico da Figura 11, são obtidos os valores de B e C, conforme representados na curva, com isso, é determinado o valor de rebaixamento para cada caudal a adoptar no furo, usando a fórmula 8, sendo assim possível identificar o caudal recomendado e crítico para cada furo construído num gráfico de Cauda X Rebaixamento.

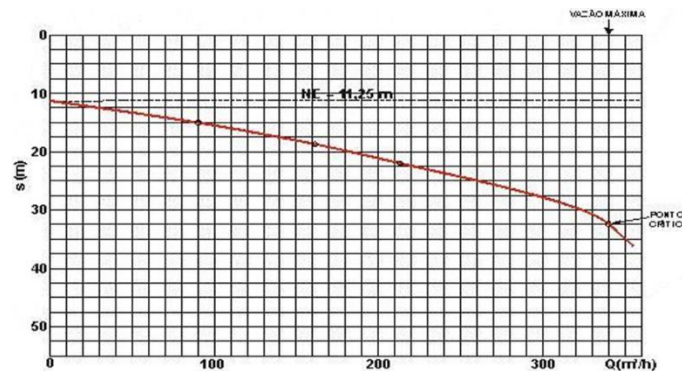


Figura 12: Exemplo de Curva de Caudal vs Rebaixamento (Fonte: Oliveira, et al. 2014)

2.4. Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos (Ensaio de Caudal)

Para determinar os parâmetros hidráulicos de um aquífero (como transmissividade, condutividade hidráulica e armazenamento) usando dados de ensaio de caudal (ensaio de bombeamento) sem um furo de observação (ou seja, apenas com dados do poço de bombeamento), é necessário usar métodos específicos para poços não observados. Há dois métodos que são comumente usados para calcular coeficientes do aquífero a partir de dados de rebaixamento por tempo. Ambas as abordagens são gráficas. A primeira envolve um ajuste de curvas em gráficos do tipo **log-log (o Método de Theis)** e a segunda envolve a interpretação com gráficos **semi-log (o Método de Jacob)** (Freeze & Cherry, 1979).

Para o presente projecto, será usado o método de semi-log (Método de Jacob).

Segundo Freeze e Cherry (1979), o método semi-logarítmico para interpretação de teste de bombeamento repousa no fato de que a integral, $W(u)$, pode ser representada por séries infinitas. A solução de Theis então se torna:

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \left(-0,5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2*2!} + \frac{u^3}{3*3!} + \dots \right) \quad (9)$$

Cooper e Jacob (1946) em Freeze e Cherry (1979), observaram que para um u pequeno, a soma das séries além $\ln u$ torna-se desprezível, de modo que:

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} (-0,5772 - \ln u) \quad (10)$$

Observando que $\ln u = 2,3 \log u$, que $-\ln u = \ln 1/u$ e que $\ln 1,78 = 0,5772$ a equação (9) se torna:

$$h_0 - h = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log \frac{2,25Tt}{r^2S} \quad (11)$$

Desde que Q , r , T e S sejam constantes, $h_0 - h$ versus $\log t$ deve resultar num gráfico de linha recta. Se Δh é o rebaixamento de um ciclo logarítmico de tempo e t_0 é o tempo onde a linha do rebaixamento intercepta o zero desse eixo, uma manipulação adicional com a equação (10) resulta em que os valores de T e S , em unidades consistentes, são dados por:

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta h} \quad (12)$$

$$S = \frac{2,25Tt_0}{r^2} \quad (13)$$

$$K = \frac{T}{b} \quad (14)$$

Onde:

- ✓ T: Transmissividade (m²/s) /(m²/h);
- ✓ S: Coeficiente de armazenamento (adimensional);
- ✓ K: Conductividade hidráulica (m/s) /(m/h);
- ✓ Q: Caudal (m³/s) /(m³/h);
- ✓ b: Espessura do aquífero (m);
- ✓ Δh: Variação do gradiente hidráulico (m);
- ✓ t₀: Tempo quando a resta intersecta o eixo de t em Δh = 0 (min);
- ✓ r: Raio do furo (m).

Tabela 1: Classificação de T e K

Classificação	Transmissividade	Conductividade hidráulica
Alta	> 4,17 m ² /h	> 0,1 m/h
Moderada	0,42 – 4,17 m ² /h	0,001 – 0,1 m/h
Baixa	<0,42 m ² /h	<0,001 m/h

Segundo Fetter (2001), em Johnson (1967), em casos que a intersecção entre a recta e Δh, encontra-se fora da faixa útil, assume-se os valores tabelados de **S**, onde:

- Areia fina a média: $S \approx 0,15$;
- Solo Argiloso: $S \approx 0,05$;
- Cascalho ou Areia grossa: $S \approx 0,2$ a $0,3$.

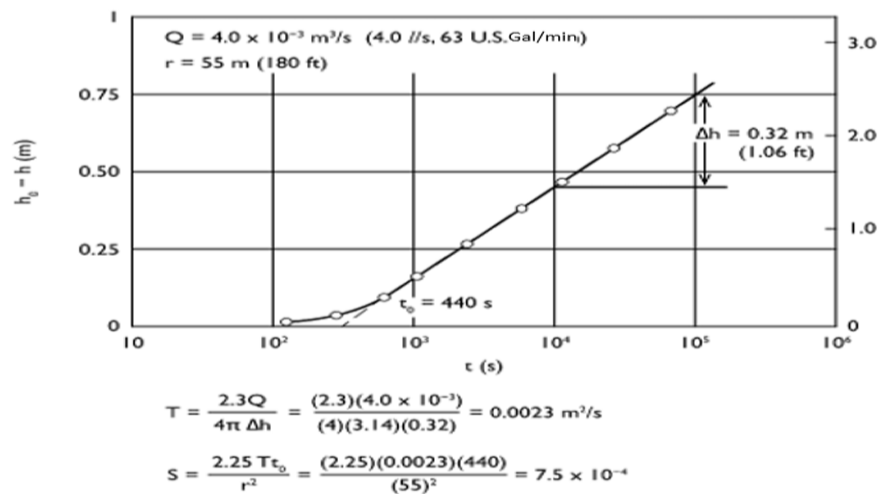


Figura 13: Curva semilogarítmica para Cálculo de T, S (Fonte: Freeze & Cherry, 1979).

2.5. Determinação de Índice de Estresse

Segundo Alcaomo et al., (2007) e Hanasaki et al., (2008), citados em International Ground Water Resources Assessment Centre (2004), o índice de estresse hídrico mede a pressão sobre os recursos hídricos e pode ser facilmente aplicado a múltiplas bacias hidrográficas. O índice calcula a razão entre as retiradas de água por um certo período (consumo) e a produção do aquífero. Quando o índice de estresse hídrico é inferior a 20% (ou seja, uma razão inferior a 0,2) apresentam baixo ou nenhum estresse hídrico, uma razão entre 0,2 e 0,4 apresentam estresse médio e razões superiores a a 0,4 apresentam alto estresse.

$$SI = \frac{Q_c}{Q_{prod}} * 100\% \quad (15)$$

Onde:

- ✓ SI: Índice de Estresse (%);
- ✓ Qc: Caudal de consumo (L/dia);
- ✓ Qprod: Caudal de produção aquífero (L/dia).

A quantidade média consumida diária de água, depende facilidade de obtenção do recurso hídrico, do clima, do preço e da grandeza da população servida. O consumo médio de água para uma ligação domiciliar, varia 80 – 120 L/dia (Matsinhe & Rietveld, 2005) e o consumo médio por pessoa nas zonas rurais, variam de 20 – 30 L/dia (The World Bank, 2018).

3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Enquadramento Geográfico

O distrito de Muanza, está localizado a 126 Km a Norte da Cidade da Beira, situando-se na zona Central e litoral da província de Sofala, estando limitado a Norte pelo distrito de Cheringoma, a Sul pelo distrito de Dondo, a Este é banhada pelo Oceano Índico, a Oeste confina com o distrito de Gorongosa e a Sudoeste com o distrito de Nhamatanda (Figura 14). Tem uma área de 7 513 Km² e uma população de 42 206 habitantes, segundo o censo de 2017 – 2021, tendo uma densidade populacional de 5,6 hab/Km².

A área tem uma área com cerca de 2 398 Km², que se situa entre as latitudes 18° 52' 26,4''S e 19° 16' 40,8''S e as longitudes 34° 39'E e 35° 07' 48''E. A área tem uma população de cerca de 13 471 habitantes, segundo a densidade populacional referenciada pelo INE.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

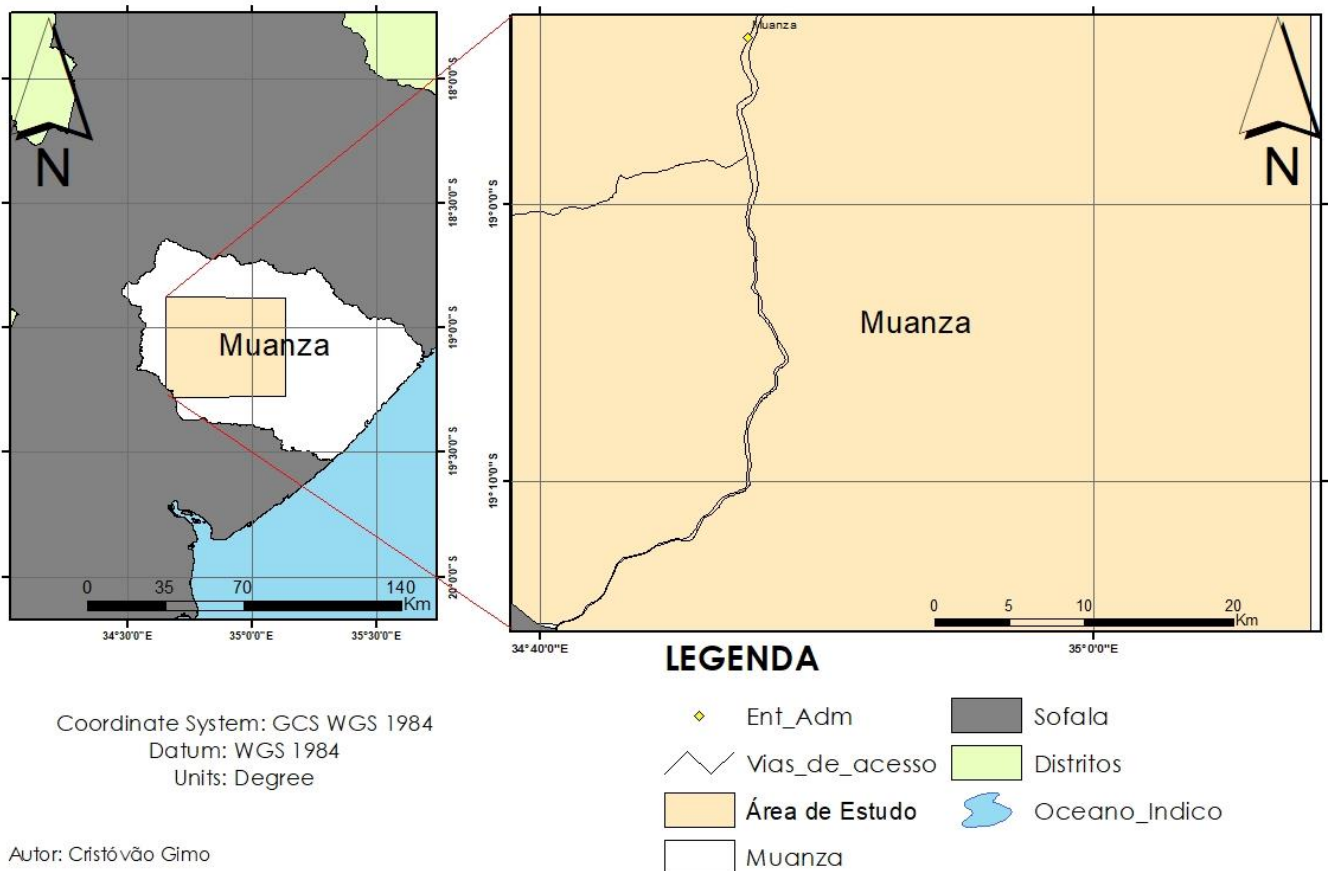


Figura 14: Mapa de Localização da Área de Estudo (Fonte: Autor).

3.2. Clima de Muanza

O clima predominante na vila de Muanza, é classificado como tropical de savana (Aw segundo a classificação de Köppen-Geiger), caracterizado por duas estações bem definidas: **um quente e chuvosa**, e outra **seca e fresca** (Pacheco, 2009).

A temperatura média anual varia entre 24°C e 26°C, com variações mínimas ao longo do ano, com precipitação média anual entre 800 – 1400mm. A estação Chuvosa, de Outubro a Março, é influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com temperaturas médias de 30 – 34°C, trazendo chuvas

intensas nesse período (MozambiqueExpert, 2025) e a estação Seca, de Abril a Setembro, é marcada por temperaturas mais amenas, céu limpo e menor precipitação, com temperaturas médias de 26 – 29°C (fig. 15) (Pacheco, 2009).

As condições climáticas de Muanza, tem implicações directas na agricultura, biodiversidade e no cotidiano da população local. A estação chuvosa é crucial para as actividades agrícolas, enquanto a estação seca pode representar desafios, como a escassez de água.

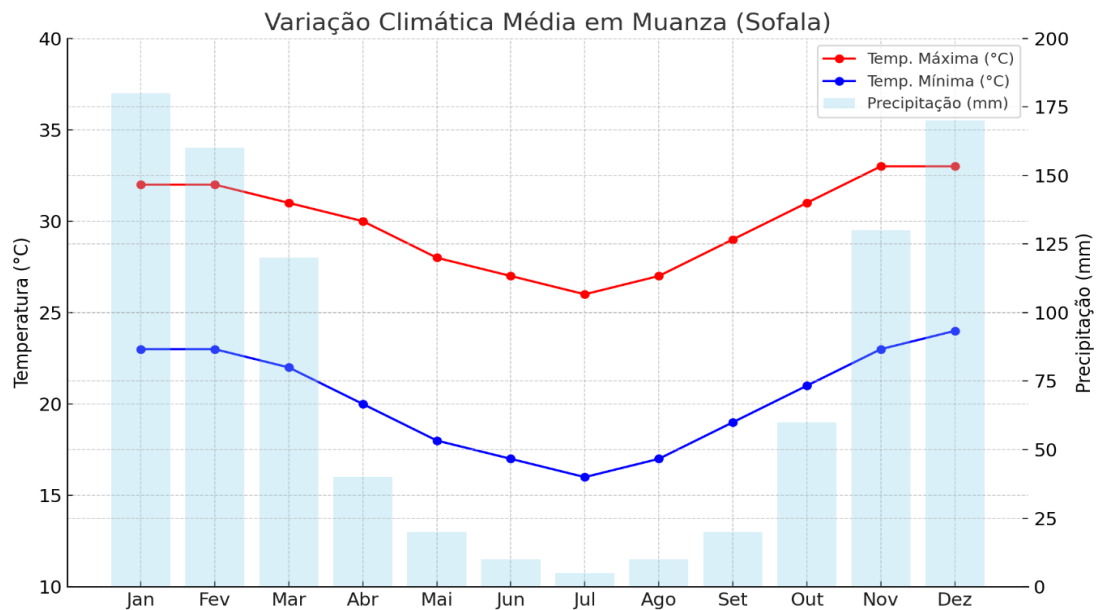


Figura 15: Variação Climática Média em Muanza (Fonte: Adaptado de INE, 2021)

3.3. Enquadramento Topográfico

Em termos topográficos, a área estudo encontra-se entre as cotas de 100 a 350 metros, o que causa as variações das profundidades aquíferas nas áreas de interesse. A diferença de cotas altera também os níveis hidrostáticos (NHE) da região perfurada, sendo menores em zonas com cotas menores e maiores no sentido contrário. De acordo com o Mapa (fig. 16), verifica-se o aumento da cota no sentido oposto a costa, isto é, em direcção a Noroeste (NW).

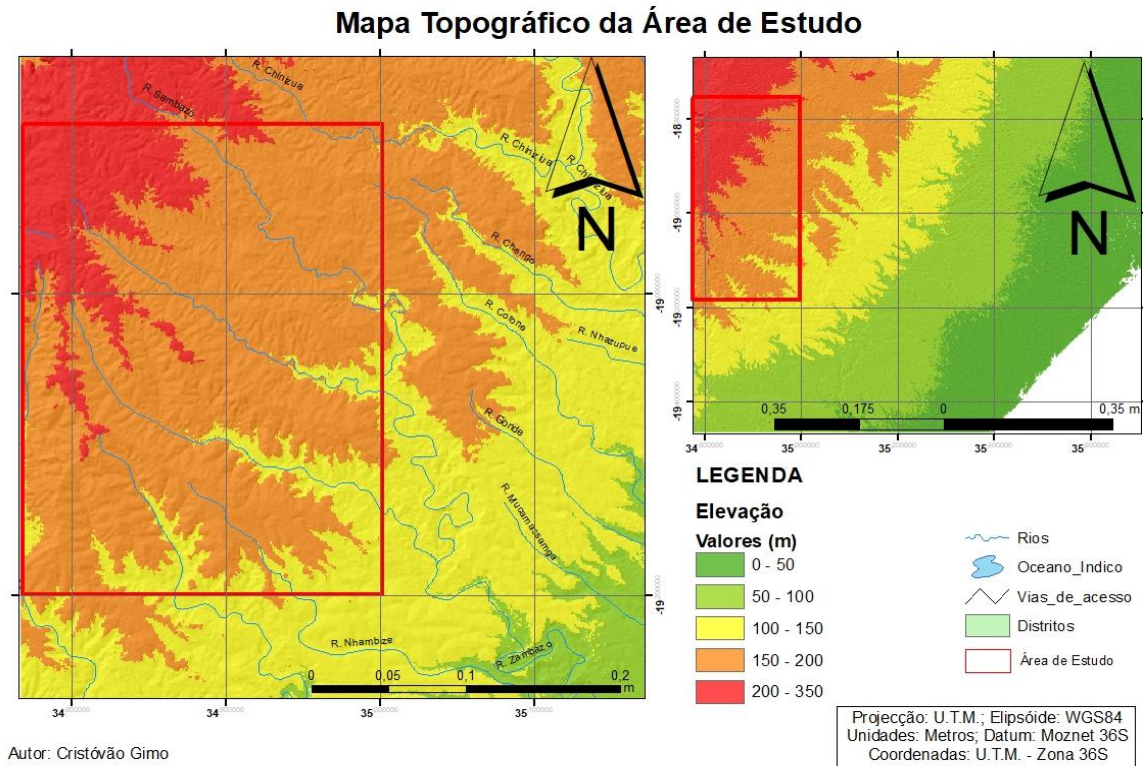


Figura 16: Mapa Topográfico da Área de Estudo (Fonte: Autor).

3.4. Enquadramento Geológico

Segundo o Mapa Geológico (fig. 17), a área de estudo está inserida no Fanerozoico, tendo sido identificadas formações pertencentes a era do Cenozoico, divida em dois períodos, Terciário e Quaternário.

- No Terciário, encontra-se unidada Tel, composta essencialmente de Grés e pertencente e Formação de Inhaminga, unidade Tez, composta de Grés arcósico parcialmente conglomerático, pertencente e Formação de Mazamba, perfazendo as áreas de topografia mais elevada;
- No Quaternário, encontram-se unidades como Qps e Qpi, compostas de Escorrência argilo arenosa fluvial e Escorrência argilo fluvial, respectivamente. Ambas as unidades perfazem as áreas de topografias mais baixas.

A geologia da vila de Muanza é dominada por formações calcárias do Cretáceo e estruturas tectónicas do Quaternário, que moldam a paisagem e sustentam actividades económicas e arqueológicas importantes. (Rosário, et al., 2015).

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

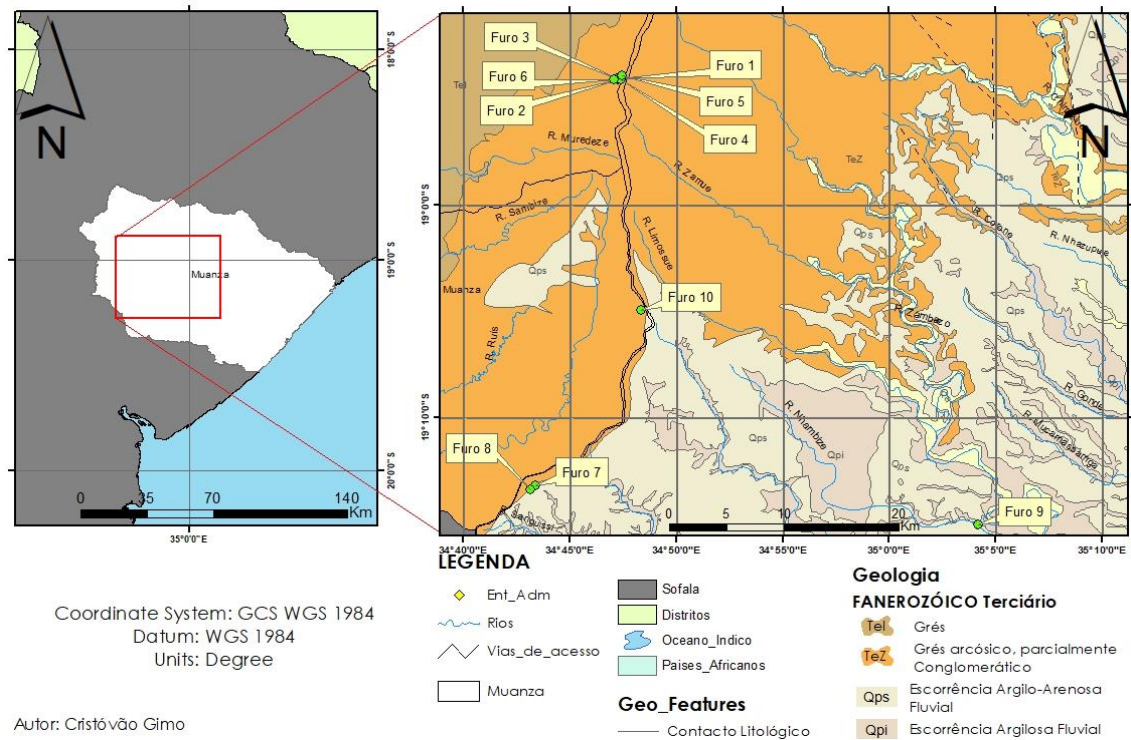


Figura 17: Mapa Geológico da Área de Estudo (Fonte: Autor).

3.5. Enquadramento Hidrogeológico

Em termos Hidrogeológicos, segundo a Carta Hidrogeológica de Moçambique, na escala de 1 : 1000000, o Distrito de Muanza assenta numa zona sedimentar constituída por Grés, Grés Calcário e Conglomerados (TTs) – Formação de Mazamba e por Argilas arenosas de origem aluvial com lentes de calcário (Qal) com aquíferos modernamente produtivos com $Q = 3 - 10 \text{ m}^3/\text{h}$ com água doce. Os sedimentos dessa zona, pertencem ao Terciário superior, provenientes de erosão de Rochas pré-existentes (ígneas, metamórficas e sedimentares presentes na região e áreas adjacentes, deposição fluvial e marinha, depositados no período em que o nível do mar era mais alto. Na zona litoral do Distrito, é constituído por formações com areias finas mais ou menos soltas argilosas, formando coberturas desenvolvidas sobre rochas sedimentares com aquíferos locais contínuos geralmente com $Q < 5 \text{ m}^3/\text{h}$ com água doce excepto em algumas manchas. Regiões com sedimentos arenosos e conglomerados, frequentemente possuem aquíferos produtivos, pois esses materiais têm alta porosidade e permeabilidade, permitindo o armazenamento e o fluxo de água, enquanto que regiões com sedimentos mais finos e/ou argilosos, são menos produtivos, devido a sua baixa porosidade e permeabilidade (fig. 18).

MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

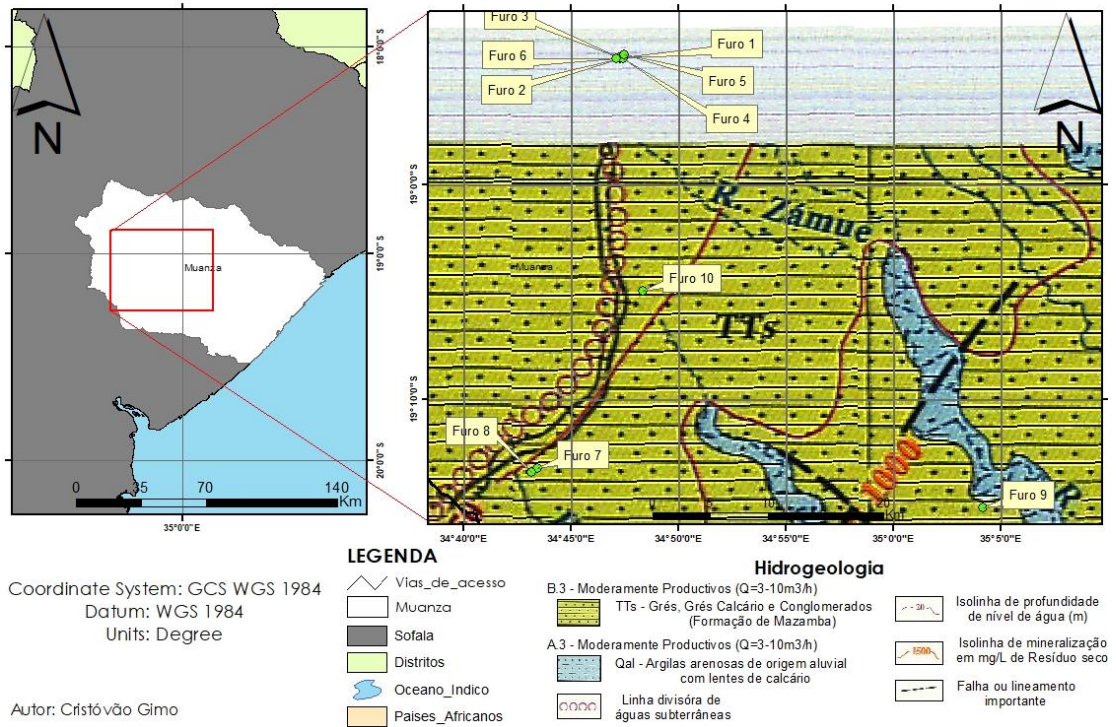


Figura 18: Mapa Hidrogeológico da Área de Estudo

CAPÍTULO III: RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO DE DADOS OBTIDOS

A Optimização de Sistema de Captação de Água através de dimensionamento correcto das bombas submersíveis, explorando apenas o caudal ideal, assegura a exploração sustentável do aquífero e manuseamento racional do recurso hídrico, evitando sobre-exploração do aquífero e falhas operacionais.

4. CONSTRUÇÃO DE FUROS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

A construção de Furo de Captação de Água, constitui um passo de elevada importância, pois, é através desta que irão se obter os dados das camadas geológicas da subsuperfície e identificar e/ou delimitar as camadas aquíferas e o tipo do aquífero.

4.1. Construção do Furo

Para o presente Projecto Científico, foi usado o método de perfuração de Circulação de Directa de Lama. Tendo sido escolhido este método devido ao tipo de solos da área de interesse, sendo composto essencialmente de Solos sedimentares com um grau de compactação não muito elevado, como, Grés, Dunas interiores e Escorrência Argilosa Fluvial, que permitiam o uso deste método.

Foram construídos no total 10 furos de positivos de captação de água, que variam de 35 a 140 metros de profundidade, dependendo da sua localização topográfica, geológica e hidrogeológica (Figura 52 em anexo).

4.2. Revestimento do furo

Para o revestimento dos furos construídos, foram usados tubos PVC (especial) de 165mm de diâmetro, classe 16, para a toda a coluna perfurada.

A definição da coluna de revestimento baseou-se na série litológica atravessada pela perfuração (análise das amostras) e no especificado pelo projecto. Sendo usada esse tipo de material de classe especial, devido a profundidade atingida na construção dos furos (maiores de 100m), para garantir a protecção e segurança na coluna de revestimento (Figura 53 em anexo).

4.3. Tubos Filtros

Os tubos filtros são os responsáveis pela entrada de água para a captação, ocorrendo essa passagem através de aberturas (“slots”), rasgos, ranhuras ou fendas existentes na parede do tubo e que correspondem à designada “área aberta”.

Os tubos filtros usados no revestimento dos furos construídos, foram os tubos filtros de fenda horizontal (Figura 54 em anexo), e seu posicionamento foi decidido em função das análises das amostras de sondagem colhidas na perfuração, de modo a se obter maior rendimento e melhor posicionamento dos tubos filtros.

Sendo o aquífero explorado classificado como aberto e compostos de Grés Calcário, os tubos filtros ocupam cerca de um terço da sua espessura.

4.4. Maciço Filtrante

O espaço entre a tubagem de revestimento e as paredes do furo deve ser preenchido por areão constituído por sedimentos uniformes com uma granulometria de seixo, devidamente lavado, calibrado e com esfericidade e arredondamento elevados.

Os 10 furos construídos foram preenchidos com seixos quartzosos, devidamente lavados, calibrados e com esfericidade e arredondamento elevados, para permitirem a entrada de água nos tubos filtros de forma mais eficiente, permitindo maior produtividade do aquífero e filtragem da água transmitida para o furo.

4.5. Limpeza e Desenvolvimento

Após a perfuração, revestimento e preenchimento do espaço anelar com maciço filtrante (areão), segue a fase de limpeza e desenvolvimento dos furos. Esta fase tem como objectivos restabelecer as características hidráulicas iniciais dos aquíferos, pois, segundo Baptista (2016), a perfuração altera as características hidráulicas das formações aquíferas, remover ou soltar das paredes do furo fragmentos não bem arredondados, remover o material fino e em suspensão trazendo para permitir a transmissão de água limpa (Figura 55 em anexo).

A Limpeza e desenvolvimento com **ar comprimido (“air-lift”)**, durou em média 4 horas por furo.

4.6. Ensaio de Caudal

Após a fase de construção do Furo para Abastecimento de Água e realização de Limpeza e Desenvolvimento, segue a fase de teste de caudal, o qual é responsável pela informação sobre a quantidade/volume de água máximo e ideal que pode ser retirada do furo construído na unidade de tempo (Caudal), a Condutividade Hidráulica, Coeficiente de Armazenamento e Transmissividade.

Para a obtenção dos resultados acima mencionados, foram feitos ensaios de caudal em todos os 10 furos construídos. Para cada Furo construído foi feito um **ensaio de caudal escalonado** com três escalões, durando duas horas por escalão, totalizando seis horas e um **ensaio contínuo** de oito horas com o caudal seleccionado durante o ensaio escalonado (apêndice 1, fichas de ensaios e resultados laboratoriais no anexo 4).

Tabela 2: Dados dos Furos Construídos

Furo	Prof do furo (m)	NHE (m)	P1 (m³/h)	P2 (m³/h)	P3 (m³/h)	NHD (m)	E. Contínuo (m³/h)
Furo 1	120	46.73	8.8	10.4	14.4	61.43	14.4
Furo 2	140	50.78	8.0	12.0	14.4	60.69	14.4
Furo 3	129	46.54	6.0	10.0	14.7	59.56	14.7
Furo 4	140	52.95	9.0	12.0	14.4	68.70	14.4
Furo 5	120	46.97	9.0	12.0	14.0	62.70	14,4
Furo 6	130	46.00	7.8	12.2	14.6	54.48	14.6
Furo 7	74	15	0.9	1.4	2.0	38.10	2
Furo 8	35	6.0	0.9	1.4	2	15.30	2
Furo 9	90.2	18.67	1.9	2.9	4	54.08	4
Furo 10	79.8	15	1.9	2.9	4	56.10	4

4.7. Interpretação de Dados de Ensaio de Caudal

4.7.1. Furo 1

4.7.1.1. CE da Água Captada no Furo 1

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **950 μ S/cm**.

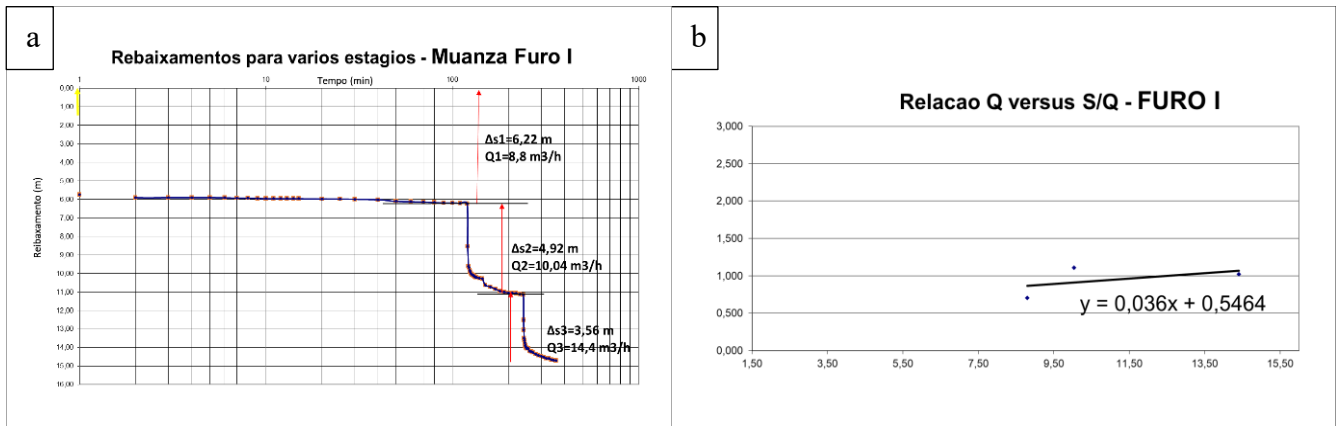


Figura 19: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 1.

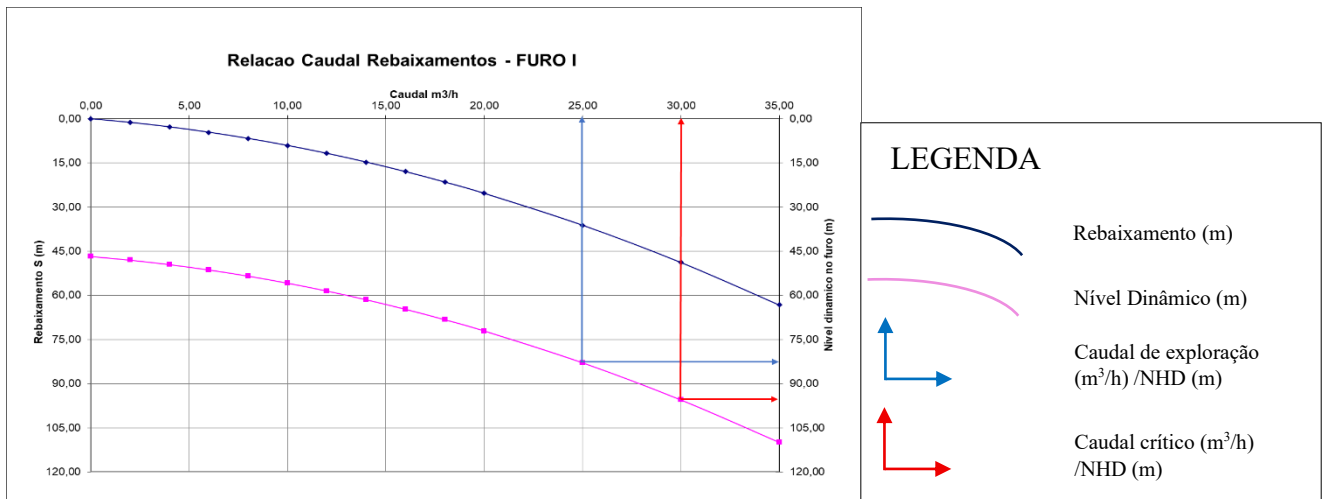


Figura 20: Curva de Caudal VS Rebaixamento/Nível Dinâmico do Furo 1.

Antes de dimensionar o caudal máximo e de exploração, deve-se calcular o Nível Dinâmico máximo que pode ser registrado no furo durante a exploração e/ou ensaio. Este requisito de segurança foi calculado com base na sequência de revestimento dos furos:

$$ND_{max} = \text{Tubo Saco} + \text{Tubos Filtros} + 2 \text{ metros (Acomodação de Bomba)} \\ + 2 \text{ metros de segurança para quedas de nível em tempo seco}$$

Furo 1: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre perdas significativas (Figura 15b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 16). Com base na curva representada na Figura 16 é possível determinar para um dado caudal o nível dinâmico no furo o que permite a determinação de caudal máximo de exploração e o de exploração sustentável, respeitando os limites de segurança para um Sistema de Captação de Água. Com isso, verifica-se que (Figura 16), com a bomba instalada a profundidade de **101,5 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 25 m³/h** com um nível dinâmico de **82 m** (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 30 m³/h** registrando um nível dinâmico de **95 m** (seta vermelha).

4.7.2. Furo 2

4.7.2.1. CE da Água Captada Furo 2

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **1040µS/cm**.

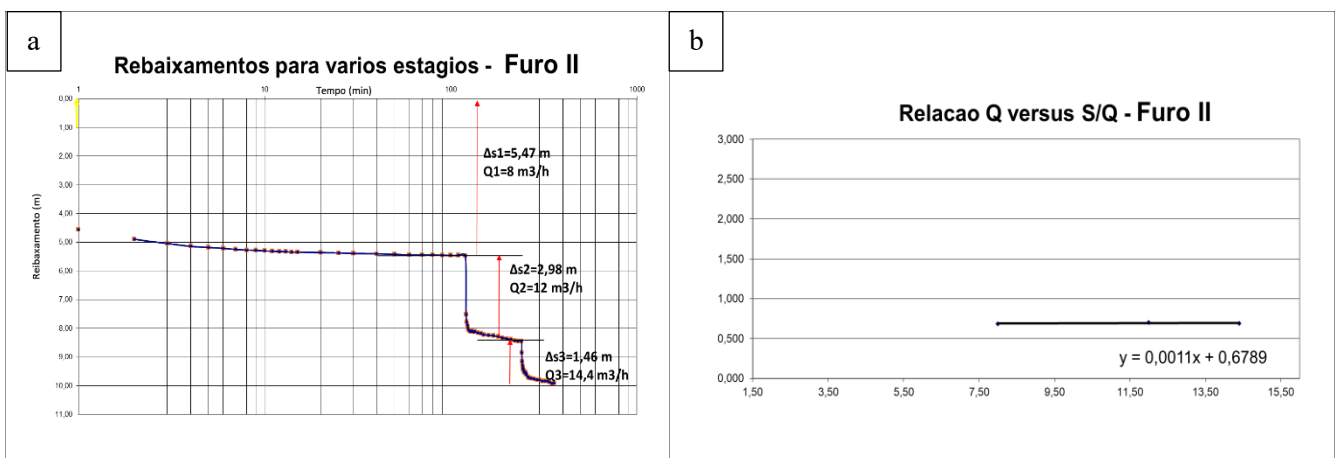


Figura 21: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 2.

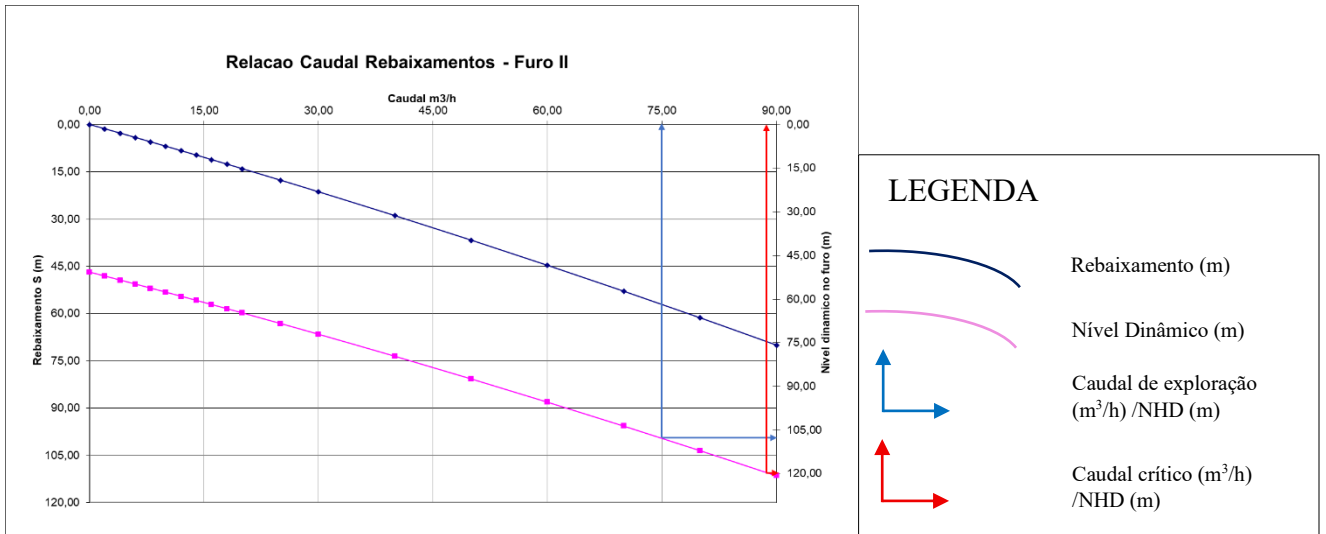


Figura 22: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamentos do Furo 2

A bomba deve ser instalada 18,5 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 20,5 m acima da base do furo.

Furo 2: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre perdas significativas (Figura 17b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 18). Com isso, verifica-se que (Figura 18), com a bomba instalada a profundidade de **121,5 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 75 m³/h** com um nível dinâmico de **107 m** (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 85 m³/h** registrando um nível dinâmico de **116 m** (seta vermelha).

4.7.3. Furo 3

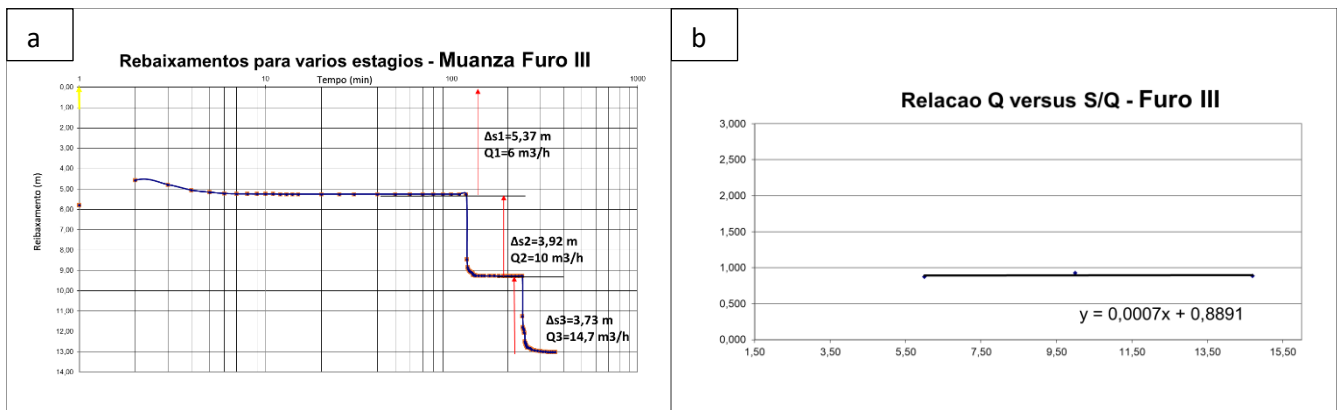


Figura 23: Curvas de Tempo VS Rebaixamentos (a) e Curva de Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 3.

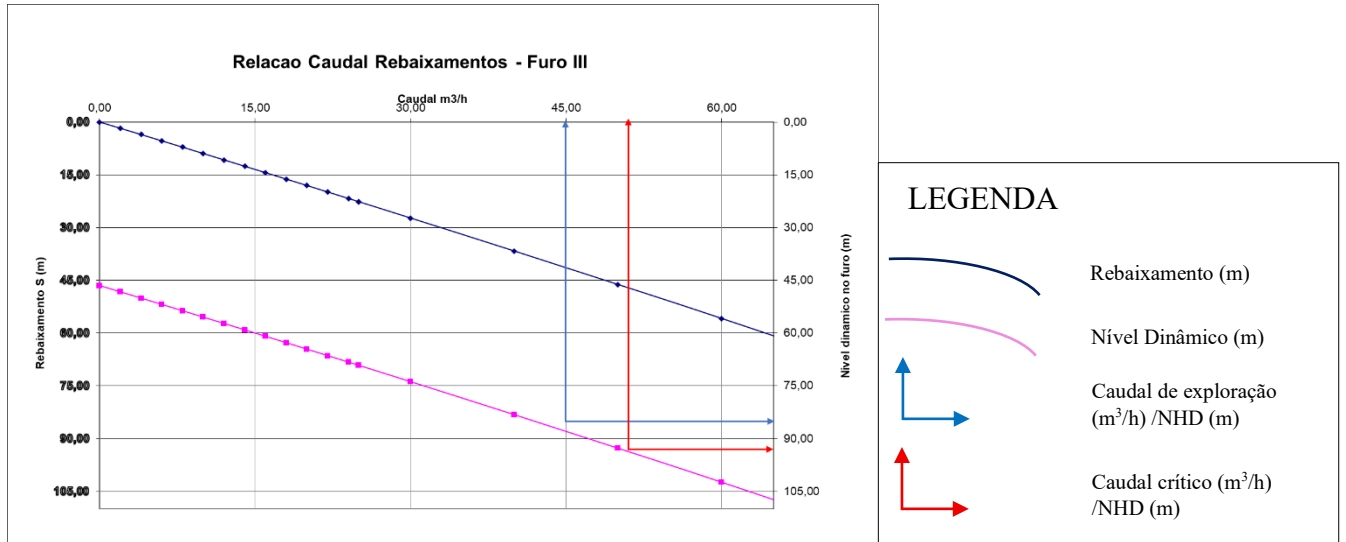


Figura 24: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento de Furo 3.

A bomba deve ser instalada 27,2 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 29,2 m acima da base do furo.

Furo 3: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre perdas significativas (Figura 19b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 20). Com isso, verifica-se que (Figura 20), com a bomba instalada a profundidade de **101,8 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 45 m³/h** com um nível dinâmico de **88 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 50 m³/h** registrando um nível dinâmico de **93 m** (seta vermelha).

4.7.3.1. CE da Água Captada Furo 3

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **1090µS/cm**.

4.7.4. Furo 4

4.7.4.1. CE da Água Captada no Furo 4

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **1040µS/cm**.

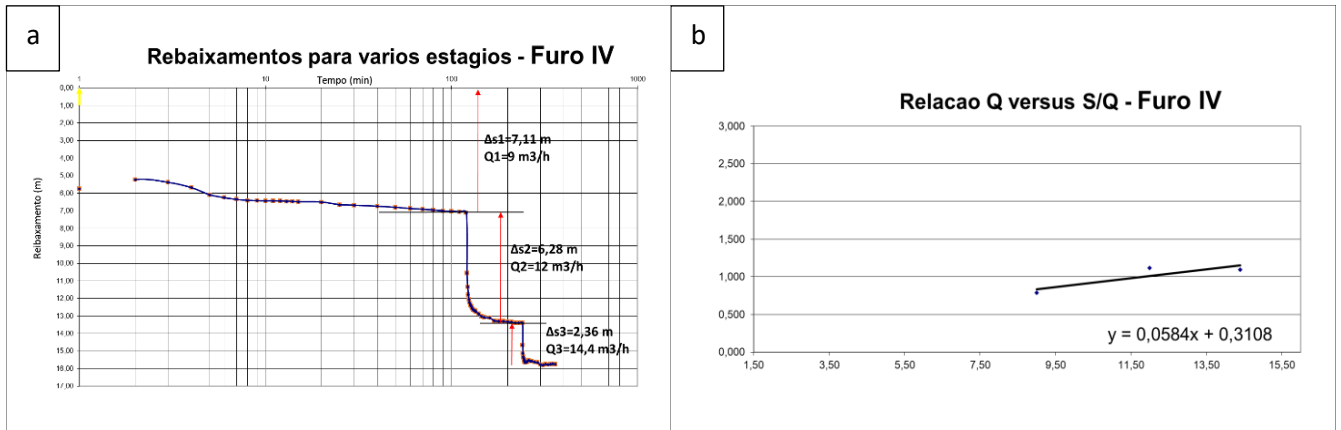


Figura 25: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 4.

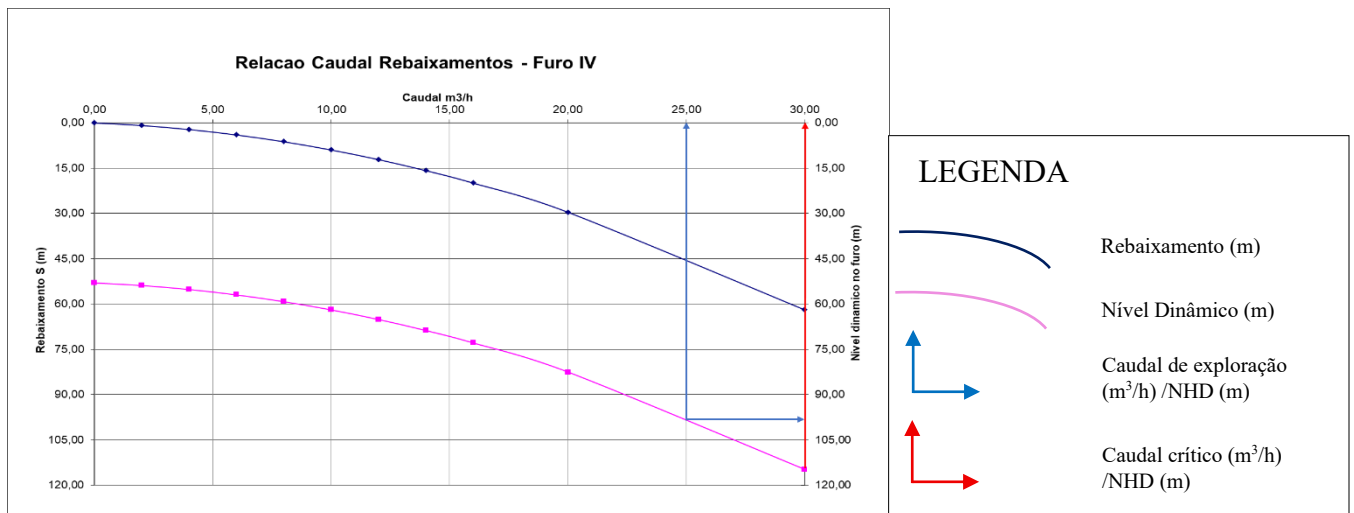


Figura 26: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 4.

A bomba deve ser instalada 24,3 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 26,3 m acima da base do furo.

Furo 4: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre muitas perdas (Figura 21b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 22). Com isso, verifica-se que (Figura 22), com a bomba instalada a profundidade de **115,7 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 25 m³/h** com um nível dinâmico de **97 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 30 m³/h** registrando um nível dinâmico de **114 m** (seta vermelha).

4.7.5. Furo 5

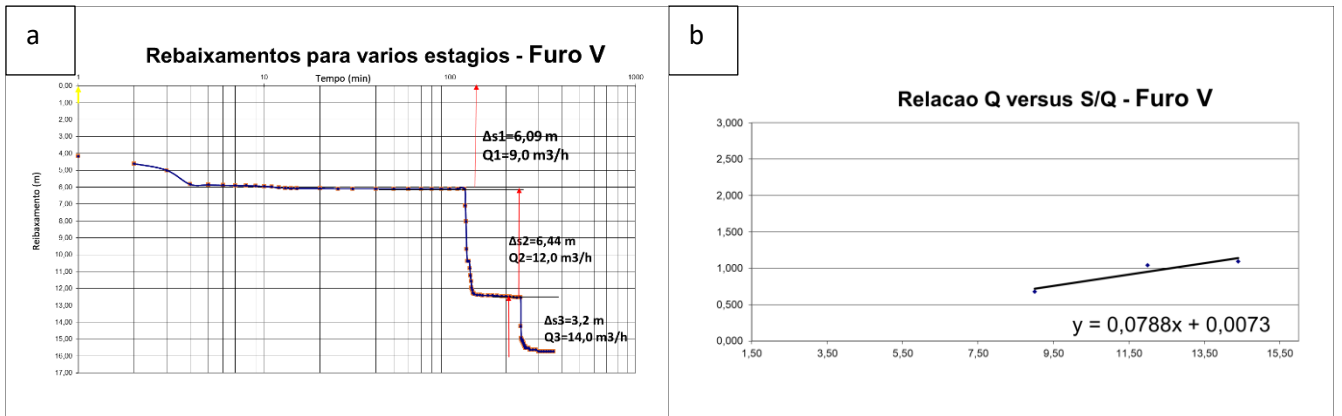


Figura 27: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 5.

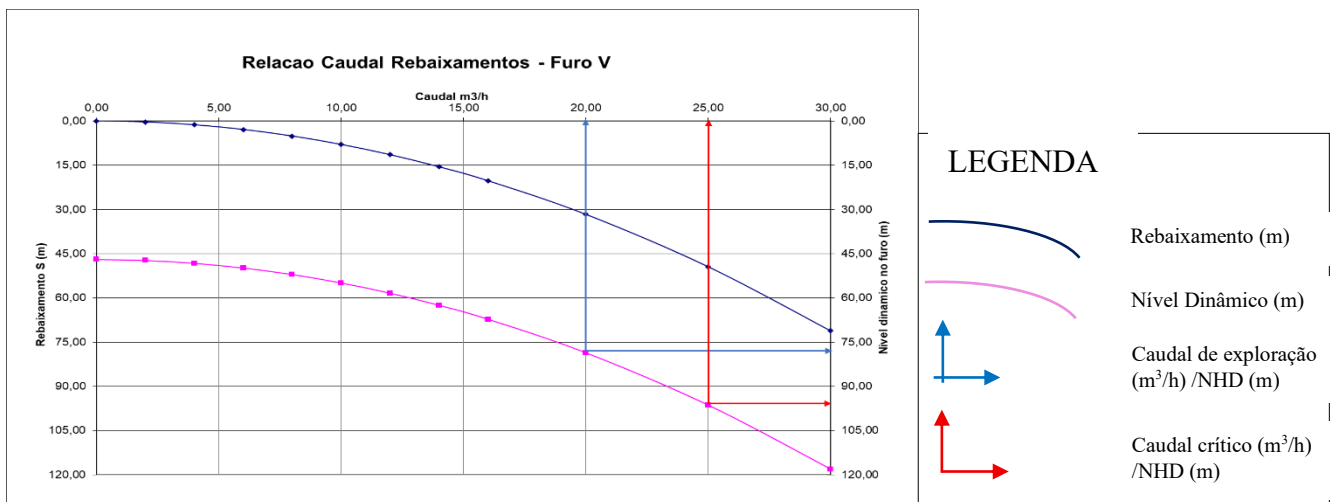


Figura 28: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 5.

A bomba deve ser instalada 18,5 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 20,5 m acima da base do furo.

Furo 5: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre muitas perdas, porém sofre mais em relação aos 4 furos anteriores (Figura 23b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 24). Com isso, verifica-se que (Figura 24), com a bomba instalada a profundidade de **101,5 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 20 m³/h** com um nível dinâmico de **79 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 25 m³/h** registrando um nível dinâmico de **97 m** (seta vermelha).

4.7.5.1. CE da Água Captada no Furo 5

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **1010 μ S/cm**.

4.7.6. Furo 6

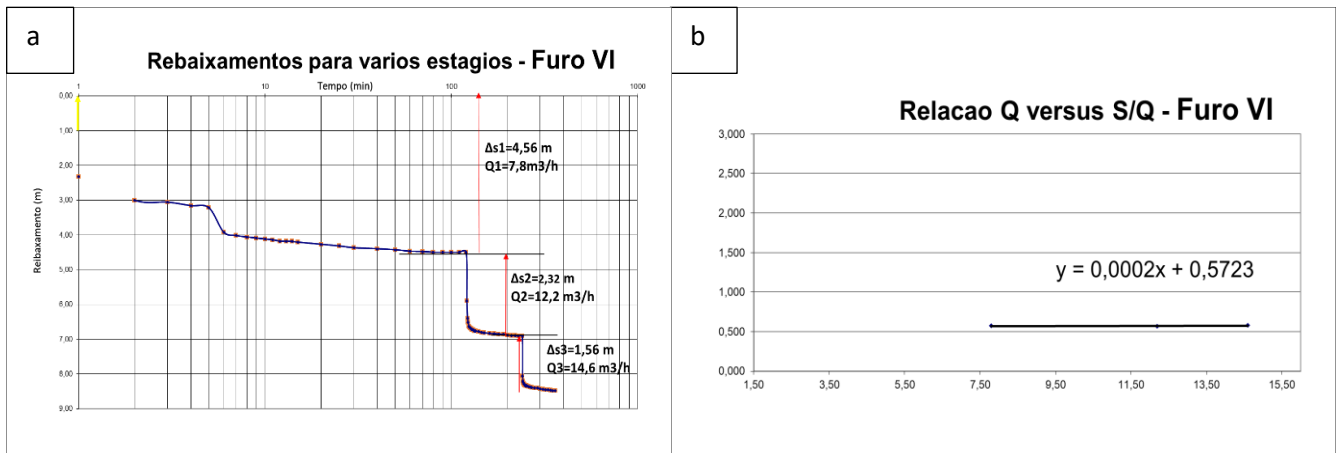


Figura 29: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Especifico (b) do Furo 6.

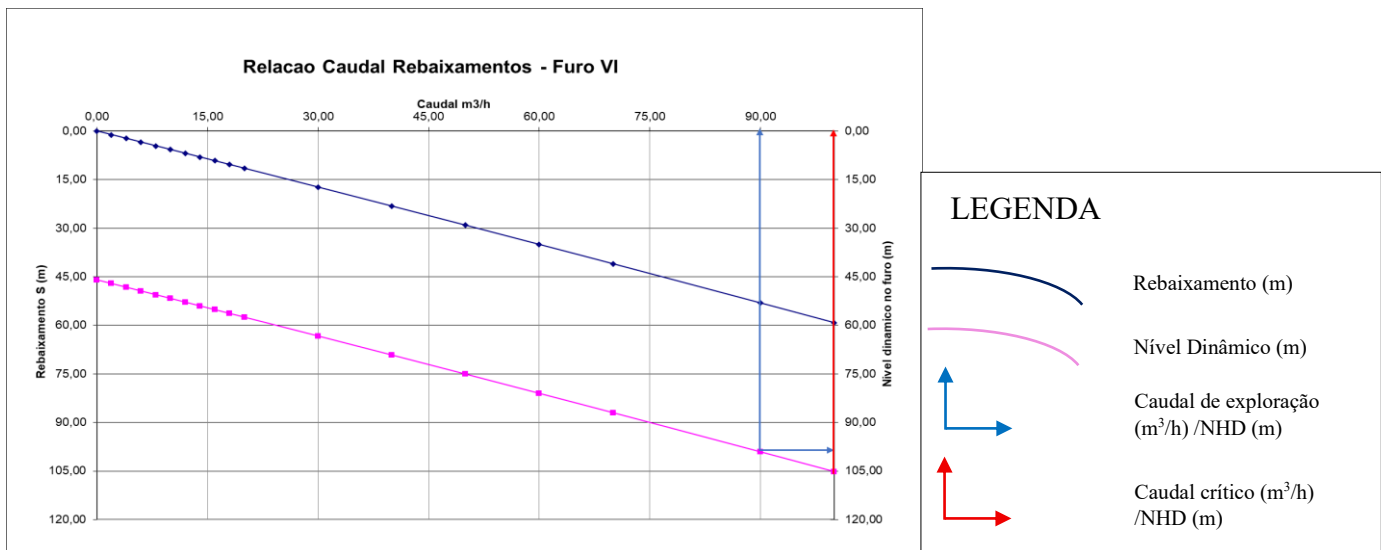


Figura 30: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 6.

A bomba deve ser instalada 18,5 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 20,5 m acima da base do furo.

Furo 6: Os resultados do ensaio mostram que o furo não sofre perdas significativas (Figura 25b) e pode produzir caudal igual ou acima do caudal do ensaio (Figura 26). Com isso, verifica-se que (Figura 26), com a bomba instalada a profundidade de **111,5 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 90 m³/h** com um nível dinâmico de **99 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 100 m³/h** registrando um nível dinâmico de **106 m** (seta vermelha).

4.7.6.1. CE da Água Captada no Furo 6

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **990µS/cm**.

4.7.7. Furo 7

4.7.7.1. CE da Água Captada no Furo 7

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **750µS/cm**.

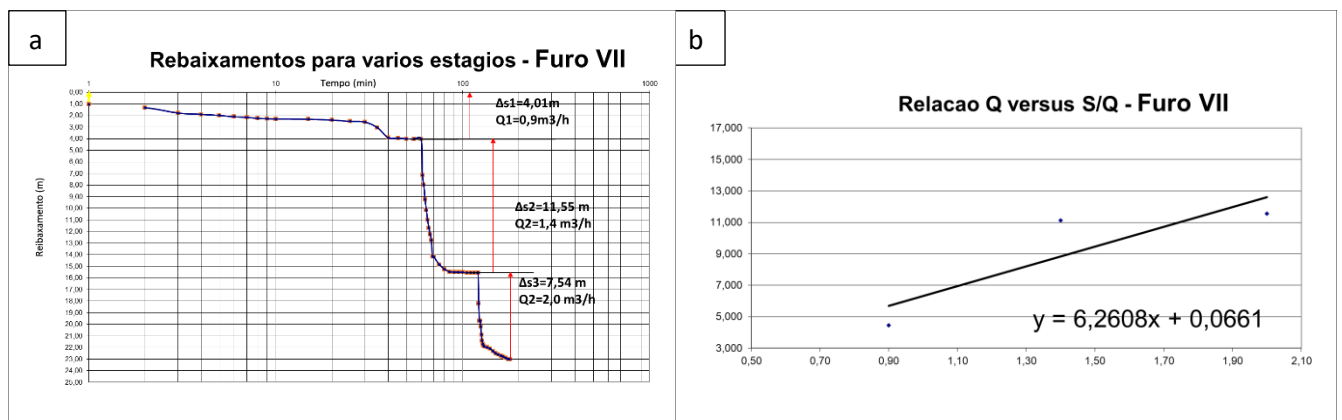


Figura 31: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 7.

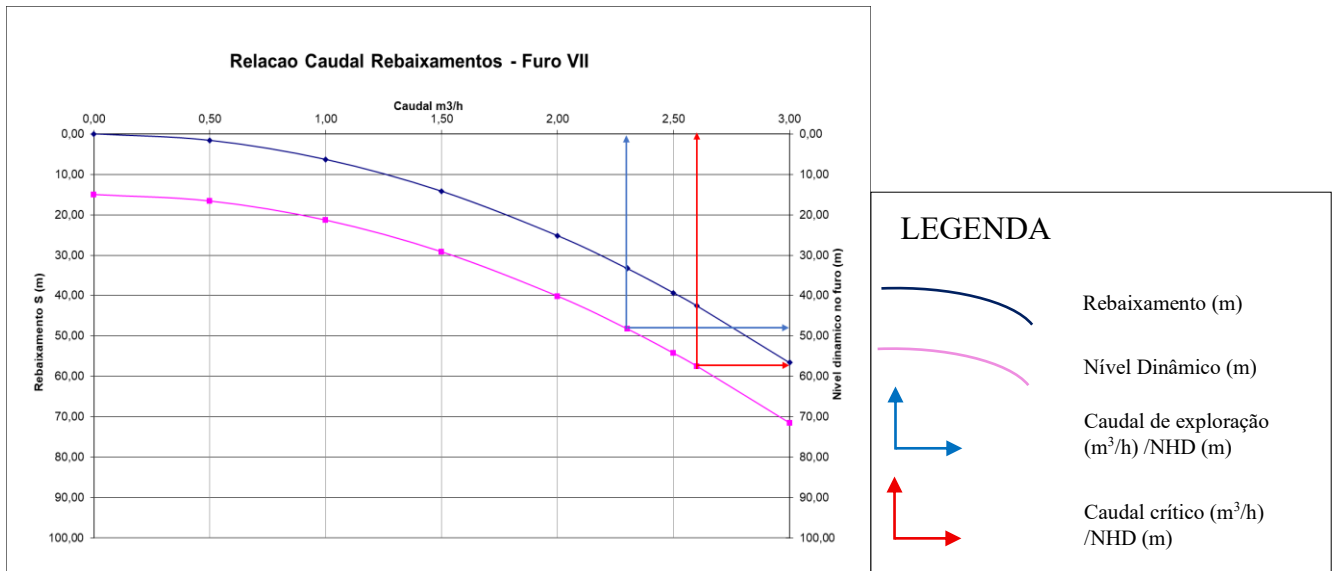


Figura 32: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico VS Rebaixamento do Furo 7.

A bomba deve ser instalada 14,4 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 16,4 m acima da base do furo.

Furo 7: Os resultados do ensaio mostram que o furo sofre perdas significativas (Figura 27b), podendo produzir caudal igual e/ou pouco acima do caudal do ensaio (Figura 28). Com isso, verifica-se que (Figura 28), com a bomba instalada a profundidade de **59,6 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 2,3 m³/h** com um nível dinâmico de **49 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 2,6 m³/h** registrando um nível dinâmico de **57 m** (seta vermelha).

4.7.8. Furo 8

4.7.8.1. CE da Água Captada no Furo 8

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **750µS/cm**.

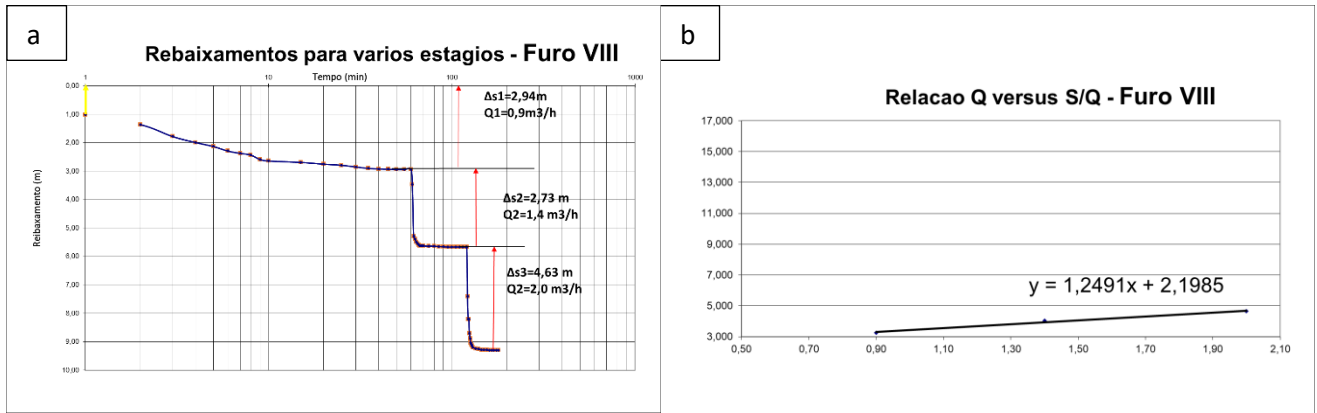


Figura 33: Curvas de Tempo VS Rebaixamento (a) e Caudal VS Rebaixamento Específico (b) do Furo 8.

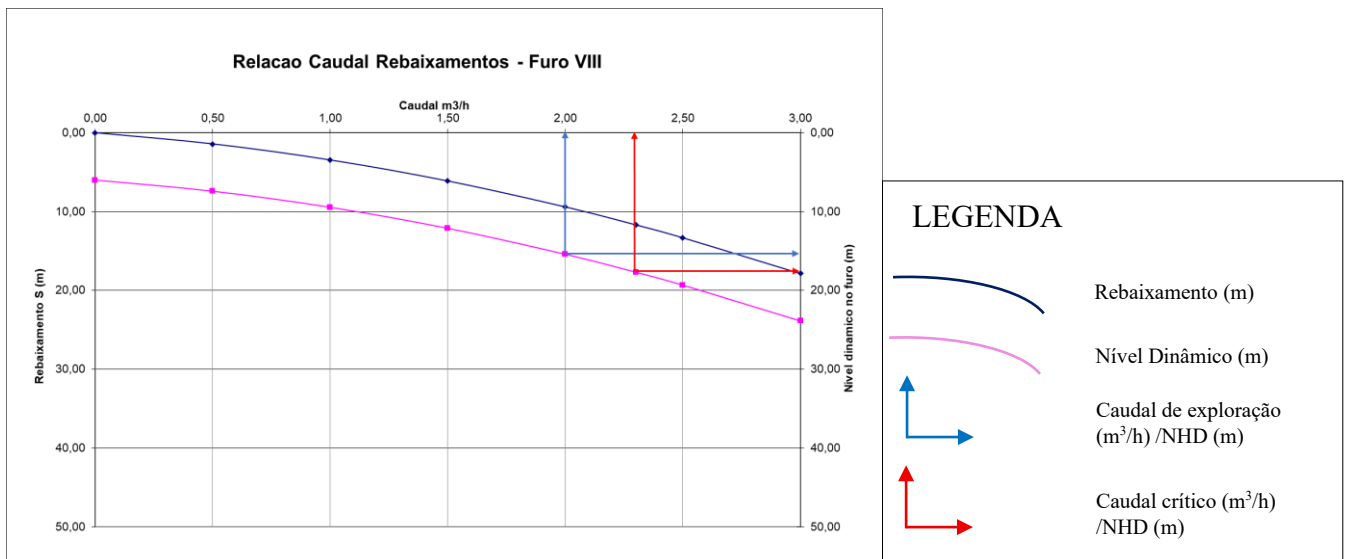


Figura 34: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamentos do Furo 8.

A bomba deve ser instalada 15,4 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 17,4 m acima da base do furo.

Furo 8: Os resultados do ensaio mostram que o furo sofre perdas significativas (Figura 29b), podendo produzir caudal igual e/ou pouco acima do caudal do ensaio (Figura 30). Com isso, verifica-se que (Figura 30), com a bomba instalada a profundidade de **19,6 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 2,0 m^3/h** com um nível dinâmico de **15,4 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 2,3 m^3/h** registrando um nível dinâmico de **17,6 m** (seta vermelha).

4.7.9. Furo 9

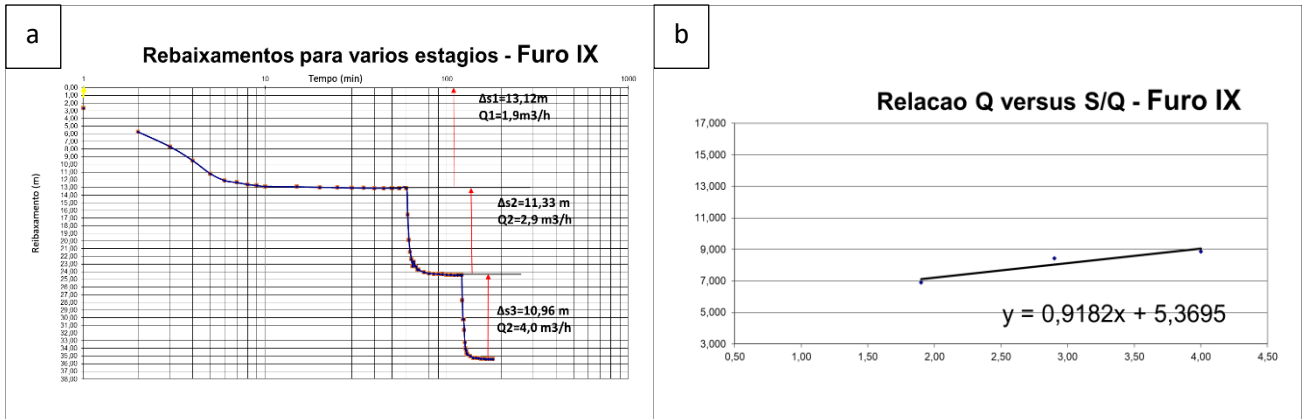


Figura 35: Curvas de Temp Vs Rebaixamento (a) e Caudal Vs Rebaixamento Específico (b) do Furo 9 .

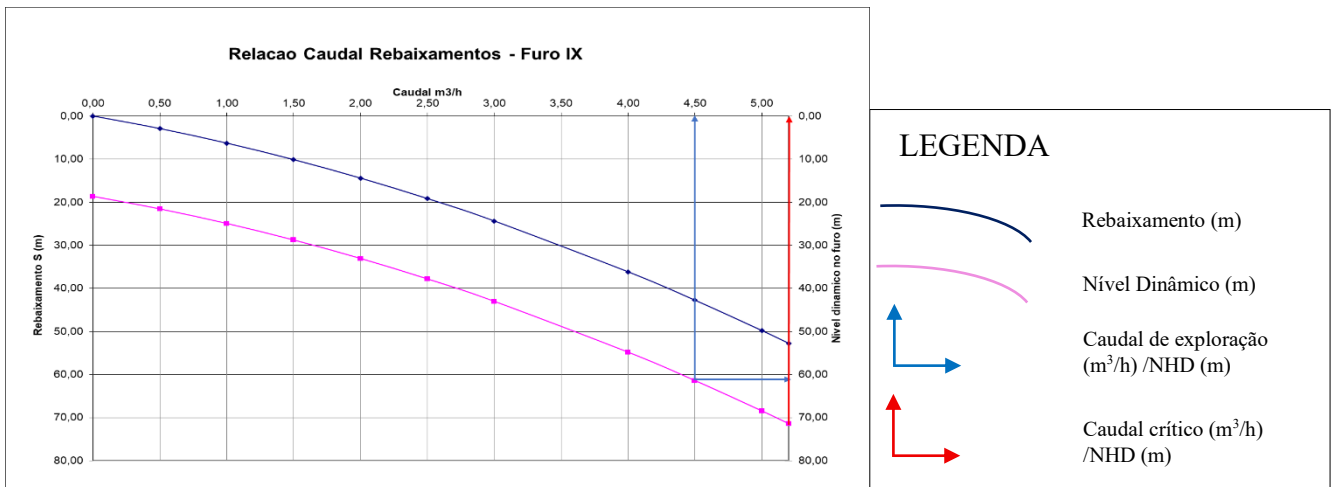


Figura 36: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 9.

A bomba deve ser instalada 15,4 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 17,4 m acima da base do furo.

Furo 9: Os resultados do ensaio mostram que o furo sofre perdas (Figura 31b), podendo produzir caudal igual e/ou pouco acima do caudal do ensaio (Figura 32). Com isso, verifica-se que (Figura 32), com a bomba instalada a profundidade de **74,8 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 4,5 m³/h** com um nível dinâmico de **62 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 5,2 m³/h** registrando um nível dinâmico de **72 m** (seta vermelha).

4.7.9.1. CE da Água Captada no Furo 9

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **380 μ S/cm**.

4.7.10. Furo 10

4.7.10.1. CE da Água Captada no Furo 10

Verifica-se que a água captada neste furo, em termos do parâmetro CE, encontra-se dentro dos limites admissíveis pelo MISAU, com o valor de **470 μ S/cm**.

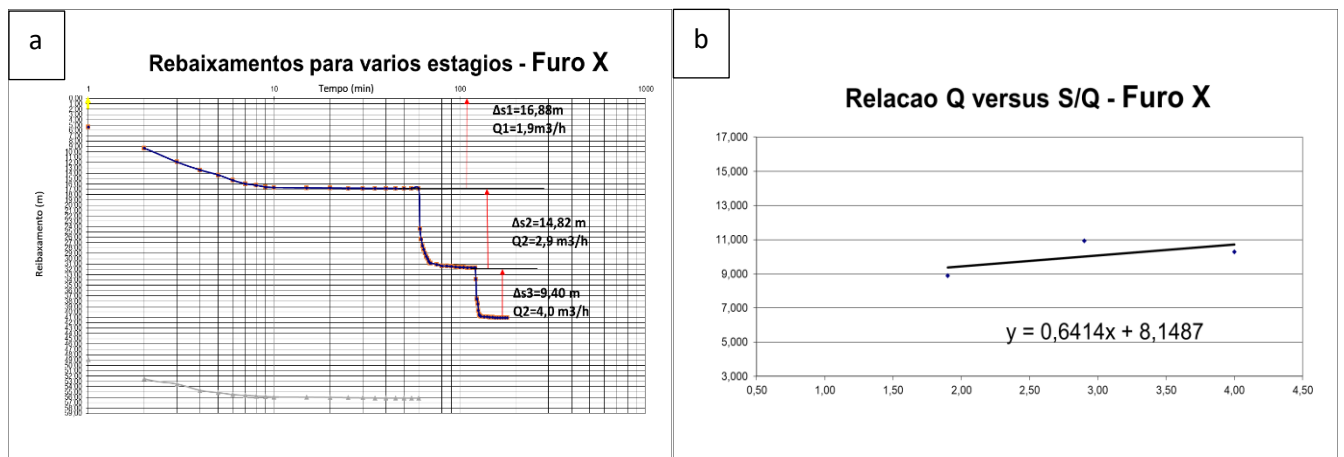


Figura 37: Curvas de Tempo Vs Rebaixamentos (a) e Caudal Vs Rebaixamento Específico (b) do Furo 10.

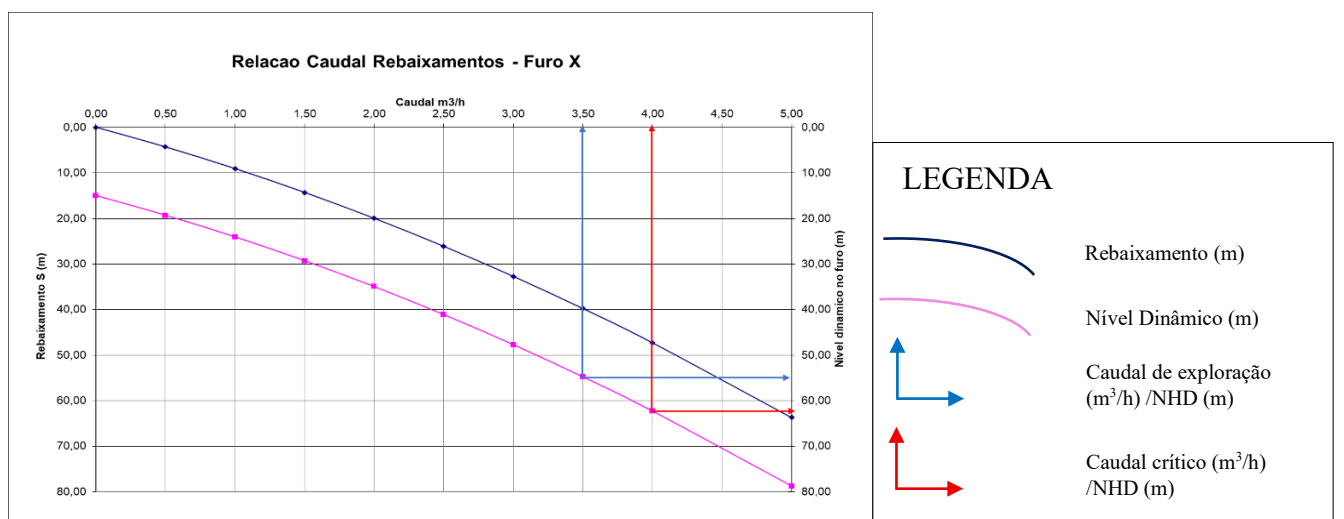


Figura 38: Curva de Caudal VS Nível Dinâmico/Rebaixamento do Furo 10.

A bomba deve ser instalada 13,4 m acima da base do furo e que o nível dinâmico deve estar 2,0 m acima da profundidade da bomba, por razões de segurança, o mínimo aceitável o nível hidrodinâmico desses furos deve ser estabelecido a 15,4 m acima da base do furo.

Furo 10: Os resultados do ensaio mostram que o furo sofre perdas (Figura 33b), podendo produzir caudal igual, mas não superior ao caudal do ensaio (Figura 34). Com isso, verifica-se que (Figura 34), com a bomba instalada a profundidade de **66,4 m**, obtém-se um caudal de **exploração de 3,5 m³/h** com um nível dinâmico de **55 m**. (seta azul) e um caudal **crítico/máximo de 4,0 m³/h** registrando um nível dinâmico de **63 m** (seta vermelha).

4.7.11. Resumo dos caudais e níveis dinâmicos calculados

Tabela 3: Resumo dos Caudais e Níveis Dinâmicos Calculados

Nº Furo	Q expl (m ³ /h)	ND expl (m)	Q prod (m ³ /h)	ND prod (m)	Imersão max (m)	ND max (m)
1	25	82	30	95	101,5	99,5
2	75	107	85	116	121,5	119,5
3	45	85	50	93	101,8	99,8
4	25	97	30	114	115,7	113,7
5	20	79	25	97	101,5	99,5
6	90	99	100	106	111,5	109,5
7	2,3	49	2,6	57	59,6	57,6
8	2,0	15,4	2,3	17,6	19,6	17,6
9	4,5	62	5,2	72	74,8	72,8
10	3,5	55	4,0	63	66,4	66,4

Na tabela, são representados os valores de caudal de exploração e seus respectivos níveis dinâmicos, que garantem uma distância de segurança entre os filtros instalados, o nível dinâmico e a imersão da bomba submersível do sistema de abastecimento de água.

4.8. Determinação de Parâmetros Hidrodinâmicos

Usando dados de Ensaio Contínuo de cada furo realizado, foi possível determinar a Transmissividade (T), Condutividade Hidráulica (K) e Coeficiente de armazenamento (S). Para a determinação destes dados, foi usada equação de Theis simplificada por Cooper-Jacob (1946).

4.8.1. Furo 1

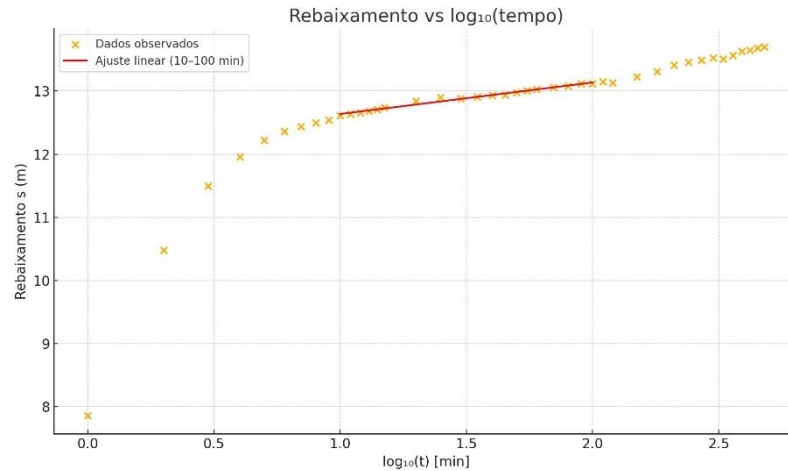


Figura 39: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F1.

➤ Transmissividade (T):

$$T = 5,292 \text{ m}^2/h \text{ ou } T = 1,47 * 10^{-3} \text{ m}^2/s$$

➤ Coeficiente de Armazenamento (S):

Com a intersecção entre a recta e o s, encontra-se fora da faixa útil, assume-se o valor de S, onde:

- Areia fina a média: $S \approx 0,15$;
- Solo Argiloso: $S \approx 0,05$;
- Cascalho ou Areia grossa: $S \approx 0,2 \text{ a } 0,3$.

Para o furo, a zona aquífera é composta por Grés calcário, caindo no campo de Areias médias, portanto o $S \approx 0,15$.

➤ Condutividade Hidráulica (K):

$$K = 0,0723 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 2 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

4.8.2. Furo 2

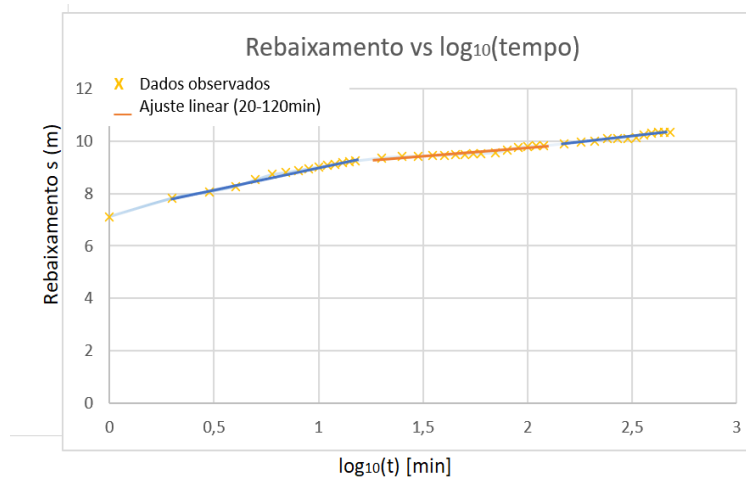


Figura 40: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F2.

➤ Transmissividade (**T**):

$$T = 5,607 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 1,56 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

➤ Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,15$$

➤ Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0628 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 1,748 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

4.8.3. Furo 3

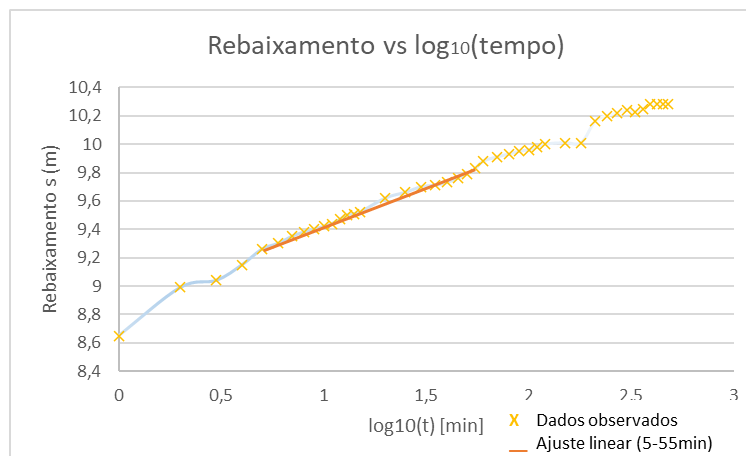


Figura 41: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F3.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 4,720 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 71,311 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,15$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0572 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 1,59 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

4.8.4. Furo 4

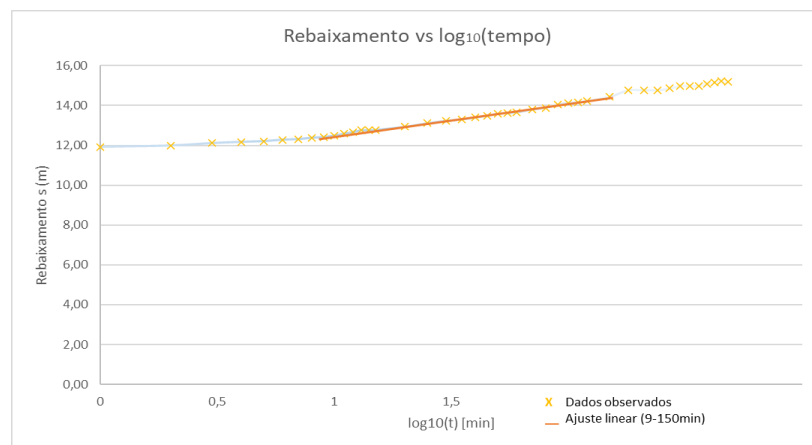


Figura 42: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F4.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 1,298 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 3,60 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,15$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0149 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 4,145 * 10^{-6} \text{ m/s}$$

4.8.5. Furo 5

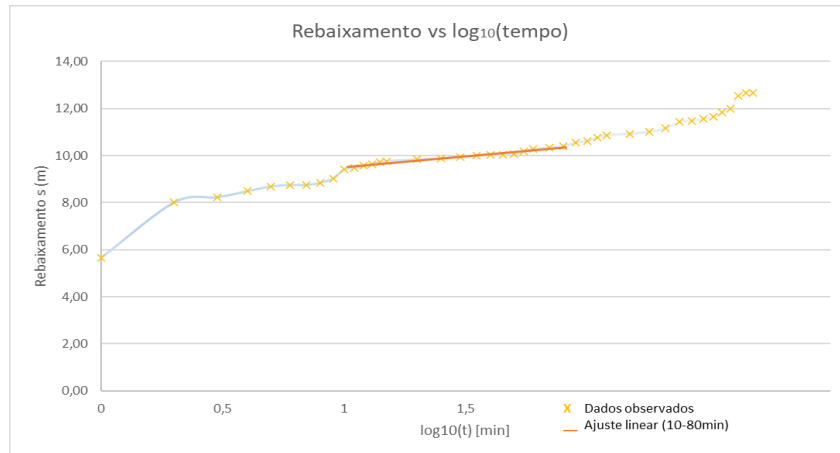


Figura 43: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F5.

➤ Transmissividade (**T**):

$$T = 1,55 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 4,3 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

➤ Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,15$$

➤ Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,02189 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 6,08 * 10^{-6} \text{ m/s}$$

4.8.6. Furo 6

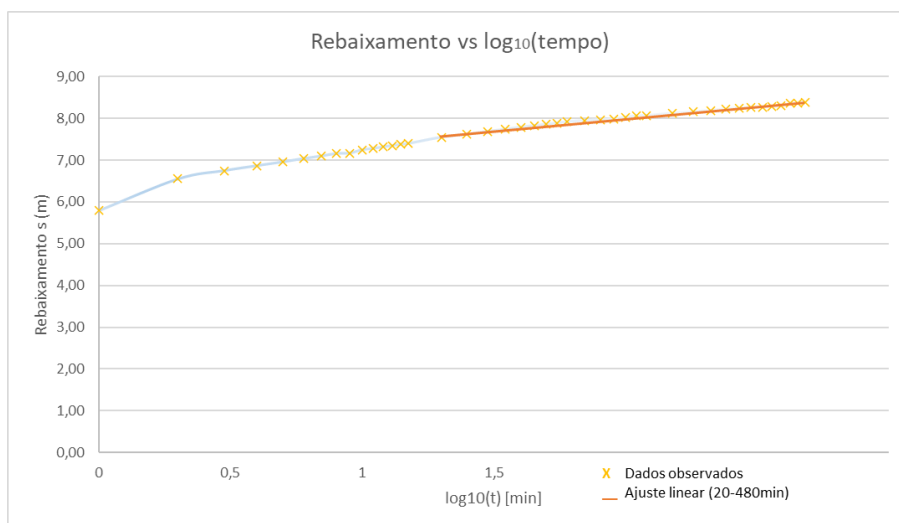


Figura 44: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F6.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 7,0321 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 1,953 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,15$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0837 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 2,325 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

4.8.7. Furo 7

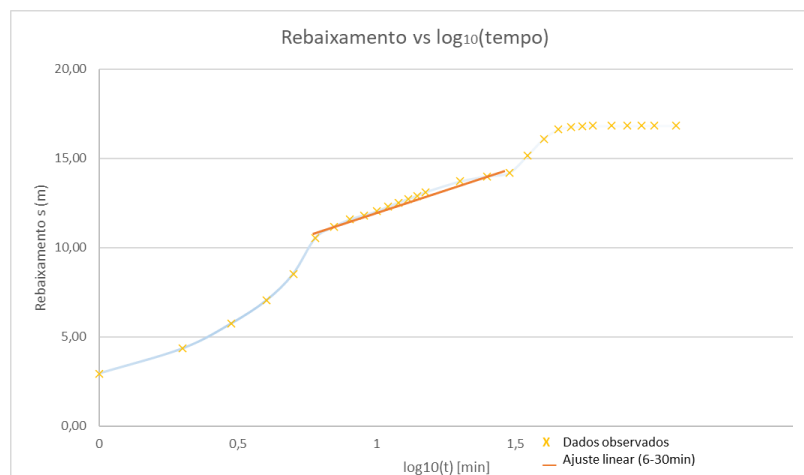


Figura 45: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F7.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 0,1 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 2,77 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,05$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0017 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 4,70 * 10^{-7} \text{ m/s}$$

4.8.8. Furo 8

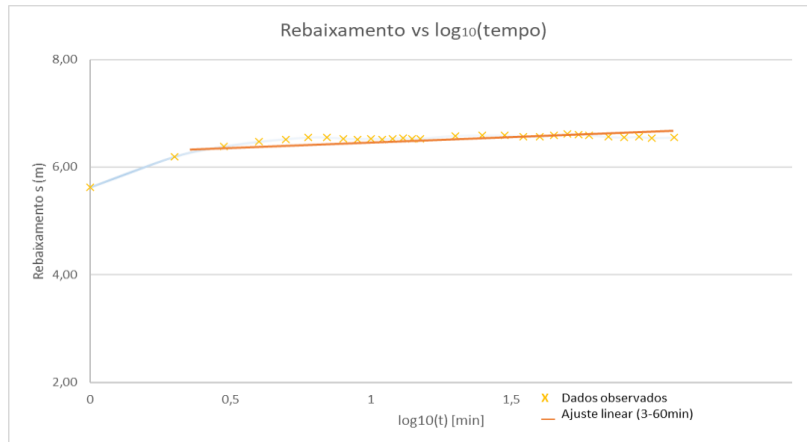


Figura 46: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F8.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 1,743 \text{ m}^2/\text{h} \text{ ou } T = 4,84 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,05$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,06 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 1,669 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

4.8.9. Furo 9

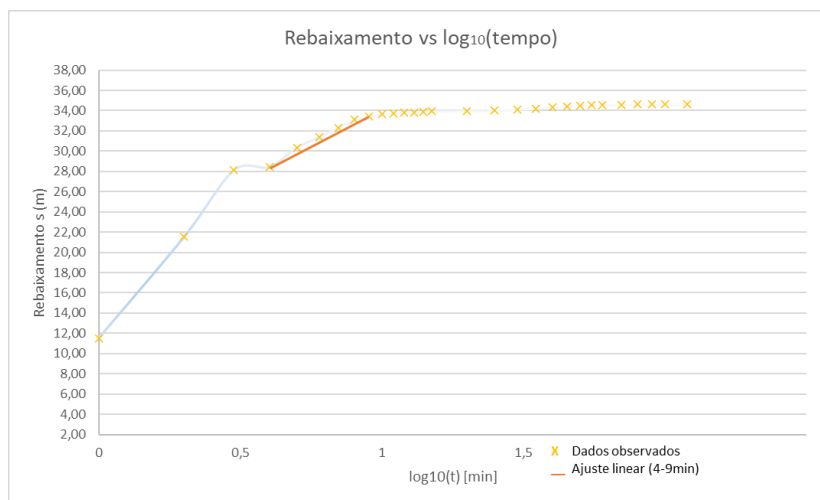


Figura 47: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F9.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 0,147 \text{ m}^2/h \text{ ou } T = 4,1 * 10^{-5} \text{ m}^2/s$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,05$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,002 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 5,73 * 10^{-7} \text{ m/s}$$

4.8.10. Furo 10

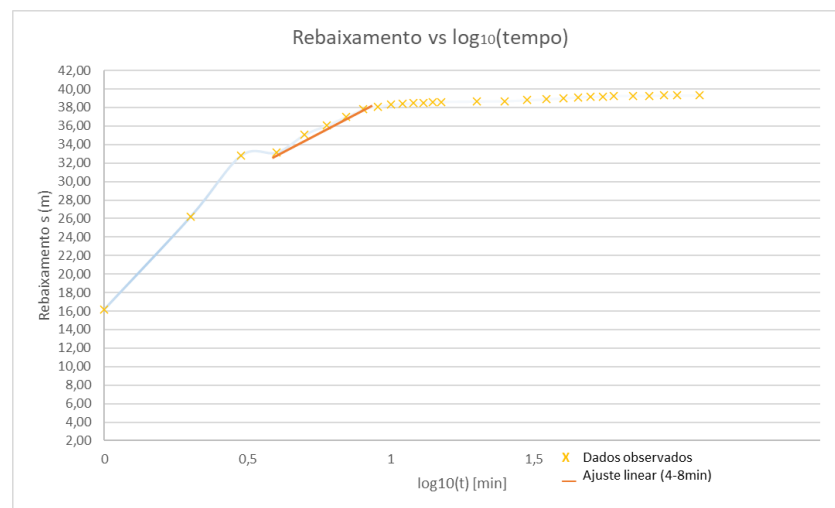


Figura 48: Log₁₀(tempo) VS Rebaixamento, F10.

- Transmissividade (**T**):

$$T = 0,157 \text{ m}^2/h \text{ ou } T = 4,36 * 10^{-5} \text{ m}^2/s$$

- Coeficiente de armazenamento (**S**):

$$S \approx 0,05$$

- Condutividade Hidráulica (**K**):

$$K = 0,0066 \text{ m/h} \quad \text{ou} \quad K = 1,83 * 10^{-6} \text{ m/s}$$

4.9. Determinação índice de estresse (SI)

O consumo de água por pessoa, é estimado no mínimo de 20 a 30L/dia (The World Bank, 2018). A densidade populacional do distrito de Muanza, é estimada em cerca de 5,6 hab/Km² (Instituto Nacional

de Estatística, 2023) e área de estudo é de 2 398 Km². Com isso, determina-se que a população habitante na área de estudo, é de aproximadamente 13 471 habitantes. Assumindo o consumo por pessoa de 30L/dia, determina-se que são necessários 404 130L/dia para sustentar a população de reside na área de estudo.

O valor da soma de todos os caudais de exploração calculados, é de 7 015 200L/dia, com isso, determina-se que o estresse hídrico é de:

$$SI = 5,8\%$$

Ou seja, a área de estudo é considerada sem estresse hídrico.

CAPÍTULO IV: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Em função dos resultados obtidos na construção de furos e ensaio de caudal escalonado, pretende-se otimizar a exploração dos furos da área de estudo. Com base

A área de estudo, em Muanza, é composta Geologicamente de Rochas de idade Fanerozoica, composta essencialmente de Grés, Grés arcósico parcialmente conglomerático (formação de Mazamba), Escorrência Argilosa e Argilo-arenosa de origem fluvial, sendo estas as principais unidades geológicas que compõem o sistema aquífero da área de estudo. Sob ponto de vista hidrogeológica, o Grés apresenta condições aquíferas mais favoráveis em comparação com as outras rochas e as escorrências argilosa apresenta condições de aquitarde. Os caudais esperados nestes aquíferos variam de 3 – 10 m³/h. A profundidade de perfurações realizadas na área de estudo varia de 30 a 140 metros. A variação da profundidade é influenciada pela topografia da área de estudo. A profundidade de perfuração foi com base na informação da pesquisa geofísica realizada e não em função das condições hidrogeológicas observadas na fase da perfuração. Acredita-se que podia se obter mais água se a perfuração fosse em função das condições hidrogeológicas.

Após a interpretação de dados de ensaio de caudal, e análise estratigráfica dos furos construídos, foi gerada uma unidade geológica onde situam os furos 1, 2, 3, 4, 5, e 6. A produtividade encontrada nesta área foi sempre superior a 10 m³/h em contraste com os furos de 7 a 10 que apresentam produtividade inferior a 10 m³/h em conformidade com a informação da carta hidrogeológica. Com base no caudal encontrado nesta unidade geológica, inferiu-se que se trata da formação de Jofane (Figura 66 em anexo). Não sendo parte deste estudo, importa referir que não se identificou a relação geológica das duas formações (Jofane e Mazamba), mas a variação da qualidade da água (condutividade eléctrica) que varia de 950 a 1090µS/cm nos furos 1 a 6 e 380 a 750µS/cm nos furos 7 a 10, dão indicação dessa diferença de litologias.

Dos gráficos logarítmicos determinou-se curvas de rebaixamento máximo e deste, o caudal de exploração e produção da área de estudo. Os caudais de exploração determinados variam de 2 a 90 m³/h e a produção de 2,3 a 100 m³/h. A variação abrupta verificada deve-se possivelmente à ocorrência da formação de Jofane que o mapa hidrogeológico não apresenta como aflorante na área de estudo.

Para cada furo foram definidos o ND máximo e a profundidade máxima de imersão tendo em conta a coluna de revestimento de cada furo, para garantir uma exploração sustentável, sem comprometer a bomba devido a sucção de partículas finas introduzidas no furo pela perturbação de aquífero (Bomba

submersível instalada nos filtros) ou queima da bomba devido ao rebaixamento excessivo do ND (sobreexploração). Os níveis dinâmicos definidos, variam de 15,3 a 69,7 m, sendo o nível mais baixo no furo 8, onde a água subterrânea encontra-se mais próxima a superfície.

Todos os furos construídos exploram o aquífero não confinado, com produtividade muito elevada (furo 1 a 6) que chegam a atingir 100 m³/h e furos com produtividade moderada a baixa (7 a 10), com caudais menores que 10 m³/h. A variação de caudal, deve-se a diferença de unidades geológicas da área de estudo.

Os parâmetros hidrodinâmicos (K, T e S), foram determinados e serviram de confirmação aos caudais antes previstos. Por exemplo, valores elevados de K e T indicam condições favoráveis para obtenção de caudais também elevados. No furo 6, onde o caudal esperado é elevado, os valores de K e T são de 0,0837 m/h e 7,032 m²/h respectivamente. Em comparação com os outros furos, pode-se deduzir que onde estes valores são moderados e baixos, os caudais de produção também o são, com exceção para o furo 8, que apresenta valores de transmissividade moderada (1,743 m²/h), mas um caudal de produção baixo.

São necessários 404 130 L/dia para o abastecimento de água a população que reside na área de estudo. Os que se encontram no centro da Vila sede do distrito de Muanza (1 a 6), produzem um caudal de 6 720 000 L/dia, e os restantes furos (7 a 10) contribuem com a produção de 295 200 L/dia. Com a densidade populacional de 5,6 hab/km, e uma área de 2 398 km², corresponde a um índice de estresse hídrico baixo, ou seja, exploração simultânea dos furos construídos na área de estudo, consegue satisfazer a demanda mínima necessária para o abastecimento de água na área de estudo.

Os valores de caudal de exploração calculados para os furos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, não puderam ser testados e nem colocados como caudais recomendados a exploração para o SAA, pois, devido a incapacidade técnica da Bomba Submersível SP 14 – 23, não foi possível atingir-se o caudal de exploração calculado. Assim, os furos acima mencionados, foram ensaiados continuamente com o caudal máximo da bomba, que variou para cada furo de acordo com a sua profundidade de imersão, de 14,4 – 14,7 m³/h. Com este caudal, o caudal máximo diário calculado pode baixar. Contudo, ainda se espera que o nível de estresse hídrico se encontre baixo. Com o aumento da população ao nível da Vila Sede de Muanza espera-se que os recursos hídricos existentes ainda possam suprir a demanda. Contudo, deve haver uma exploração sustentável onde se preserva a qualidade química e saneamento do meio.

A limitação deste estudo foi a não realização do ensaio contínuo nos furos 1 a 6 com os caudais máximos calculados devido à incapacidade técnica da bomba usada na empreitada.

Outra limitação é de o ensaio ter sido feito em época seca (Julho e Agosto) e por tanto não ter se a ideia do que pode ser o caudal máximo possível quando o aquífero estar no auge do armazenamento.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5. CONCLUSÕES

Com resultados alcançados no presente projecto científico, são retiradas as seguintes conclusões:

1. Com base nas informações hidrogeológicas e geológicas colectadas, através do Mapa hidrogeológico de escala 1 : 10000, foram previstos caudais de 3 – 10 m³/h, tendo sido ultrapassada essa estimativa nos primeiros 6 furos, estando dentro da estimativa os furos 9 e 10, e estando abaixo da estimativa os furos 7 e 8. Existe mais uma unidade hidrogeológica na área de estudo com uma produtividade considerável podendo se tratar da formação de Jofane;
2. A formação de Mazamba é hidrogeologicamente caracterizada por Transmissividade (T) que varia de 0,1 m²/h a 1,743 m²/h e com uma média de 0,54 m²/h, Condutividade Hidráulica (K) que varia de 0,0017 m/h a 0,06 m/h e uma média de 0,018 m/h, Coeficiente de Armazenamento (S) médio 0,05 e a de Jofane Transmissividade (T) que varia de 1,55 m²/h a 7,032 m²/h e com uma média de 4,26 m²/h, Condutividade Hidráulica (K) que varia de 0,0149 m/h a 0,0837 m/h e uma média de 0,052 m/h, Coeficiente de Armazenamento (S) médio 0,15. Em termos qualitativos, de acordo com os resultados laboratoriais, os furos nas duas unidades geológicas encontram-se dentro os parâmetros definidos pela MISAU, com valores de condutividade eléctrica (CE) que variam de 380 – 1070 µS/cm;
3. Os caudais de exploração e produção na área de estudo, variam de 25 a 90 m³/h e 30 a 100 m³/h respectivamente, para os furos 1 a 6 e para os furos 7 a 10 os caudais de exploração e produção variam de 2 a 4,5 m³/h e 2,3 a 5,2 m³/h respectivamente;
4. Os furos produzem um caudal de exploração calculado de cerca de 7 015 200 L/dia e a comunidade servida na área de estudo, necessita de cerca de 404 130L/dia, não causando assim o estresse de índice hídrico (5,8%). O aquífero explorado na área de estudo é viável a instalação de um sistema de abastecimento de água (SAA), conseguindo satisfazer a demanda para o abastecimento de água na área de estudo.

5. RECOMENDAÇÕES

- Instalação de piezômetros para controle nos níveis de dinâmicos de exploração dos furos e monitoramento dos parâmetros que determinam a qualidade de água para o consumo humano, tendo em conta o número crescente de habitantes na área de estudo;
- Realização de ensaio de caudal contínuo mais longo, com uma duração de mínima de 24 horas, com uma bomba com a capacidade de vazão determinada pela interpretação dos dados de ensaio de caudal;
- Realização de ensaio de caudal no período chuvoso, em que o aquífero encontra-se no seu auge, para determinação de caudal máximo;
- Uso de bombas com capacidade de produção dos caudais teóricos calculados;
- Confirmação da existência da formação de Jofane, através de mapeamento geológico;
- Montagem de centro captação e distribuidor dos furos para o abastecimento de água de forma eficiente a população residente na área de estudo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Baptista, H. N. (2016). Acompanhamento da construção de uma captação de água subterrânea. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências.
- Braga, A. C. (2007). Métodos Geolelétricos Aplicados nos Estudos de Captação e Contaminação das Águas Subterrâneas . Rio Claro, Brasil: UNESP.
- Carvalho, D. F. (2013). Modelagem hidrogeológica de uma sub-bacia hidrográfica da Zona de Minas Gerais. Minas Gerais-Brasil.
- Carvalho, V. E. (2013). Modelagem hidrogeologica de uma sub-bacia hidrográfica da Zona de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.
- Comissão Sectorial para Água - CS/04. (2012). Manual de Boas Práticas para a Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas Subterrâneas. Caparica, Portugal: Instituto Português da Qualidade.
- Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. (2014). Disponibilidade Hídrica das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. São Paulo, Brasil: Departamento de Água e Energia Eléctrica do Estado de São Paulo .
- Doll, P., & Fiedler, K. (2008). Global-scale modeling of groundwater recharge. Frankfurt am Main, Alemanha: HESS.
- Fetter, C. W. (2001). Applied Hidrogeology. Upper Saddle River, Nova Jércia, EUA: Prentice Hall.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Estados Unidos de América: Prentice Hall.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (2017). Água Subterrânea. São Paulo (SP): Instituto Água Sustentável.
- IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre). (2004). Ground Water Global Information System (GGIS). Deft, Países Baixos: IGRAC.
- Instituto Nacional de Estatística. (2023). Estatística do Distrito de Muanza, 2017 - 2021. Maputo: Instituto Nacional de Estatística.
- Instituto Português de Qualidade. (2012). Boas Práticas para Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas Subterrâneas. Caparica, Portugal: Instituto Português de Qualidade.

- Matsinhe, N., & Rietveld, L. (2005). Abastecimento de Água. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Miguel, N. C. (2024). Modelo Hidrogeológico Conceptual do Arquipélago de Bazaruto . Maputo, Moçambique: Departamento de Geologia, Universidade Eduardo Mondlane.
- Ministério da Administração Estatal. (2005). Perfil do Distrito de Muanza. Moçambique: Ministério da Administração Estatal, Edição 2005.
- MozambiqueExpert. (2025). Welcome to Mozambique. Obtido de MozambiqueExpert: <https://www.mozambiqueexpert.com/pt/clima-de-mocambique>
- Oliveira, J. R., Maciel, R., Junior, F. C., Pontes, A., & Bezerra, J. C. (2014). Poços Tubulares Profundos para Aumentar o Fornecimento de Água Potável do Sistema de Abastecimento de COSANPA no Loteamento CDP. Belém, Pará: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.
- Pacheco, J. A. (2009). Estratégias para a Sustentabilidade da Flora Bravia nas Comunidades do Distrito de Muanza, Província de Sofala - Moçambique. Fortaleza, Ceará: Universidade Estadual do Ceará .
- Pekkala, Y., Kuivasaari, T., Gonçalves, R., Deus, M., Chauque, F., & Almeida, C. (2008). Geological Survey of Finland, Special Paper 48. Review of Industrial Mineral in Mozambique, p. 17.
- Rosário, A., Abacar, C., Francisco, I. B., Adamo, P. F., Cassambue, R. A., & Comba, V. S. (2015). Localização Geográfica, Principais Unidades Litoestratigráficas, com Respectivas Litologias, Idade, Recursos Minerais e Energéticos. Nampula: Universidade Pedagógica.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sherif, R. E. (1976). Applied Geophysics. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- The World Bank. (2018). Findings of the Mozambique Water Supply, Sanitation and Hygiene Poverty Diagnostic. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development .
- Tsutiya, M. (2006). Abastecimento de Água. São Paulo, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Zohdy, A. A., Eaton, G. P., & Mabey, D. R. (1974). Application of Surface Geophysics to Ground-Water Investigation. Denver: USGS.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Fichas de Ensaio de Caudal.

Tabela 4: Ficha de Ensaio do Furo 01

ENSIAO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		46,73	10,04	52,95	14,4	57,87	46,82		
1	8,8	52,48	10,04	55,26	14,4	59,24	54,68	14,4	60,52
2	8,8	52,63	10,04	56,33	14,4	59,79	57,3	14,4	49,95
3	8,8	52,63	10,04	56,40	14,4	60,22	58,32	14,4	47,58
4	8,8	52,63	10,04	56,58	14,4	60,33	58,78	14,4	47,1
5	8,8	52,63	10,04	56,65	14,4	60,48	59,04	14,4	47,02
6	8,8	52,64	10,04	56,73	14,4	60,60	59,18	14,4	47
7	8,8	52,65	10,04	56,77	14,4	60,65	59,26	14,4	46,97
8	8,8	52,66	10,04	56,80	14,4	60,70	59,32	14,4	46,96
9	8,8	52,67	10,04	56,83	14,4	60,73	59,36	14,4	46,95
10	8,8	52,69	10,04	56,85	14,4	60,76	59,43	14,4	46,93
11	8,8	52,69	10,04	56,87	14,4	60,78	59,46	14,4	46,92
12	8,8	52,69	10,04	56,89	14,4	60,78	59,48	14,4	46,9
13	8,8	52,69	10,04	56,92	14,4	60,78	59,5	14,4	46,89
14	8,8	52,69	10,04	56,93	14,4	60,78	59,53	14,4	46,89
15	8,8	52,69	10,04	56,94	14,4	60,79	59,56	14,4	46,87
20	8,8	52,70	10,04	56,98	14,4	60,92	59,66	14,4	46,86
25	8,8	52,71	10,04	57,01	14,4	60,95	59,72	14,4	46,84
30	8,8	52,72	10,04	57,35	14,4	61,00	59,7	14,4	46,83
35	8,8	52,74	10,04	57,45	14,4	61,09	59,73	14,4	46,83
40	8,8	52,83	10,04	57,56	14,4	61,15	59,75	14,4	46,83
45	8,8	52,85	10,04	57,68	14,4	61,20	59,76	14,4	46,83
50	8,8	52,87	10,04	57,73	14,4	61,26	59,8	14,4	46,83
55	8,8	52,90	10,04	57,77	14,4	61,31	59,83	14,4	
60	8,8	52,92	10,04	57,78	14,4	61,33	59,85	14,4	
70	8,8	52,92	10,04	57,81	14,4	61,39	59,88	14,4	
80	8,8	52,93	10,04	57,85	14,4	61,41	59,9	14,4	
90	8,8	52,95	10,04	57,87	14,4	61,43	59,94	14,4	
100	8,8	52,95	10,04	57,87	14,4	61,43	59,94	14,4	
110	8,8	52,95	10,04	57,87	14,4	61,43	59,97	14,4	
120	8,8	52,95	10,04	57,87	14,4	61,43	59,95	14,4	
150							60,05	14,4	
180							60,13	14,4	
210							60,23	14,4	

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUIFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

240							60,28	14,4	
270							60,31	14,4	
300							60,35	14,4	
330							60,33	14,4	
360							60,39	14,4	
390							60,45	14,4	
420							60,47	14,4	
450							60,5	14,4	
480							60,52	14,4	

Tabela 5: Ficha de Ensaio do Furo 02

ENSIAO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		50,78	12	56,25	14,4	59,23	50,78		
1	8	55,33	12	58,3	14,4	59,63	57,9	14,4	61,13
2	8	55,67	12	58,55	14,4	59,93	58,6	14,4	55,29
3	8	55,82	12	58,67	14,4	60,08	58,85	14,4	53,07
4	8	55,92	12	58,77	14,4	60,15	59,05	14,4	52,19
5	8	55,96	12	58,84	14,4	60,19	59,3	14,4	51,96
6	8	55,99	12	58,87	14,4	60,23	59,5	14,4	51,81
7	8	56,03	12	58,88	14,4	60,26	59,57	14,4	51,72
8	8	56,05	12	58,89	14,4	60,29	59,66	14,4	51,65
9	8	56,06	12	58,87	14,4	60,31	59,73	14,4	51,6
10	8	56,08	12	58,88	14,4	60,31	59,79	14,4	51,56
11	8	56,09	12	58,89	14,4	60,31	59,84	14,4	51,53
12	8	56,1	12	58,89	14,4	60,32	59,89	14,4	51,5
13	8	56,11	12	58,9	14,4	60,35	59,95	14,4	51,47
14	8	56,12	12	58,9	14,4	60,38	60	14,4	51,45
15	8	56,12	12	58,89	14,4	60,4	60,02	14,4	51,43
20	8	56,14	12	58,94	14,4	60,47	60,13	14,4	51,41
25	8	56,15	12	58,96	14,4	60,51	60,18	14,4	51,34
30	8	56,17	12	59	14,4	60,52	60,2	14,4	51,29
35	8	56,18	12	59,02	14,4	60,54	60,22	14,4	51,25
40	8	56,2	12	59,04	14,4	60,58	60,24	14,4	51,23
45	8	56,22	12	59,07	14,4	60,58	60,27	14,4	51,19
50	8	56,22	12	59,11	14,4	60,62	60,28	14,4	51,14
55	8	56,22	12	59,14	14,4	60,62	60,29	14,4	51,11
60	8	56,23	12	59,17	14,4	60,62	60,3	14,4	51,08

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

70	8	56,24	12	59,21	14,4	60,66	60,34	14,4	51,05
80	8	56,24	12	59,22	14,4	60,7	60,42	14,4	51,03
90	8	56,25	12	59,23	14,4	60,69	60,54	14,4	51
100	8	56,25	12	59,23	14,4	60,69	60,58	14,4	
110	8	56,25	12	59,23	14,4	60,69	60,59	14,4	
120	8	56,25	12	59,23	14,4	60,69	60,6	14,4	
150							60,68	14,4	
180							60,75	14,4	
210							60,79	14,4	
240							60,86	14,4	
270							60,87	14,4	
300							60,87	14,4	
330							60,92	14,4	
360							61,02	14,4	
390							61,09	14,4	
420							61,11	14,4	
450							61,12	14,4	
480							61,13	14,4	

Tabela 6: Ficha de Ensaio do Furo 03

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		46,54	10	51,8	14,7	55,82	46,54		
1	6	52,34	10	55,01	14,7	57,8	55,19	14,7	49,71
2	6	51,11	10	55,4	14,7	58,33	55,53	14,7	48,3
3	6	51,33	10	55,47	14,7	58,4	55,58	14,7	47,97
4	6	51,6	10	55,53	14,7	58,45	55,69	14,7	47,74
5	6	51,7	10	55,58	14,7	58,47	55,8	14,7	47,64
6	6	51,76	10	55,6	14,7	58,59	55,84	14,7	47,63
7	6	51,78	10	55,61	14,7	58,62	55,89	14,7	47,62
8	6	51,78	10	55,63	14,7	59,05	55,92	14,7	47,6
9	6	51,79	10	55,65	14,7	59,11	55,94	14,7	47,58
10	6	51,79	10	55,71	14,7	59,13	55,96	14,7	47,57
11	6	51,79	10	55,76	14,7	59,16	55,98	14,7	47,56
12	6	51,8	10	55,78	14,7	59,22	56,01	14,7	47,55
13	6	51,8	10	55,79	14,7	59,27	56,04	14,7	47,55
14	6	51,8	10	55,79	14,7	59,29	56,05	14,7	47,54
15	6	51,8	10	55,8	14,7	59,33	56,06	14,7	47,54

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

20	6	51,8	10	55,8	14,7	59,35	55,16	14,7	47,52
25	6	51,8	10	55,8	14,7	59,37	56,2	14,7	47,5
30	6	51,8	10	55,81	14,7	59,43	56,24	14,7	47,49
35	6	51,8	10	55,81	14,7	59,46	56,25	14,7	
40	6	51,8	10	55,81	14,7	59,49	56,27	14,7	
45	6	51,8	10	55,82	14,7	59,51	56,3	14,7	
50	6	51,8	10	55,82	14,7	59,53	56,33	14,7	
55	6	51,8	10	55,82	14,7	59,53	56,37	14,7	
60	6	51,8	10	55,82	14,7	59,55	56,42	14,7	
70	6	51,8	10	55,82	14,7	59,56	56,45	14,7	
80	6	51,8	10	55,82	14,7	59,56	56,47	14,7	
90	6	51,8	10	55,82	14,7	59,56	56,49	14,7	
100	6	51,8	10	55,82	14,7	59,56	56,5	14,7	
110	6	51,8	10	55,82	14,7	59,56	56,52	14,7	
120	6	51,8	10	52,82	14,7	59,56	56,54	14,7	
150							56,55	14,7	
180							56,55	14,7	
210							56,7	14,7	
240							56,74	14,7	
270							56,76	14,7	
300							56,78	14,7	
330							56,77	14,7	
360							56,79	14,7	
390							56,82	14,7	
420							56,82	14,7	
450							56,82	14,7	
480							56,82	14,7	

Tabela 7: Ficha de Ensaio do Furo 04

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		52,95	12	60,06	14,4	66,34	53,01		
1	9	58,70	12	63,50	14,4	67,62	64,93	14,4	58,62
2	9	58,18	12	64,30	14,4	68,08	65,00	14,4	54,92
3	9	58,34	12	64,74	14,4	68,27	65,12	14,4	54,89
4	9	58,64	12	65,02	14,4	68,35	65,18	14,4	54,58
5	9	59,04	12	65,18	14,4	68,43	65,22	14,4	54,25
6	9	59,21	12	65,28	14,4	68,48	65,29	14,4	54,19

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

7	9	59,31	12	65,37	14,4	68,55	65,32	14,4	54,13
8	9	59,36	12	65,42	14,4	68,60	65,39	14,4	54,11
9	9	59,38	12	65,50	14,4	68,61	65,42	14,4	54,09
10	9	59,39	12	65,55	14,4	68,58	65,50	14,4	54,08
11	9	59,39	12	65,60	14,4	68,58	65,59	14,4	54,06
12	9	59,40	12	65,62	14,4	68,56	65,67	14,4	54,04
13	9	59,41	12	65,64	14,4	68,58	65,76	14,4	54,00
14	9	59,42	12	65,66	14,4	68,57	65,77	14,4	53,96
15	9	59,44	12	65,70	14,4	68,56	65,78	14,4	53,92
20	9	59,46	12	65,83	14,4	68,47	65,94	14,4	53,85
25	9	59,61	12	65,97	14,4	68,53	66,12	14,4	53,78
30	9	59,64	12	66,04	14,4	68,52	66,24	14,4	53,76
35	9	59,70	12	66,06	14,4	68,58	66,32	14,4	53,72
40	9	59,76	12	66,22	14,4	68,61	66,41	14,4	53,67
45	9	59,83	12	66,24	14,4	68,72	66,50	14,4	
50	9	59,87	12	66,26	14,4	68,76	66,60	14,4	
55	9	59,91	12	66,28	14,4	68,70	66,64	14,4	
60	9	59,96	12	66,31	14,4	68,73	66,67	14,4	
70	9	59,98	12	66,34	14,4	68,69	66,81	14,4	
80	9	60,02	12	66,34	14,4	68,67	66,90	14,4	
90	9	60,06	12	66,34	14,4	68,70	67,06	14,4	
100	9	60,06	12	66,34	14,4	68,70	67,15	14,4	
110	9	60,06	12	66,34	14,4	68,70	67,18	14,4	
120	9	60,06	12	66,34	14,4	68,70	67,24	14,4	
150							67,45	14,4	
180							67,78	14,4	
210							67,79	14,4	
240							67,79	14,4	
270							67,87	14,4	
300							68,00	14,4	
330							68,00	14,4	
360							68,00	14,4	
390							68,11	14,4	
420							68,18	14,4	
450							68,23	14,4	
480							68,20	14,4	

Tabela 8: Ficha de Ensaio do Furo 05

ENSIAO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		46,97	12	53,06	14	59,5	49,22		
1	9	51,15	12	54,05	14	61,2	54,89	14,4	54,01
2	9	51,58	12	55,01	14	61,9	57,24	14,4	50,79
3	9	51,97	12	56,64	14	62,0	57,45	14,4	50,06
4	9	52,80	12	57,34	14	62,0	57,71	14,4	49,86
5	9	52,83	12	57,34	14	62,0	57,91	14,4	49,78
6	9	52,86	12	57,34	14	62,1	57,97	14,4	49,75
7	9	52,87	12	57,34	14	62,1	57,97	14,4	49,73
8	9	52,88	12	57,76	14	62,2	58,07	14,4	49,71
9	9	52,90	12	58,20	14	62,2	58,25	14,4	49,70
10	9	52,92	12	58,54	14	62,3	58,64	14,4	49,68
11	9	52,95	12	58,94	14	62,3	58,70	14,4	49,67
12	9	53,00	12	59,06	14	62,4	58,78	14,4	49,66
13	9	53,02	12	59,22	14	62,4	58,86	14,4	49,65
14	9	53,04	12	59,26	14	62,4	58,94	14,4	49,64
15	9	53,05	12	59,30	14	62,5	58,99	14,4	49,63
20	9	53,05	12	59,35	14	62,5	59,06	14,4	49,61
25	9	53,06	12	59,36	14	62,5	59,10	14,4	49,59
30	9	53,06	12	59,38	14	62,6	59,17	14,4	49,57
35	9	53,06	12	59,38	14	62,6	59,21	14,4	49,56
40	9	53,06	12	59,39	14	62,6	59,24	14,4	49,54
45	9	53,06	12	59,41	14	62,7	59,26	14,4	49,54
50	9	53,06	12	59,42	14	62,7	59,28	14,4	49,54
55	9	53,06	12	59,44	14	62,7	59,41	14,4	49,53
60	9	53,06	12	59,46	14	62,7	59,51	14,4	49,52
70	9	53,06	12	59,48	14	62,7	59,56	14,4	49,52
80	9	53,06	12	59,50	14	62,7	59,62	14,4	
90	9	53,06	12	59,5	14	62,7	59,78	14,4	
100	9	53,06	12	59,5	14,4	62,7	59,83	14,4	
110	9	53,06	12	59,5	14,4	62,7	59,98	14,4	
120	9	53,06	12	59,5	14,4	62,7	60,09	14,4	
150							60,15	14,4	
180							60,23	14,4	
210							60,38	14,4	
240							60,65	14,4	
270							60,70	14,4	
300							60,77	14,4	

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

330							60,86	14,4	
360							61,05	14,4	
390							61,20	14,4	
420							61,75	14,4	
450							61,90	14,4	
480							61,90	14,4	

Tabela 9: Ficha de Ensaio do Furo 06

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		46,00	12,2	50,50	14,6	52,91	46,04		54,43
1	7,8	48,32	12,2	51,90	14,6	54,06	51,83	14,6	48,88
2	7,8	49,01	12,2	52,40	14,6	54,21	52,59	14,6	48,15
3	7,8	49,06	12,2	52,52	14,6	54,25	52,79	14,6	47,89
4	7,8	49,16	12,2	52,63	14,6	54,27	52,91	14,6	47,73
5	7,8	49,22	12,2	52,65	14,6	54,29	53,00	14,6	47,64
6	7,8	49,92	12,2	52,67	14,6	54,30	53,08	14,6	47,55
7	7,8	50,02	12,2	52,69	14,6	54,31	53,14	14,6	47,48
8	7,8	50,06	12,2	52,70	14,6	54,32	53,20	14,6	47,42
9	7,8	50,09	12,2	52,72	14,6	54,33	53,21	14,6	47,38
10	7,8	50,12	12,2	52,73	14,6	54,33	53,29	14,6	47,34
11	7,8	50,14	12,2	52,73	14,6	54,33	53,32	14,6	47,29
12	7,8	50,18	12,2	52,75	14,6	54,33	53,36	14,6	47,26
13	7,8	50,18	12,2	52,76	14,6	54,33	53,39	14,6	47,23
14	7,8	50,19	12,2	52,76	14,6	54,34	53,42	14,6	47,20
15	7,8	50,21	12,2	52,77	14,6	54,35	53,44	14,6	47,17
20	7,8	50,27	12,2	52,78	14,6	54,36	53,59	14,6	47,07
25	7,8	50,32	12,2	52,81	14,6	54,38	53,66	14,6	46,98
30	7,8	50,37	12,2	52,82	14,6	54,39	53,73	14,6	46,91
35	7,8	50,40	12,2	52,83	14,6	54,40	53,78	14,6	46,86
40	7,8	50,43	12,2	52,84	14,6	54,40	53,83	14,6	46,81
45	7,8	50,47	12,2	52,85	14,6	54,43	53,87	14,6	46,76
50	7,8	50,48	12,2	52,86	14,6	54,44	53,90	14,6	46,73
55	7,8	50,50	12,2	52,88	14,6	54,45	53,93	14,6	46,70
60	7,8	50,50	12,2	52,89	14,6	54,46	53,96	14,6	46,67
70	7,8	50,50	12,2	52,90	14,6	54,47	53,99	14,6	46,62
80	7,8	50,50	12,2	52,91	14,6	54,48	54,01	14,6	46,58
90	7,8	50,50	12,2	52,91	14,6	54,48	54,03	14,6	46,54

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

100	7,8	50,50	12,2	52,91	14,6	54,48	54,07	14,6	46,51
110	7,8	50,50	12,2	52,91	14,6	54,48	54,10	14,6	46,50
120	7,8	50,50	12,2	52,91	14,6	54,48	54,11	14,6	46,45
150							54,16	14,6	46,43
180							54,00	14,6	46,42
210							54,23	14,6	46,40
240							54,27	14,6	
270							54,29	14,6	
300							54,30	14,6	
330							54,31	14,6	
360							54,32	14,6	
390							54,34	14,6	
420							54,40	14,6	
450							54,41	14,6	
480							54,43	14,6	

Tabela 10: Ficha de Ensaio do Furo 07

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		15,00	0,90	19,01	1,40	30,56	15		46,8
1	0,90	16,02	1,40	22,13	2,00	33,2	17,93	2	38,4
2	0,90	16,32	1,40	22,98	2,00	34,7	19,34	2	35,26
3	0,90	16,78	1,40	24,22	2,00	35,2	20,75	2	33,27
4	0,90	16,89	1,40	25,16	2,00	35,9	22,03	2	31,05
5	0,90	16,99	1,40	26,01	2,00	36,2	23,52	2	29,29
6	0,90	17,10	1,40	26,68	2,00	36,4	25,52	2	27,1
7	0,90	17,15	1,40	27,23	2,00	36,7	26,15	2	26,43
8	0,90	17,24	1,40	27,73	2,00	36,8	26,57	2	24,65
9	0,90	17,27	1,40	29,16	2,00	36,9	26,8	2	22,69
10	0,90	17,29	1,40	29,85	2,00	36,99	27,02	2	21,82
11	0,90	17,32	1,40	30,24	2,00	37,1	27,29	2	18,72
12	0,90	17,39	1,40	30,47	2,00	37,3	27,52	2	
13	0,90	17,50	1,40	30,5	2,00	37,5	27,72	2	
14	0,90	17,56	1,40	30,52	2,00	37,6	27,9	2	
15	0,90	18,04	1,40	30,53	2,00	37,7	28,1	2	
20	0,90	18,91	1,40	30,56	2,00	37,8	28,7	2	
25	0,90	18,95	1,40	30,56	2,00	37,9	28,99	2	
30	0,90	19,00	1,40	30,56	2,00	38	29,18	2	

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

35	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	30,16	2	
40	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,09	2	
45	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,6	2	
50	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,75	2	
55	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,78	2	
60	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,81	2	
70	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,81	2	
80	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,81	2	
90	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,82	2	
100	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,82	2	
110	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,82	2	
120	0,90	19,01	1,40	30,56	2,00	38,01	31,82	2	
150							31,82	2	
180							31,82	2	
210							31,82	2	
240							31,82	2	
270							31,82	2	
300							31,82	2	
330							31,82	2	
360							31,82	2	
390							31,82	2	
420							31,82	2	
450							31,82	2	
480							31,82	2	

Tabela 11: Ficha de Ensaio do Furo 08

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		6,00	0,90	8,94	1,40	11,67	6,00		15,30
1	0,90	7,02	1,40	9,47	2,00	13,40	11,62	2	7,50
2	0,90	7,36	1,40	11,29	2,00	14,20	12,19	2	6,77
3	0,90	7,78	1,40	11,39	2,00	14,70	12,38	2	6,71
4	0,90	7,99	1,40	11,49	2,00	14,89	12,47	2	6,69
5	0,90	8,13	1,40	11,55	2,00	14,94	12,52	2	6,67
6	0,90	8,29	1,40	11,59	2,00	15,03	12,55	2	6,67
7	0,90	8,37	1,40	11,62	2,00	15,10	12,55	2	6,66
8	0,90	8,43	1,40	11,63	2,00	15,14	12,53	2	6,66
9	0,90	8,59	1,40	11,63	2,00	15,19	12,52	2	6,66

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

10	0,90	8,64	1,40	11,64	2,00	15,24	12,53	2	6,66
11	0,90	8,69	1,40	11,64	2,00	15,26	12,52	2	6,64
12	0,90	8,75	1,40	11,65	2,00	15,28	12,53	2	6,64
13	0,90	8,79	1,40	11,66	2,00	15,29	12,54	2	6,64
14	0,90	8,85	1,40	11,67	2,00	15,29	12,53	2	6,64
15	0,90	8,90	1,40	11,67	2,00	15,30	12,53	2	
20	0,90	8,92	1,40	11,67	2,00	15,30	12,58	2	
25	0,90	8,93	1,40	11,67	2,00	15,30	12,59	2	
30	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,59	2	
35	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,57	2	
40	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,56	2	
45	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,59	2	
50	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,62	2	
55	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,61	2	
60	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,59	2	
70	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,56	2	
80	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,55	2	
90	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,56	2	
100	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,54	2	
110	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,55	2	
120	0,90	8,94	1,40	11,67	2,00	15,30	12,55	2	
150							12,55	2	
180							12,55	2	
210							12,55	2	
240							12,55	2	
270							12,55	2	
300							12,55	2	
330							12,55	2	
360							12,55	2	
390							12,55	2	
420							12,55	2	
450							12,55	2	
480							12,55	2	

Tabela 12: Ficha de Ensaio do Furo 09

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		18,67	1,9	31,79	2,9	43,12	18,67		54,08

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

1	1,9	21,33	2,9	35,21	4	46,40	30,20	4	45,89
2	1,9	24,45	2,9	38,56	4	48,90	40,19	4	40,13
3	1,9	26,37	2,9	40,09	4	50,27	46,78	4	30,98
4	1,9	28,19	2,9	41,02	4	51,89	47,12	4	27,7
5	1,9	29,89	2,9	41,97	4	52,39	49,03	4	26,3
6	1,9	30,78	2,9	41,36	4	52,69	50,06	4	25,7
7	1,9	31,04	2,9	41,89	4	52,99	50,99	4	24
8	1,9	31,29	2,9	42,01	4	53,30	51,78	4	23,3
9	1,9	31,43	2,9	42,43	4	53,45	52,08	4	22,8
10	1,9	31,55	2,9	42,76	4	53,67	52,29	4	21,9
11	1,9	31,60	2,9	42,89	4	53,89	52,39	4	21,1
12	1,9	31,67	2,9	42,95	4	53,93	52,45	4	20,7
13	1,9	31,70	2,9	42,99	4	53,97	52,50	4	20,2
14	1,9	31,73	2,9	43,05	4	54,01	52,56	4	19,89
15	1,9	31,76	2,9	43,08	4	54,04	52,60	4	19,64
20	1,9	31,78	2,9	43,1	4	54,06	52,64	4	19,5
25	1,9	31,78	2,9	43,11	4	54,07	52,68	4	
30	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,07	52,78	4	
35	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	52,89	4	
40	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	52,99	4	
45	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,10	4	
50	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,16	4	
55	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,20	4	
60	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,24	4	
70	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,26	4	
80	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	52,28	4	
90	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,29	4	
100	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,29	4	
110	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,29	4	
120	1,9	31,79	2,9	43,12	4	54,08	53,29	4	
150							53,29	4	
180							53,29	4	
210							53,29	4	
240							53,29	4	
270							53,29	4	
300							53,29	4	
330							53,29	4	
360							53,29	4	
390							53,29	4	
420							53,29	4	
450							53,29	4	

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUIFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

480							53,29	4	
-----	--	--	--	--	--	--	-------	---	--

Tabela 13: Ficha de Ensaio do Furo 10

ENSAIO ESCALONADO							ENSAIO CONTÍNUO		
Tempo	Patamar 1		Patamar 2		Patamar 3		Contínuo		Recuperação
(min)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)	p (m)	Q (m ³ /h)	p (m)
0		15,00	1,9	31,88	2,9	46,7	15,00		56,10
1	1,9	20,33	2,9	39,4	4	48,90	31,19	4	40,90
2	1,9	24,34	2,9	41,42	4	52,54	41,20	4	40,13
3	1,9	26,92	2,9	42,60	4	53,50	47,79	4	30,98
4	1,9	28,42	2,9	43,3	4	54,70	48,13	4	27,7
5	1,9	29,34	2,9	43,99	4	55,10	50,04	4	26,3
6	1,9	30,36	2,9	44,56	4	55,46	51,07	4	25,7
7	1,9	30,98	2,9	45,01	4	55,62	51,98	4	24
8	1,9	31,28	2,9	45,48	4	55,73	52,79	4	22,09
9	1,9	31,60	2,9	45,89	4	55,84	53,09	4	21,5
10	1,9	31,70	2,9	46,1	4	55,90	53,30	4	20,9
11	1,9	31,76	2,9	46,39	4	55,94	53,40	4	20
12	1,9	31,80	2,9	46,41	4	55,98	53,46	4	19,5
13	1,9	31,84	2,9	46,50	4	56,03	53,51	4	19
14	1,9	31,85	2,9	46,59	4	56,06	53,57	4	18,23
15	1,9	31,86	2,9	46,64	4	56,08	53,61	4	18,01
20	1,9	31,86	2,9	46,67	4	56,09	53,65	4	17,09
25	1,9	31,87	2,9	46,69	4	56,09	53,69	4	
30	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	53,79	4	
35	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	53,90	4	
40	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,00	4	
45	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,11	4	
50	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,16	4	
55	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,20	4	
60	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,25	4	
70	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,27	4	
80	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,29	4	
90	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,30	4	
100	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,30	4	
110	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,30	4	
120	1,9	31,88	2,9	46,7	4	56,10	54,30	4	
150							54,30	4	
180							54,30	4	

210							54,30	4	
240							54,30	4	
270							54,30	4	
300							54,30	4	
330							53,29	4	
360							53,29	4	
390							53,29	4	
420							53,29	4	
450							53,29	4	
480							53,29	4	

Apêndice 2 – Cálculo de Rebaixamento Específico e Nível Dinâmico em Função do Caudal.

Tabela 14: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 01

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	6,22	6,22	8,80	0,707
Patamar 2	4,92	11,14	10,04	1,110
Patamar 3	3,56	14,70	14,40	1,021

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,5464$ e $C = 0,036$, determinados na Figura 16b, então:

Tabela 15: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 01

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	46,73
2,00	1,24	47,97
4,00	2,76	49,49
6,00	4,57	51,30
8,00	6,68	53,41
10,00	9,06	55,79
12,00	11,74	58,47
14,00	14,71	61,44
16,00	17,96	64,69
18,00	21,50	68,23
20,00	25,33	72,06
25,00	36,16	82,89
30,00	48,79	95,52
35,00	63,22	109,95

Tabela 16: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 02

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	5,47	5,47	8,00	0,684
Patamar 2	2,98	8,45	12,00	0,704
Patamar 3	1,46	9,91	14,40	0,688

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,6789$ e $C = 0,0011$, determinados na Figura 18b, então:

Tabela 17: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 02

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	50,78
2,00	1,36	52,14
4,00	2,73	53,51
6,00	4,11	54,89
8,00	5,50	56,28
10,00	6,90	57,68
12,00	8,31	59,09
14,00	9,72	60,50
16,00	11,14	61,92
18,00	12,58	63,36
20,00	14,02	64,80
25,00	17,66	68,44
30,00	21,36	72,14
40,00	28,92	79,70
50,00	36,70	87,48
60,00	44,69	95,47
75,00	57,11	107,89
80,00	61,35	112,13
85,00	65,65	116,43

Tabela 18: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 03

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	5,26	5,26	6,00	0,877
Patamar 2	4,02	9,28	10,00	0,928
Patamar 3	3,74	13,02	14,70	0,886

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,8891$ e $C = 0,0007$, determinados na Figura 20b, então:

Tabela 19: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 03

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
-----------------	--------------	----------------------

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE
MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA |2025

0,00	0,00	46,54
2,00	1,78	48,32
4,00	3,57	50,11
6,00	5,36	51,90
8,00	7,16	53,70
10,00	8,96	55,50
12,00	10,77	57,31
14,00	12,58	59,12
16,00	14,40	60,94
18,00	16,23	62,77
20,00	18,06	64,60
22,00	19,90	66,44
24,00	21,74	68,28
25,00	22,67	69,21
25,00	22,67	69,21
30,00	27,30	73,84
40,00	36,68	83,22
45,00	41,43	87,97
50,00	46,21	92,75
50,00	46,21	92,75
110,00	106,27	152,81

Tabela 20: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 04

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	7,11	7,11	9,00	0,790
Patamar 2	6,28	13,39	12,00	1,116
Patamar 3	2,36	15,75	14,40	1,094

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,3108$ e $C = 0,0584$, determinados na Figura 22b, então:

Tabela 21: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 04

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	52,95
2,00	0,86	53,81
4,00	2,18	55,13
6,00	3,97	56,92
8,00	6,22	59,17
10,00	8,95	61,90
12,00	12,14	65,09
14,00	15,80	68,75
16,00	19,92	72,87
20,00	29,58	82,53
25,00	44,27	97,22

Tabela 22: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 05

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	6,09	6,09	9,00	0,677
Patamar 2	6,44	12,53	12,00	1,044
Patamar 3	3,2	15,73	14,40	1,092

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,0073$ e $C = 0,0788$, determinados na Figura 24b, então:

Tabela 23: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 05

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	46,97
2,00	0,33	47,30
4,00	1,29	48,26
6,00	2,88	49,85
8,00	5,10	52,07
10,00	7,95	54,92
12,00	11,43	58,40
14,00	15,55	62,52
16,00	20,29	67,26
20,00	31,67	78,64
25,00	49,43	96,40
30,00	71,14	118,11

Tabela 24: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 06

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	4,50	4,50	7,80	0,577
Patamar 2	2,41	6,91	12,20	0,566
Patamar 3	1,57	8,48	14,60	0,581

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 0,5723$ e $C = 0,0002$, determinados na Figura 26b, então:

Tabela 25: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 06

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	46,00
2,00	1,15	47,15
4,00	2,29	48,29
6,00	3,44	49,44
8,00	4,59	50,59

10,00	5,74	51,74
12,00	6,90	52,90
14,00	8,05	54,05
16,00	9,21	55,21
18,00	10,37	56,37
20,00	11,53	57,53
30,00	17,35	63,35
40,00	23,21	69,21
50,00	29,12	75,12
60,00	35,06	81,06
70,00	41,04	87,04
90,00	53,13	99,13
100,00	59,23	105,23

Tabela 26: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 07

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	4,01	4,01	0,90	4,456
Patamar 2	11,55	15,56	1,40	11,114
Patamar 3	7,54	23,10	2,00	11,550

$S = BQ + CQ^2$, onde B = 0,0661 e C = 6,2608 determinados na Figura 28b, então:

Tabela 27: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 07

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	15,00
0,50	1,60	16,60
1,00	6,33	21,33
1,50	14,19	29,19
2,00	25,18	40,18
2,30	33,27	48,27
2,50	39,30	54,30
2,60	42,49	57,49
3,00	56,55	71,55

Tabela 28: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 08

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	2,94	2,94	0,90	3,267
Patamar 2	2,73	5,67	1,40	4,050
Patamar 3	3,63	9,30	2,00	4,650

$S = BQ + CQ^2$, onde B = 2,1985 e C = 1,2491 determinados na Figura 30b, então:

Tabela 29: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 08

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	6,00
0,50	1,41	7,41
1,00	3,45	9,45
1,50	6,11	12,11
2,00	9,39	15,39
2,30	11,66	17,66
2,50	13,30	19,30
3,00	17,84	23,84

Tabela 30: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 09

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	13,12	13,12	1,90	6,905
Patamar 2	11,33	24,45	2,90	8,431
Patamar 3	10,96	35,41	4,00	8,853

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 5,3695$ e $C = 0,9182$ determinados na Figura 32b, então:

Tabela 31: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 09

Q (m³/h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	18,67
0,50	2,91	21,58
1,00	6,29	24,96
1,50	10,12	28,79
2,00	14,41	33,08
2,50	19,16	37,83
3,00	24,37	43,04
4,00	36,17	54,84
4,50	42,76	61,43
5,00	49,80	68,47
5,20	52,75	71,42

Tabela 32: Determinação de Rebaixamento Específico do Furo 10

	S (m)	Sw	Q (m³/h)	S/Q
Patamar 1	16,88	16,88	1,90	8,884
Patamar 2	14,82	31,70	2,90	10,931
Patamar 3	9,4	41,10	4,00	10,275

$S = BQ + CQ^2$, onde $B = 8,1487$ e $C = 0,6414$ determinados na Figura 34b, então:

Tabela 33: Determinação de Rebaixamento em Função de Caudal do Furo 10

Q (m ³ /h)	S (m)	h= ho + S (m)
0,00	0,00	15,00
0,50	4,30	19,30
1,00	9,07	24,07
1,50	14,29	29,29
2,00	19,97	34,97
2,50	26,11	41,11
3,00	32,71	47,71
3,50	39,77	54,77
4,00	47,29	62,29
5,00	63,70	78,70

Apêndice 3 – Tabela Resumo de Caudais Calculados.

Tabela 34: Tabela Resumo de Caudais Recomendados

Nº Furo	Q recom (m ³ /h)	ND (m)	Q expl calc (m ³ /h)	ND expl calc (m)	Imersão max (m)	ND max (m)
1	14	62	25	82	101,5	99,5
2	14	61	75	107	121,5	119,5
3	14	60	45	85	101,8	99,8
4	14	69	25	97	115,7	113,7
5	14	63	20	79	101,5	99,5
6	14	54	90	99	111,5	109,5
7	2,3	49	2,3	49	59,6	57,6
8	2	16	2,0	15,4	19,6	17,6
9	4,5	62	4,5	62	74,8	72,8
10	3,5	55	3,5	55	66,4	66,4

ANEXO

Anexo 1 –Resumo de Actividade de Perfuração.



Figura 49: Perfuração por Rotação com Circulação Directa (Baptista, 2016).

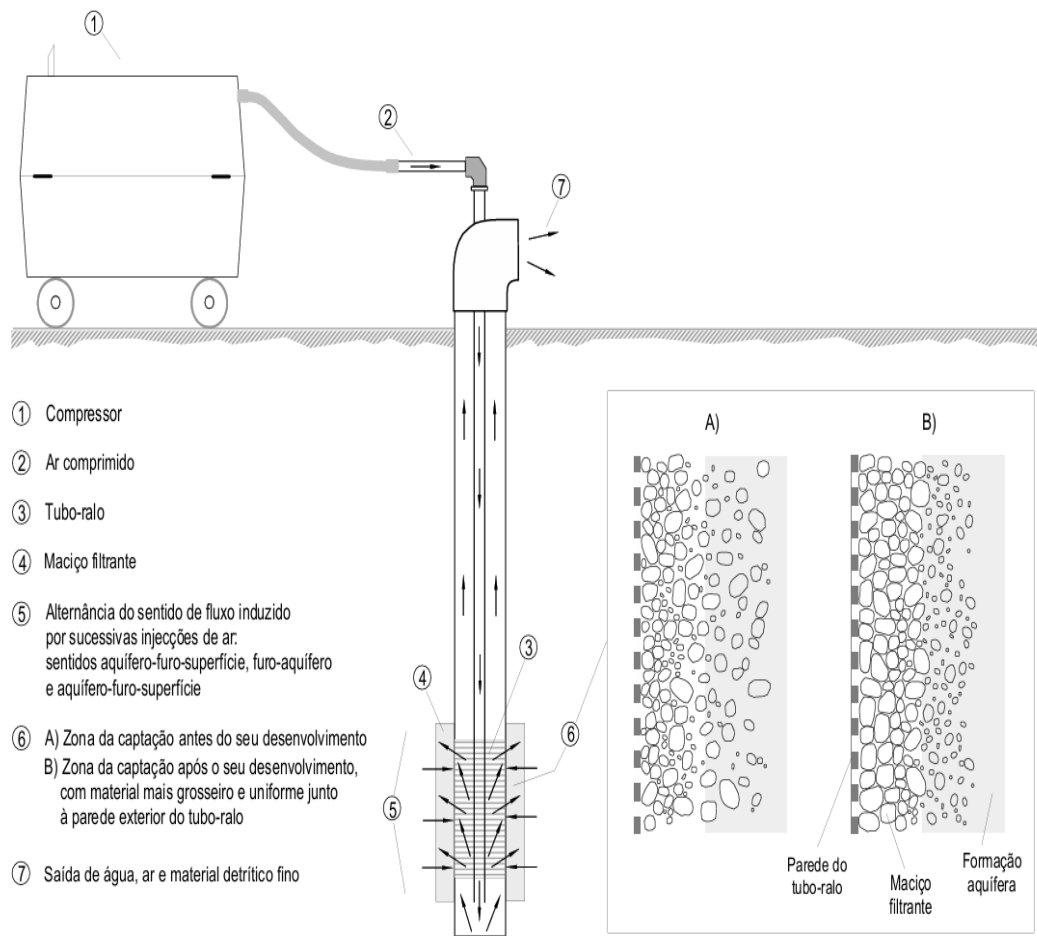


Figura 50: Limpeza e Desenvolvimento de uma Captação pelo método de Air-Lift (Comissão Sectorial para Água - CS/04, 2012).



Figura 51: Sonda de Perfuração (A), Covas de Lama (B), Amostras Litológicas (C). Processo de Perfuração para os Furos de Captação (Fonte: Autor)



Figura 52: Tubos de Revestimento PVC 165mm, classe 16 de fundo roscado (A), Processo de Revestimento dos furos (B). Fonte: Autor



Figura 53: Filtros usados no revestimento dos furos construídos (Fonte: Autor)



Figura 54: Limpeza e Desenvolvimento dos furos, usando o Método de Air-Lift (Fonte: Autor)

Anexo 2 – Cortes Litológicos dos furos

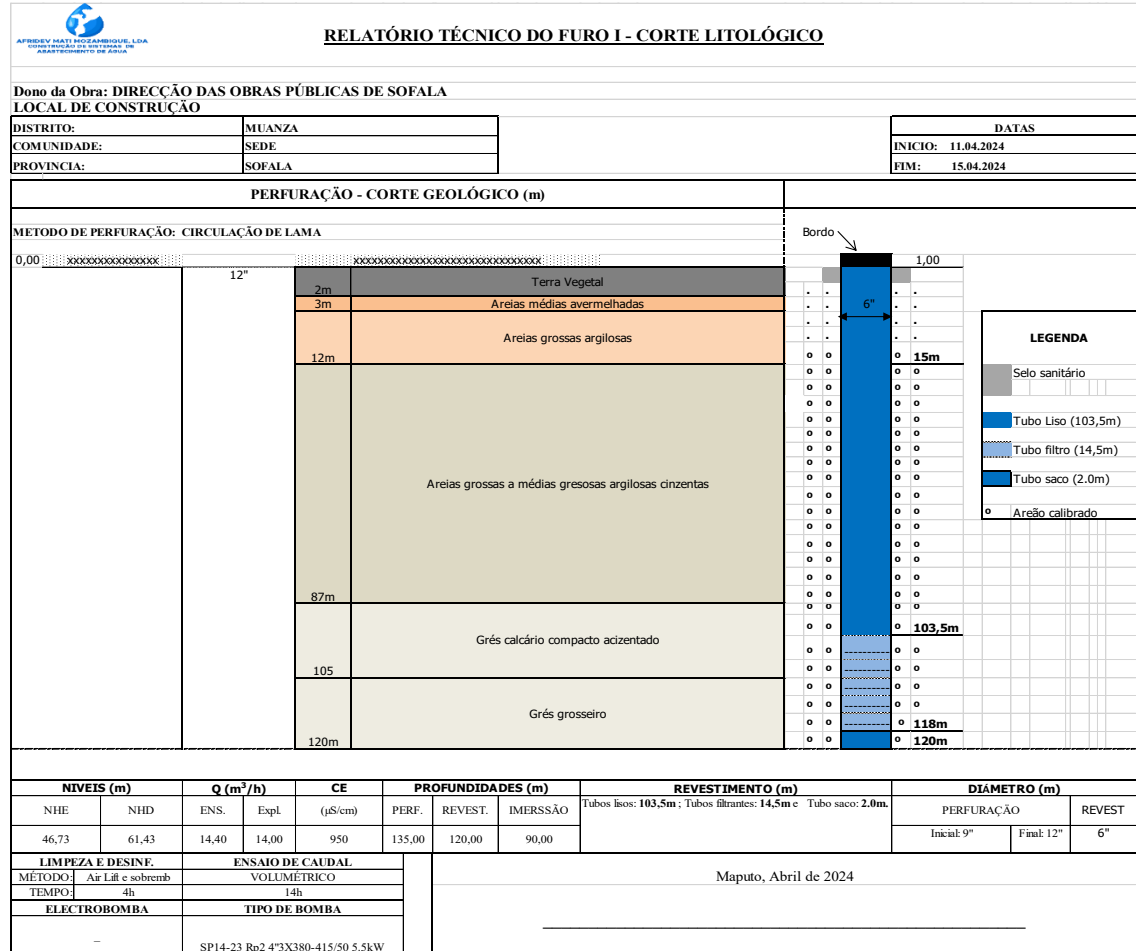


Figura 55: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 1 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

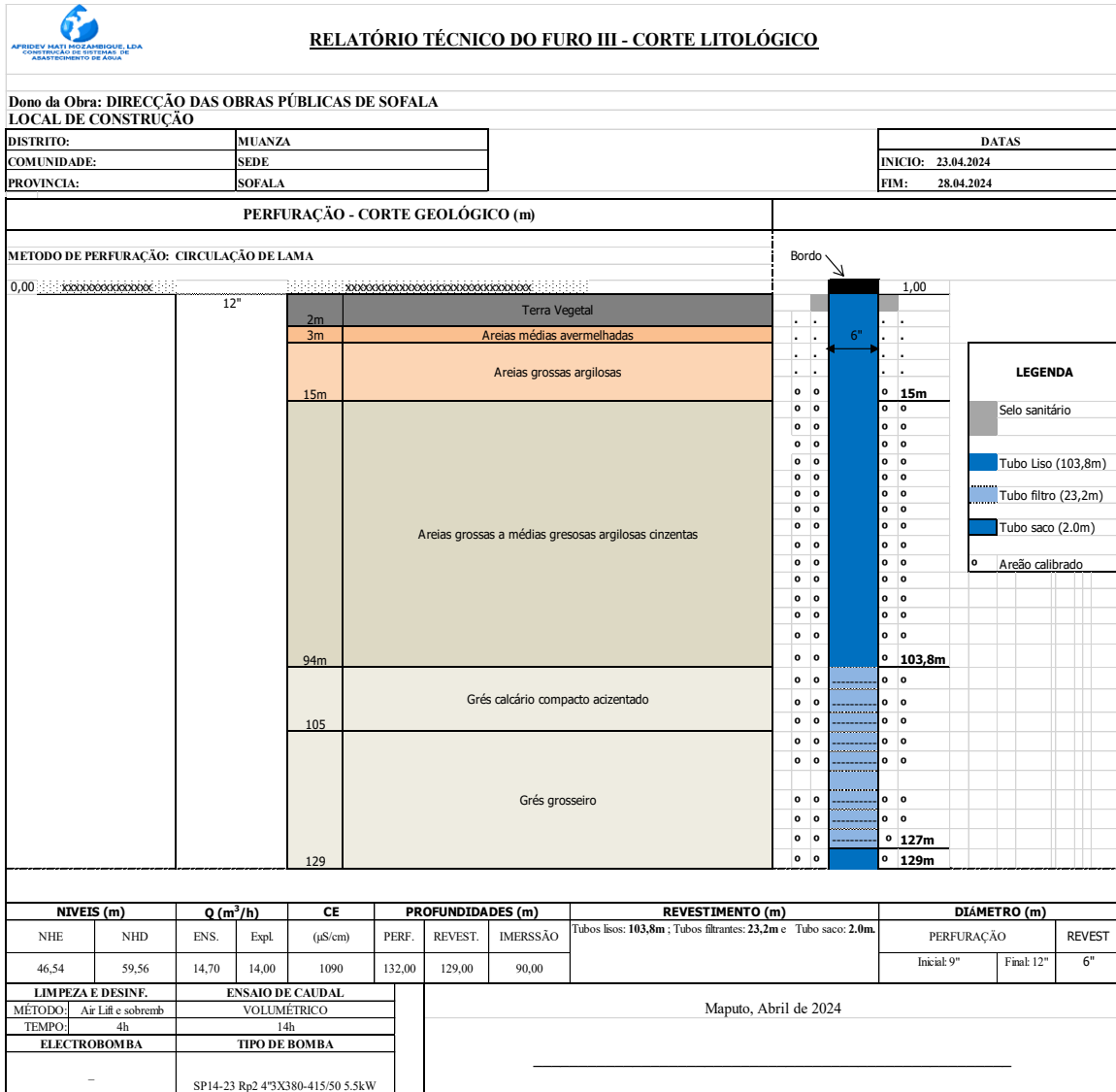


Figura 57: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 3 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

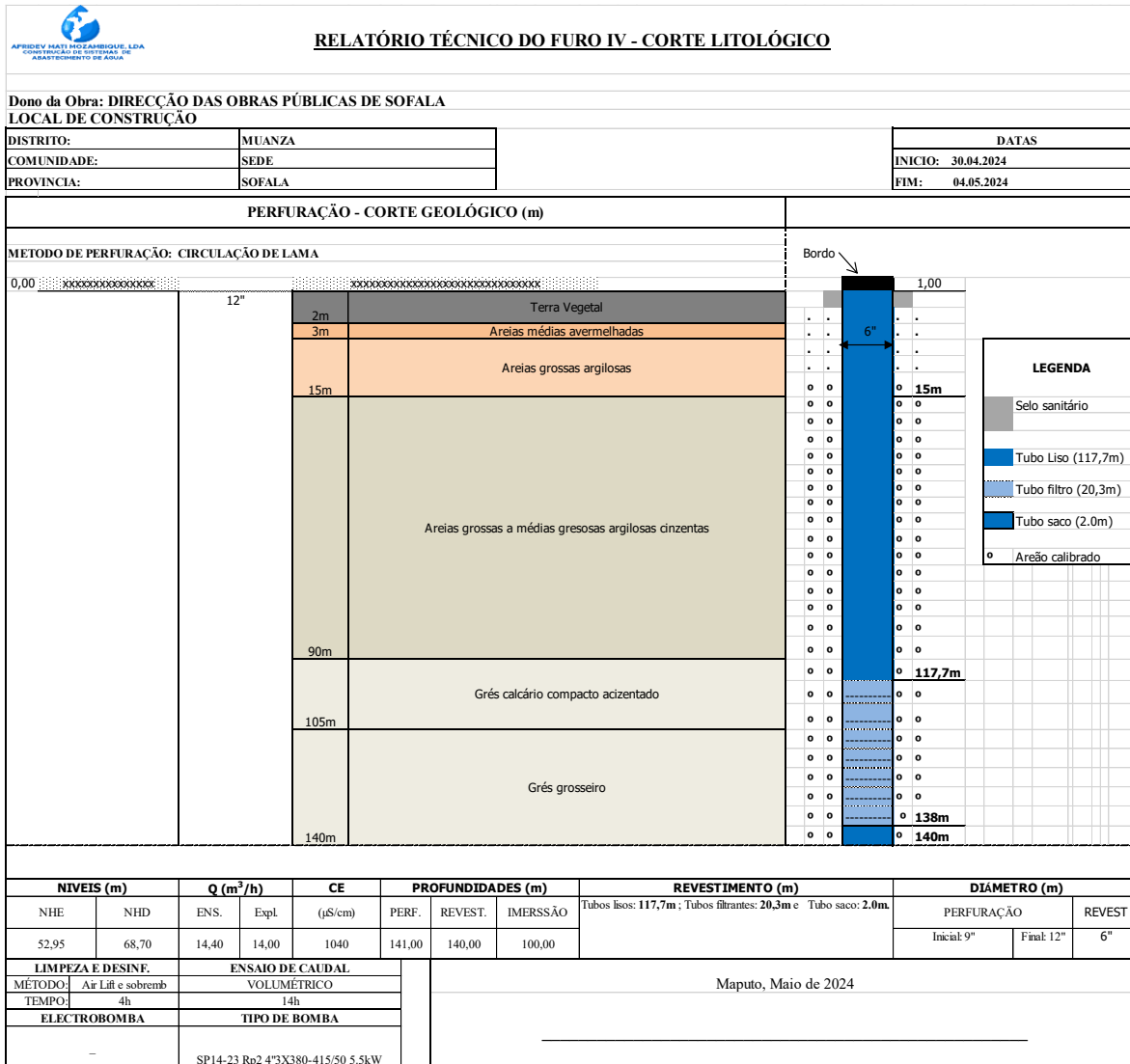


Figura 58: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 4 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

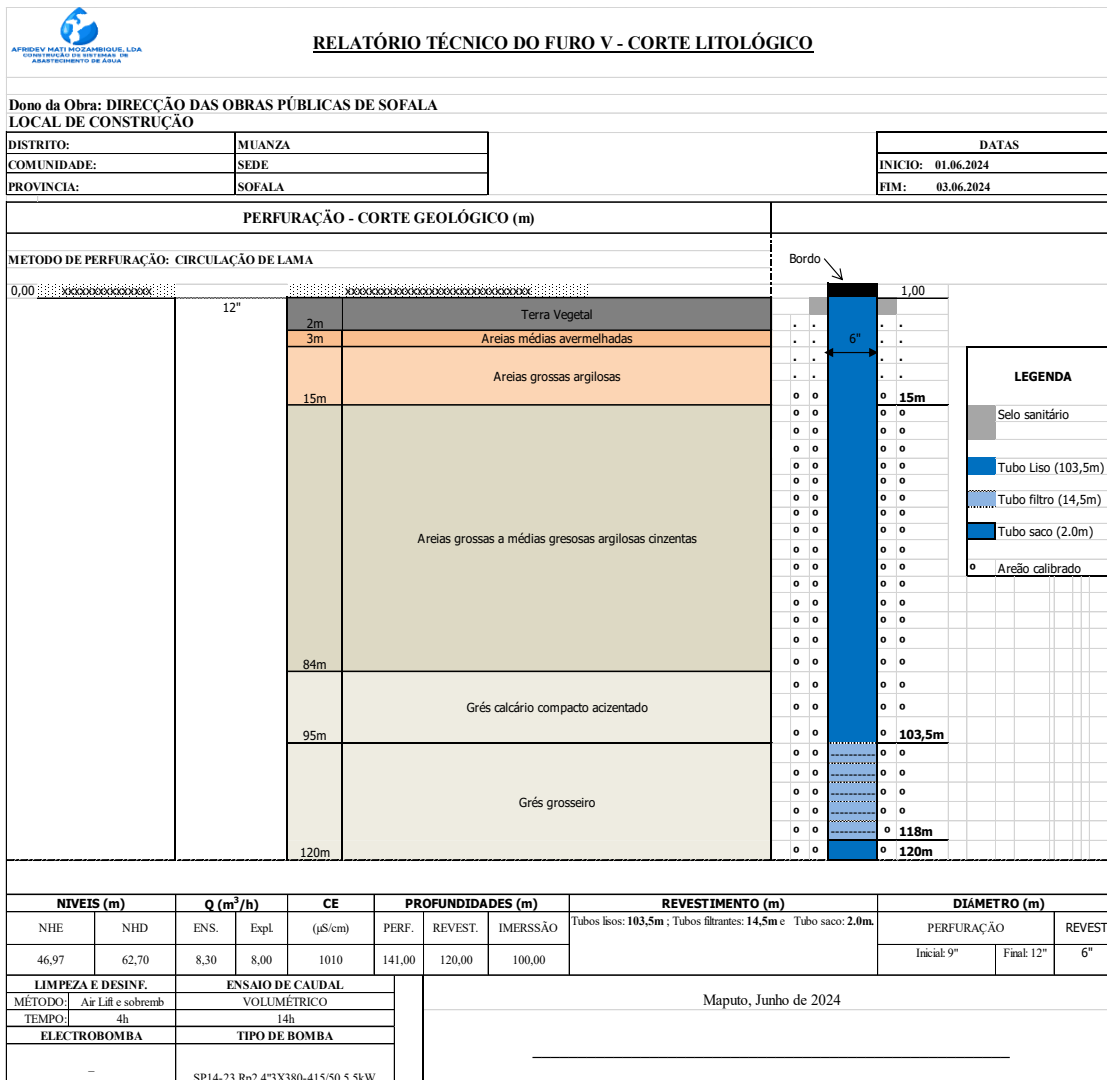


Figura 59: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 5 (Fonte:

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

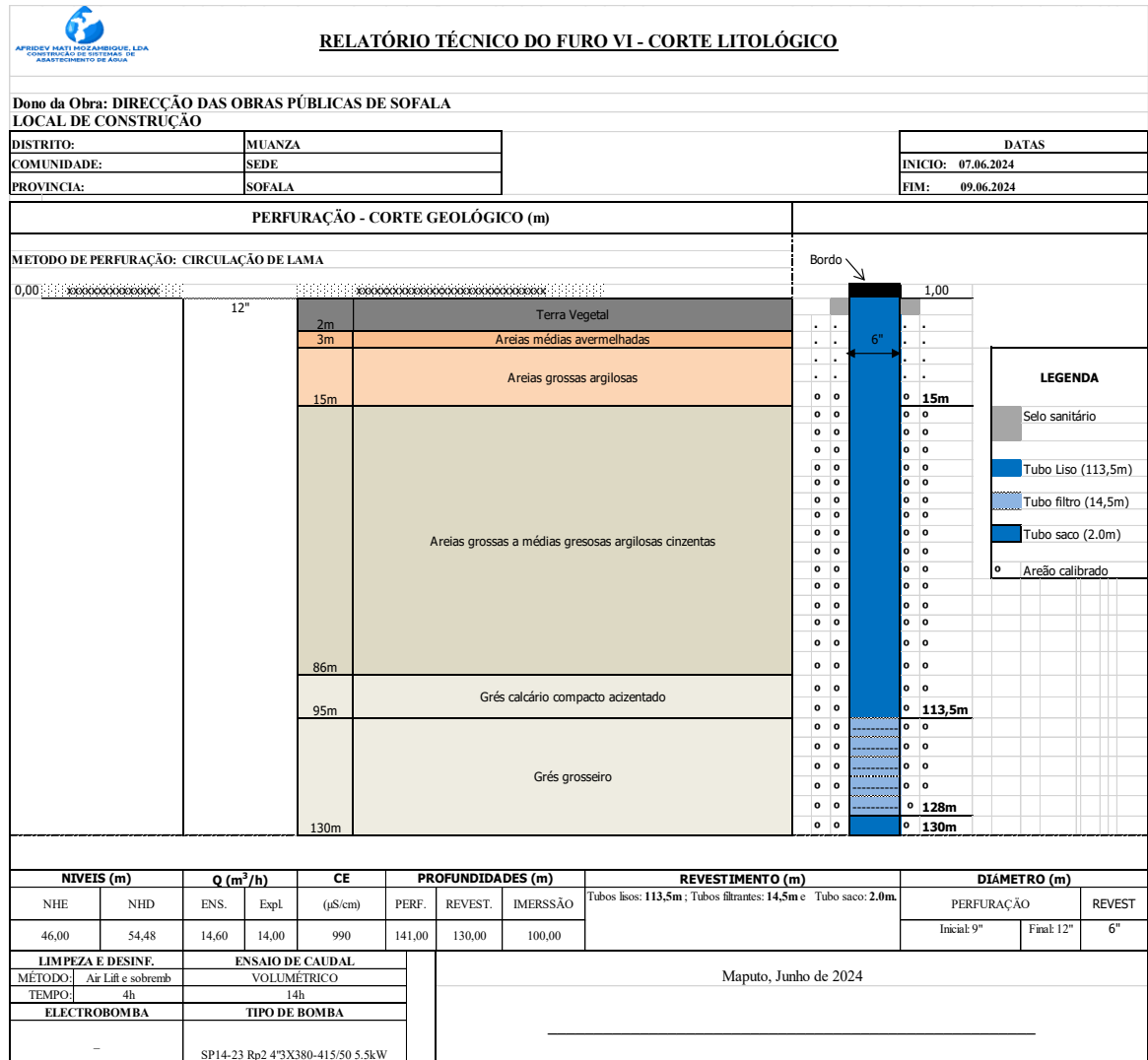


Figura 60: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 6 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

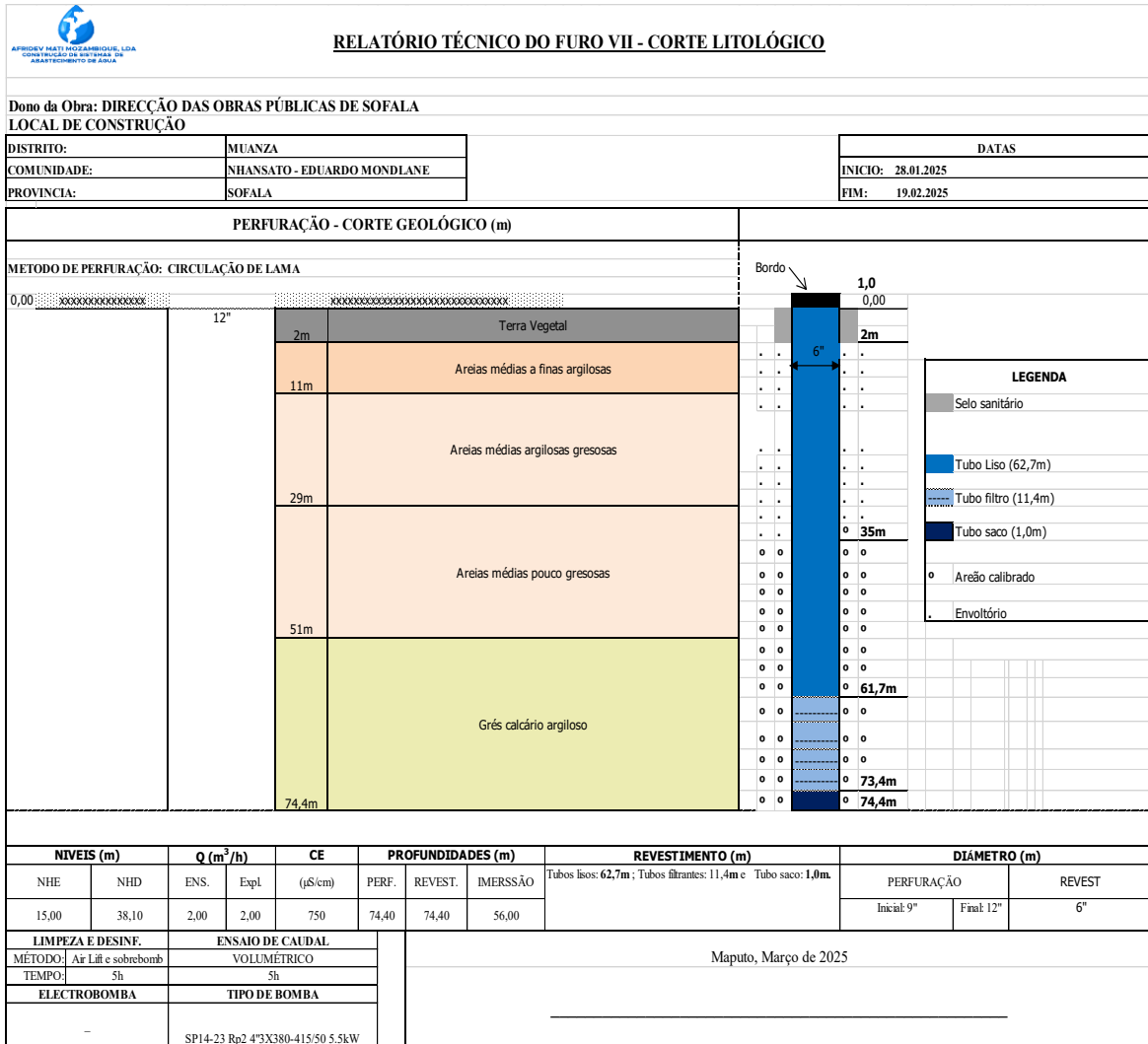


Figura 61: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 7 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

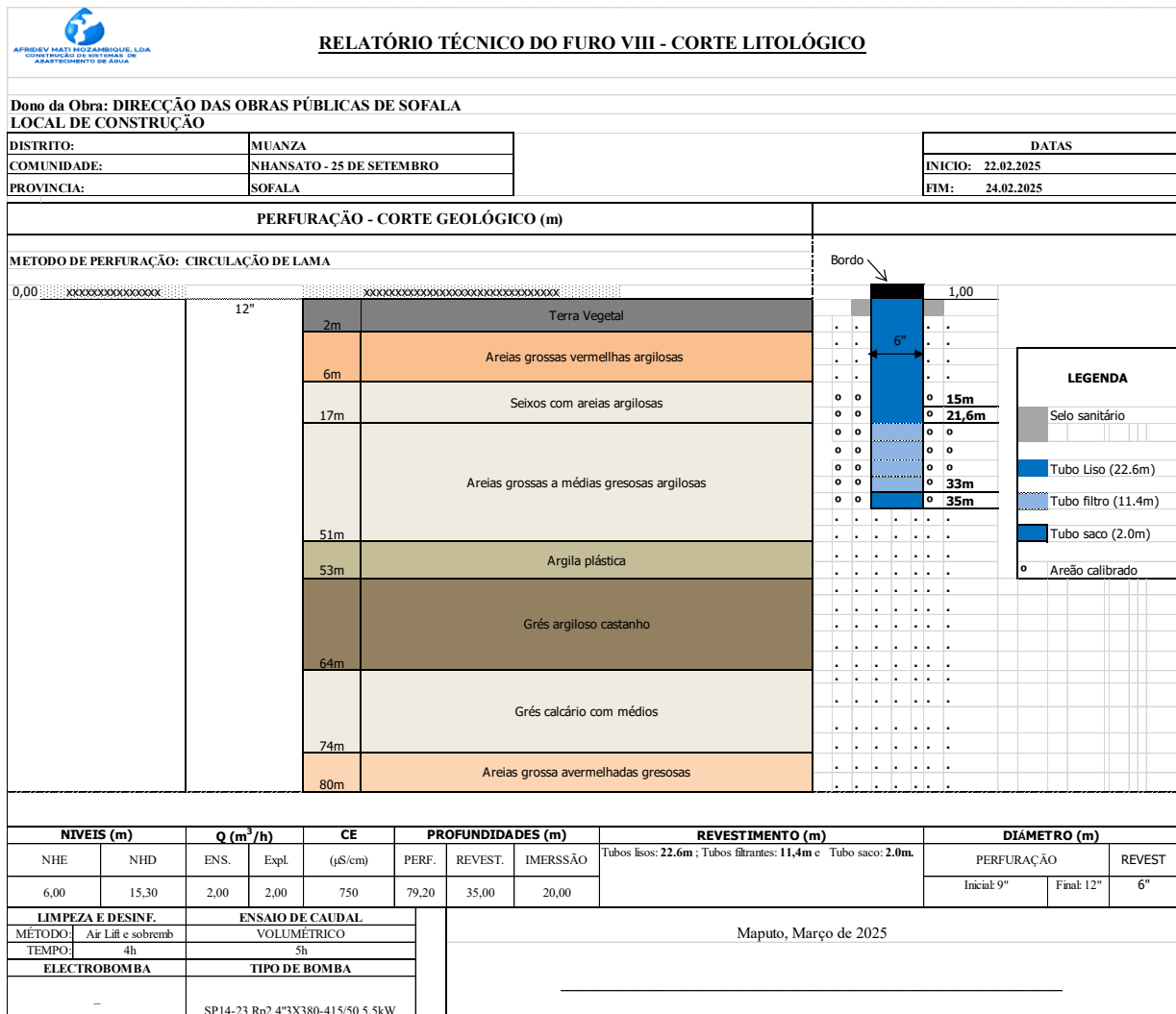


Figura 62: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 8 (Fonte: Autor).

OPTIMIZAÇÃO DE CAPTÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AQUÍFEROS DA SEDE DISTRITAL DE MUANZA, PROVÍNCIA DE SOFALA | 2025

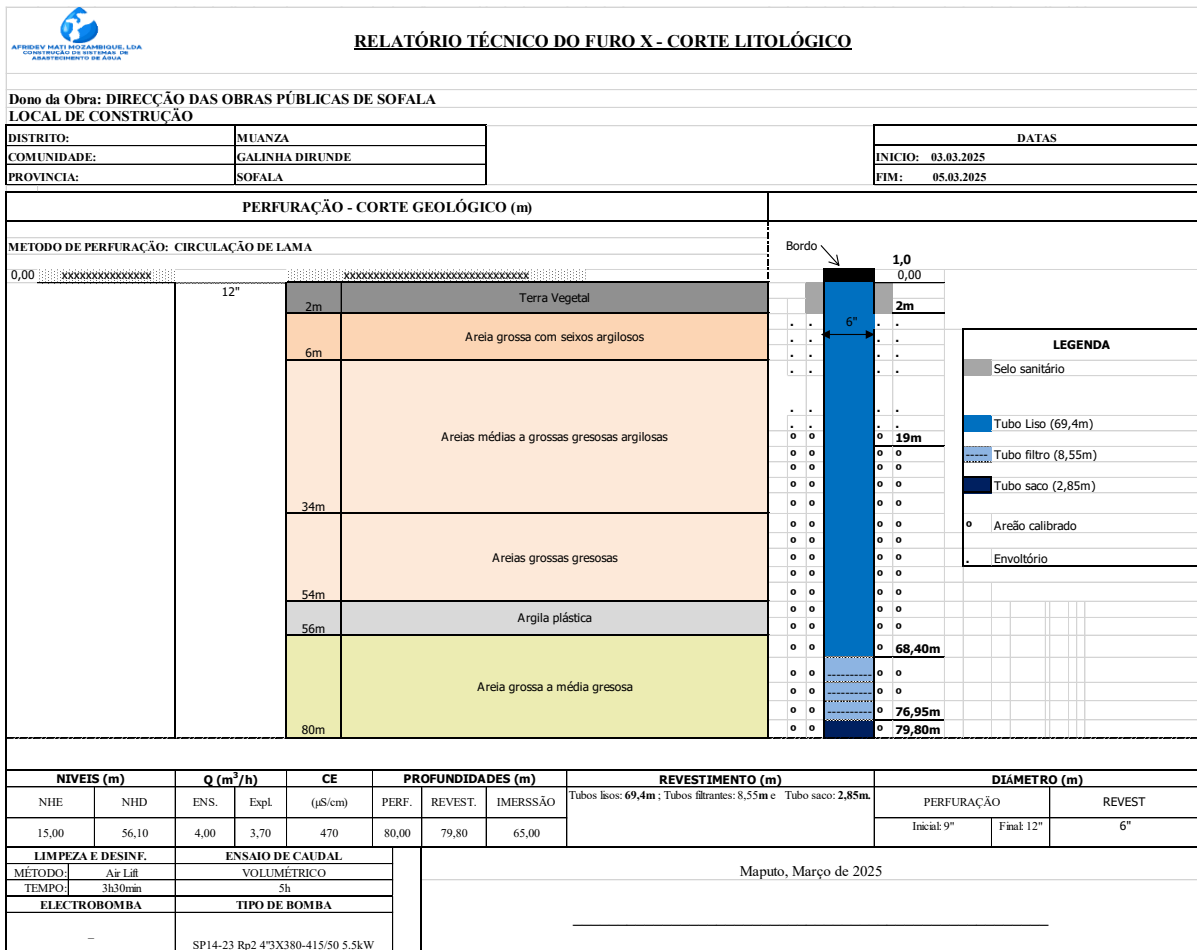


Figura 64: Sequência Estratigráfica e Coluna de Revestimento do Furo 10 (Fonte: Autor).

Anexo 3 – Mapas Geológicos Produzidos e Mapa de Variação da CE.

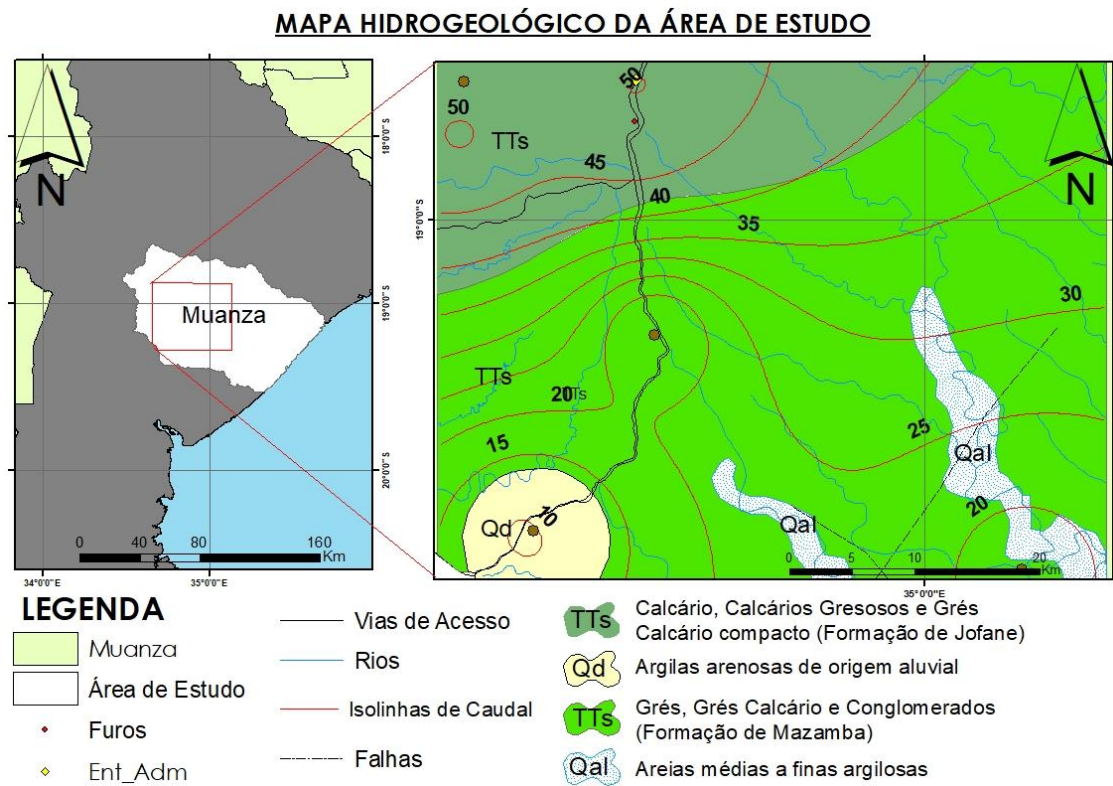


Figura 65: Mapa Hidrogeológico Criado da Área de Estudo Com Isolinhas de NHE

MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

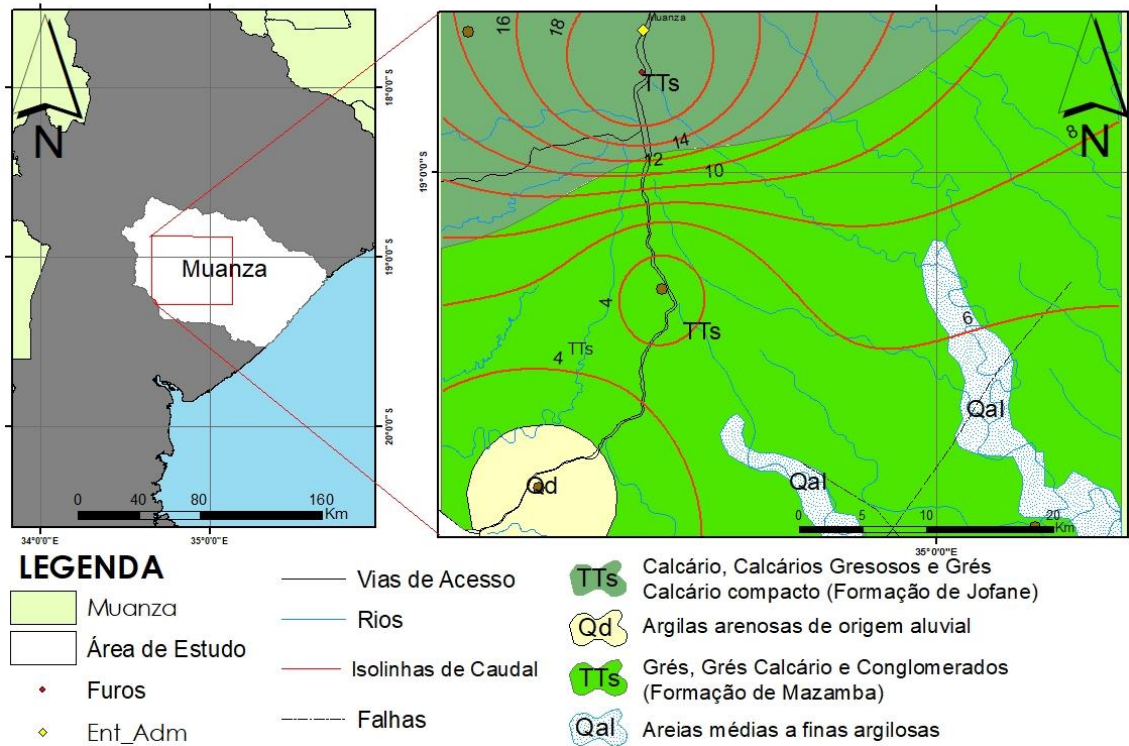


Figura 66: Mapa Hidrogeológico Criado da Área de Estudo Com Isolinhas de Caudal

MAPA DE CAUDAL DE EXPLORAÇÃO

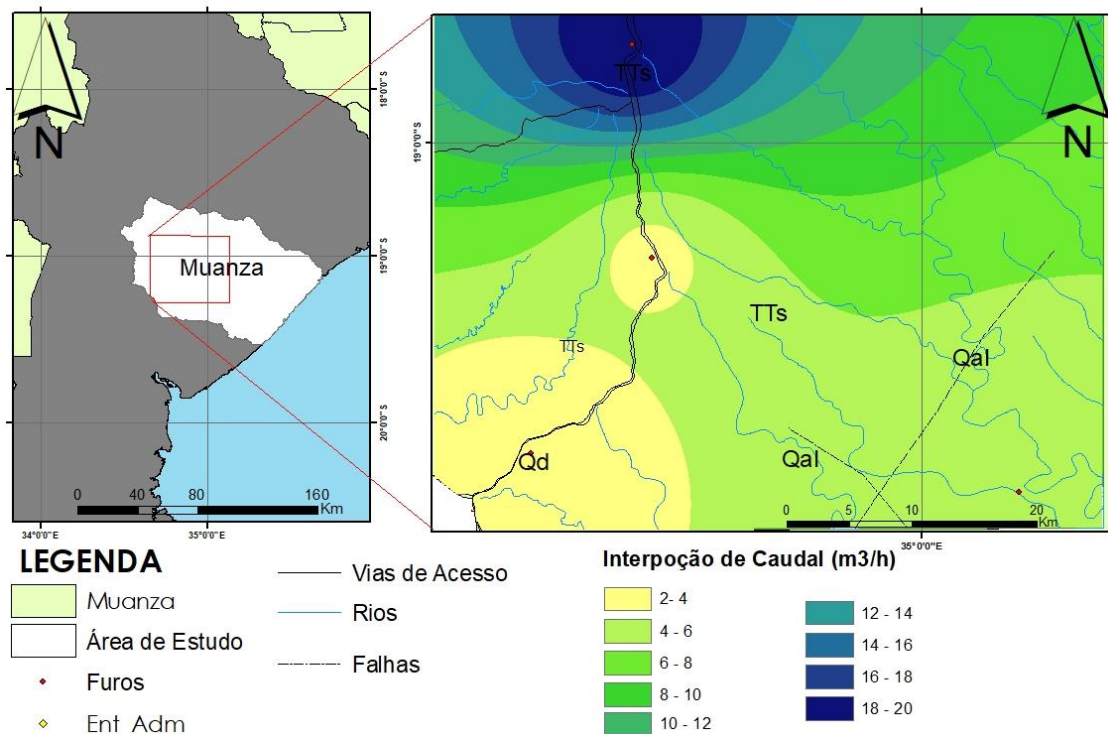


Figura 67: Mapa Com Interpolação de Caudal de Exploração

MAPA DE VARIAÇÃO DE CONDUCTIVIDADE ELÉCTRICA

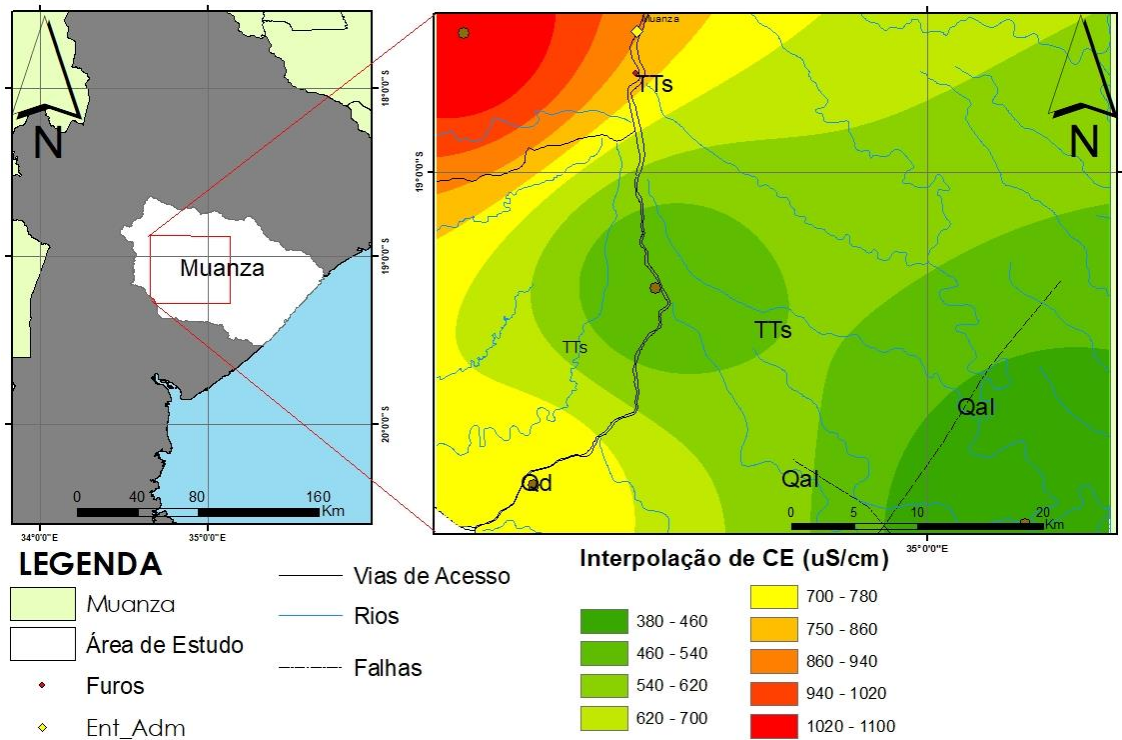


Figura 68: Mapa de Interpolação de Condutividade Eléctrica (Fonte: Autor).

Anexo 4 – Resultados Laboratoriais



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

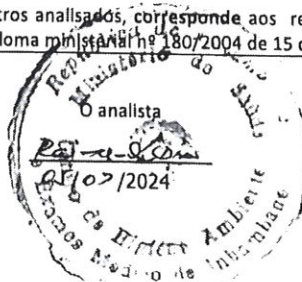
No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 1	Nº do Reg: 175/2024
Nome do Cliente: Afridev Mati Mozambique			
Entidade Requisitante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 13 : 30 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.4	7.32	8.5	
Condutividade	950	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.28		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	46.0		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	86.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	16.1		50	mg/l Mg++
Cálcio	20.0		50	mg/l Ca+
Parâmetros Microbiológicos				
Colifórmes				NMP/100ml
Colifórmes Totais:37°C;24/48h				
Colifórmes Fecais:44°C; 24h				Ausentes

JUIZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 2	Nº do Reg: 176/2024
Nome do Cliente: Afridev Mati Mozambique			
Entidade Requisitante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 14 : 25 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	

Parâmetros Físicos

PH	7.5	7.32	8.5	
Condutividade	1040	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.02		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			

Parâmetros Químicos

Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	53.1		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	90.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	15.3		50	mg/l Mg++
Cálcio	27.2		50	mg/l Ca+

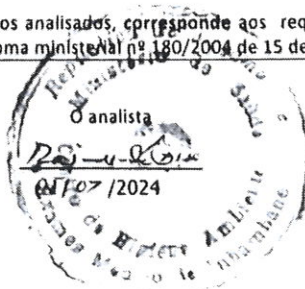
Parâmetros Microbiológicos

Coliformes		NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h		
Coliformes Fecais:44°C; 24h		Ausentes

JUÍZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 3	Nº do Reg: 177/2024
Nome do Cliente: Afridev Mati Mozambique			
Entidade Requisitante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 14 : 40 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.4	7.32	8.5	
Condutividade	1090	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.09		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insólido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	63.8		250	mg/l Cl
Amoniaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	82.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	11.0		50	mg/l Mg++
Cálcio	36.8		50	mg/l Ca+
Parâmetros Microbiológicos				
Coliformes				NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h				
Coliformes Fecais:44°C; 24h				Ausentes

JUZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 4	Nº do Reg: 178/2024
Nome do Cliente: Afridev Mati Mozambique			
Entidade Requirante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 16 : 10 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	

Parâmetros Físicos

PH	7.6	7.32	8.5	
Condutividade	1040	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.02		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Inspido			
Cheiro	Inodoro			

Parâmetros Químicos

Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	49.6		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	94.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	14.0		50	mg/l Mg++
Cálcio	38.4		50	mg/l Ca+

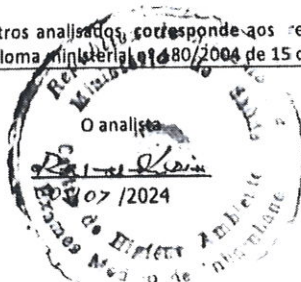
Parâmetros Microbiológicos

Coliformes		NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h		
Coliformes Fecais:44°C; 24h		Ausentes

JUÍZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 80/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

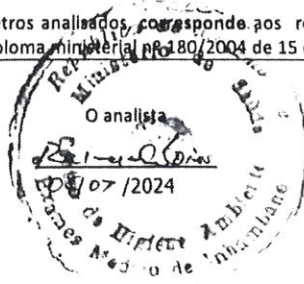
No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 5	Nº do Reg: 179/2024
Nome do Cliente: Afridev Mati Mozambique			
Entidade Requisitante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 16 : 25 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.5	7.32	8.5	
Condutividade	1010	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.39		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	57.0		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	98.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	15.1		50	mg/l Mg++
Cálcio	36.0		50	mg/l Ca+
Parâmetros Microbiológicos				
Coliformes				NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h				
Coliformes Fecais:44°C; 24h				Ausentes

JUÍZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO 6	Nº do Reg: 180/2024
Nome do Cliente: Afridev Matl Mozambique			
Entidade Requisitante: Afridev Matl Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito da Muanza – Sede do Distrito de Muanza			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Volume da Amostra: 1.5 L			
Data e Hora de Colheita: 30.06.2024			as 17 : 20 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 04.07.2024			as 07 : 25 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	

Parâmetros Físicos				
PH	7.4	7.32	8.5	
Condutividade	990	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.12		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			

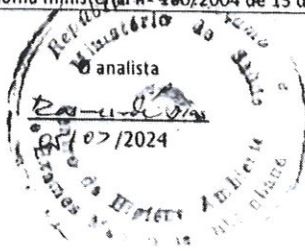
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	60.2		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	90.0		500	mg/l CaCO3
Magnésio	12.0		50	mg/l Mg++
Cálcio	42.4		50	mg/l Ca+

Parâmetros Microbiológicos	
Coliformes	NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h	
Coliformes Fecais:44°C; 24h	Ausentes

JUIZO

A amostra de água analisada segundo os parâmetros analisados, corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 40/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO	Nº do Reg: 51/2025
Nome do Cliente: DPOPS			
Entidade Requisitante: Afridev Matí Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito de Muanza – Bairro Dirunde			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Tipo da fonte: Furo			
Volume da Amostra: 500 ml			
Data e Hora de Colheita: 09.03.2025			as 15 : 40 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 12.03.2025			as 08 : 48 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson Massingue			

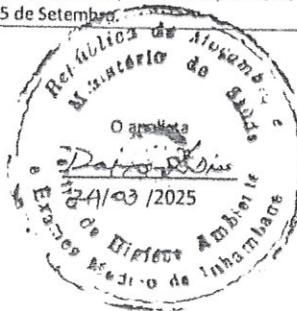
Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.3	7.32	8.5	
Condutividade	830	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.45		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	189		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	86.8		500	mg/l CaCO3
Magnésio	11.4		50	mg/l Mg++
Cálcio	40.4		50	mg/l Ca+

Parâmetros Microbiológicos		
Coliformes		NMP/100 ml
Coliformes Totais: 37°C; 24/48h		
Coliformes Fecais: 44°C; 24h		Ausentes

JUZO

A amostra de água analisada corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO	Nº do Reg: 49/2025
Nome do Cliente: DPOPS			
Entidade Requisitante: Afridev Maté Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito de Muanza – Bairro 25 de Setembro			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Tipo da fonte: Furo			
Volume da Amostra: 500 ml			
Data e Hora de Colheita: 09.03.2025			as 14 : 45 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 12.03.2025			as 08 : 48 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson Massingue			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.5	7.32	8.5	
Condutividade	750	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.83		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	142		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	141		500	mg/l CaCO3
Magnésio	28.0		50	mg/l Mg++
Cálcio	23.0		50	mg/l Ca+

Parâmetros Microbiológicos	
Coliformes	NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h	
Coliformes Fecais:44°C; 24h	Ausentes

JUÍZO

A amostra de água analisada corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.
OBS: O documento é válido por 3 meses.





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DA SAÚDE
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE HIGIENE DE ÁGUAS - INHAMBANE
BOLETIM DE ANÁLISE DE ÁGUA

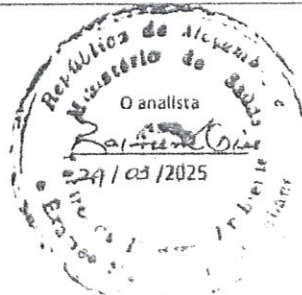
No da Ficha:	Código:	Subcódigo: FO	Nº do Reg: 48/2025
Nome do Cliente: DPOPS			
Entidade Requirante: Afridev Mati Mozambique			
Proveniência da Amostra: Província de Sofala, Distrito de Muanza – Bairro Eduardo Mondlane			
Tipo de Amostra: Água do Furo Destinada para o Consumo Humano			
Tipo da fonte: Furo			
Volume da Amostra: 500 ml			
Data e Hora de Colheita: 09.03.2025			as 14 : 30 Horas
Data e Hora de Chegada no Laboratório: 12.03.2025			as 08 : 48 Horas
Motivo de Análise: Controlo de Qualidade			
Responsável pela Colheita: Eng. Nelson Massingue			

Parâmetro Analisado	Resultado	Limite Admissível		Unidade
		Mínimo	Máximo	
Parâmetros Físicos				
PH	7.3	7.32	8.5	
Condutividade	750	50	2000	µs/cm
Depósito	Ausente		Ausente	
Turvação	0.19		5	NTU
Cor	Incolor		Incolor	
Sabor	Insípido			
Cheiro	Inodoro			
Parâmetros Químicos				
Nitritos	0.02		3	mg/l NO2
Nitratos	4.4		50	mg/l NO3
Cloretos	138		250	mg/l Cl
Amoníaco	0		1.5	mg/l NH4
Dureza Total	81.5		500	mg/l CaCO3
Magnésio	15.0		50	mg/l Mg++
Cálcio	20.2		50	mg/l Ca+
Parâmetros Microbiológicos				
Coliformes				NMP/100 ml
Coliformes Totais:37°C;24/48h				
Coliformes Fecais:44°C; 24h				Ausentes

JUIZO

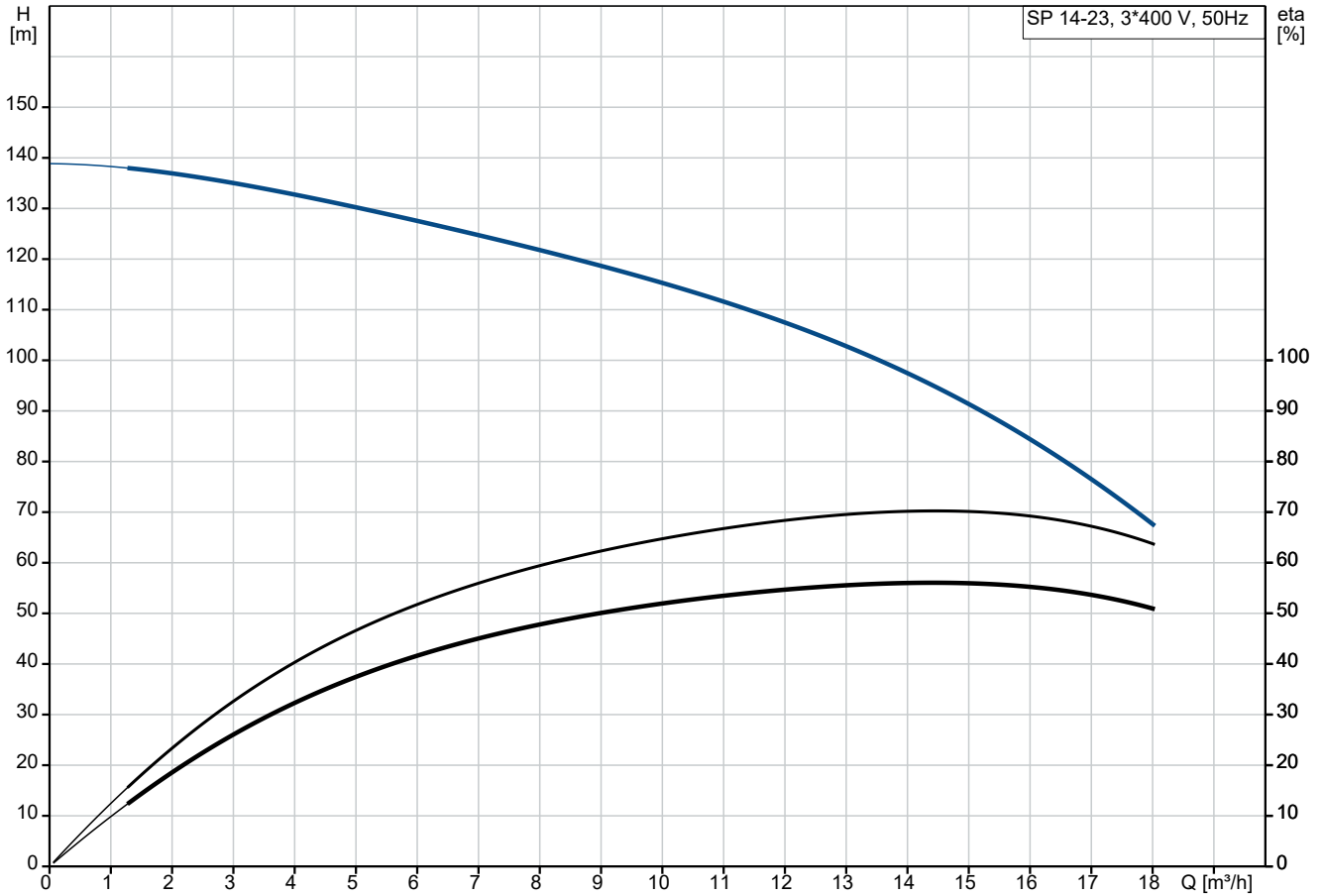
A amostra de água analisada corresponde aos requisitos de potabilidade, de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro.

OBS: O documento é válido por 3 meses.

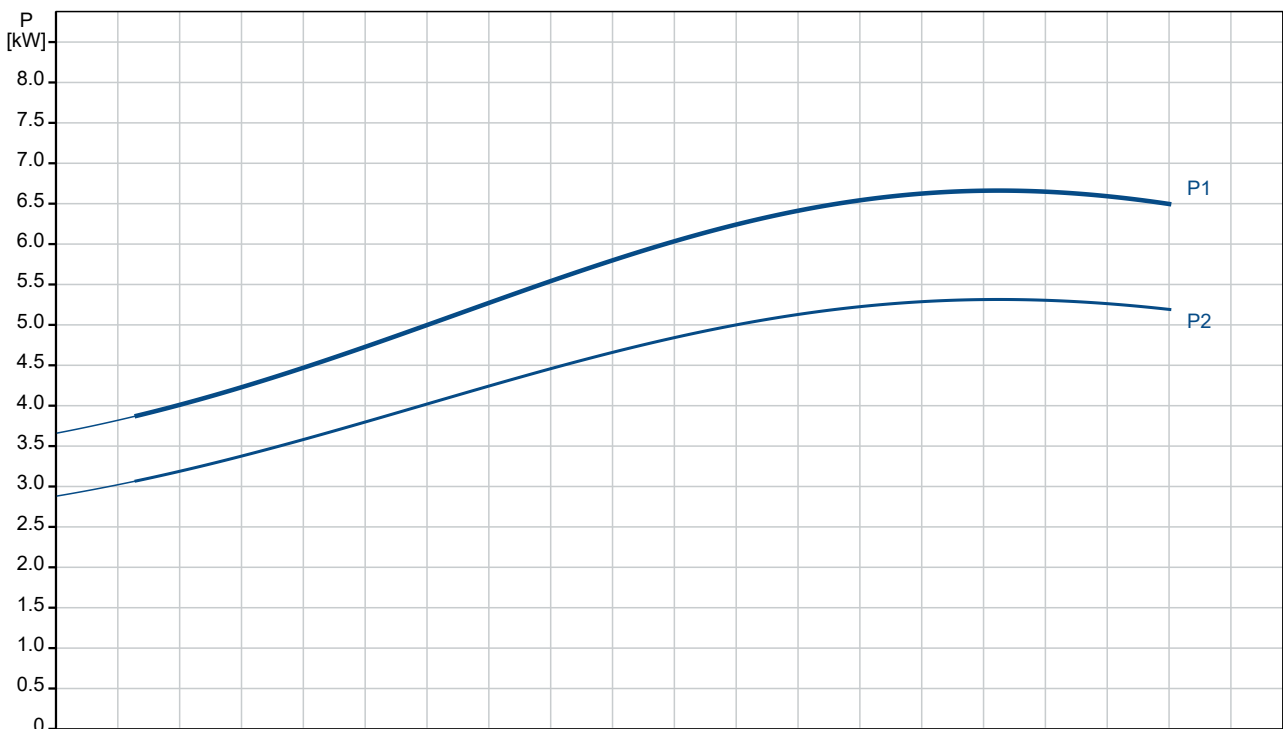


Anexo 5 – Curva característica da bomba usada (SP 14-23)

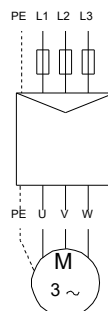
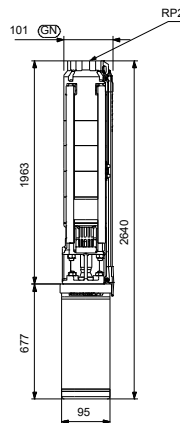
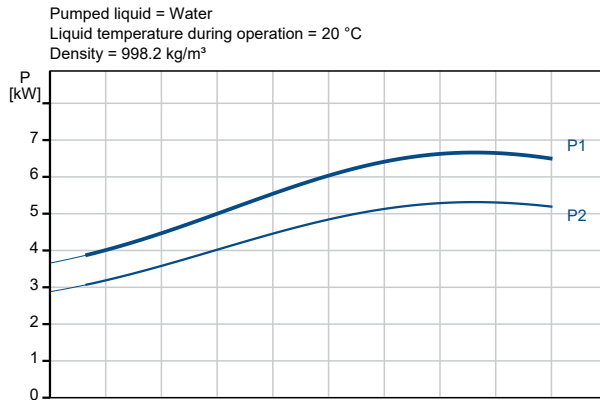
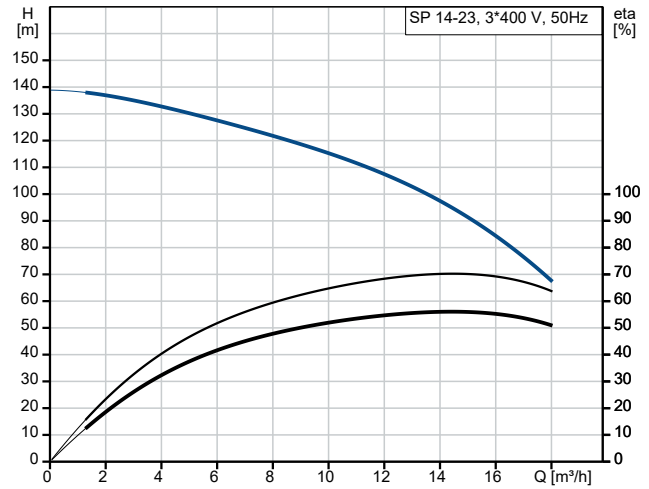
On request SP 14-23 50 Hz



Pumped liquid = Water
 Liquid temperature during operation = 20 °C
 Density = 998.2 kg/m³



Description	Value
General information:	
Product name:	SP 14-23
Product No:	On request
EAN number:	On request
Technical:	
Pump speed on which pump data are based:	2900 rpm
Rated flow:	14 m ³ /h
Rated head:	100.3 m
Stages:	23
Number of reduced-diameter impellers:	NONE
Approvals:	CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROC CO
Approvals for motor:	CE,EAC,C_UL_US_NSF372MOR OCCO,UKCA,SEPRO
Approvals for drinking water:	ACS,DM174
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B
Model:	B
Motor version:	T40
Return valve:	YES
Materials:	
Pump:	Stainless steel
Pump:	EN 1.4301
Pump:	AISI 304
Impeller:	Stainless steel
Impeller:	EN 1.4301
Impeller:	AISI 304
Motor:	Stainless steel
Motor:	EN 1.4301
Shaft seal:	HM/Ceramics
Installation:	
Maximum ambient pressure:	60 bar
Maximum operating pressure:	60 bar
Maximum outlet pressure:	14.2 bar
Type of connection:	Rp
Size of connection:	2 inch
Motor diameter:	4 inch
Minimum borehole diameter:	105 mm
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	-15 .. 40 °C
Selected liquid temperature:	20 °C
Density:	998.2 kg/m ³
Electrical data:	
Motor type:	MS4000
Motor flange design:	NEMA
Rated power - P2:	5.5 kW
Power (P2) required by pump:	5.5 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	3 x 380-400-415 V
Rated current:	13-13-13.4 A
Starting current:	470-500-510 %
Cos phi - power factor:	0.85-0.81-0.76
Rated speed:	2840-2860-2880 rpm
Method of start:	Direct-on-line (DOL)
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Built-in motor protection:	NONE



Anexo 6 – Decreto Ministerial nº 180/2004 (MISAU).

Anexo I

**Parâmetros de qualidade de água destinada ao consumo humano
e seus riscos para a saúde pública**

Parte A – Para a água tratada destinada ao consumo humano fornecida por sistemas de abastecimento público, redes de distribuição, caminhões ou navios cisternas, ou utilizada numa empresa da indústria alimentar.

1- Parâmetros microbiológicos

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Coliformes totais	Ausente	NMP*/ 100 ml N.º de colónias/ 100 ml	Doenças gastrointestinais
Coliformes fecais	Ausente	NMP*/ 100 ml N.º de colónias/ 100 ml	Doenças gastrointestinais
Vibrio cholerae	Ausente	1000 ml	Doenças gastrointestinais

(NMP): Número Mais Provável

2- Parâmetros físicos e organolépticos

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Cor	15	TCU	Aparência
Cheiro	Inodoro		Sabor
Condutividade	50-2000	µhmo/cm	
pH	6,5-8,5		Sabor, corrosão, irritação da pele
Sabor	Insípido		
Sólidos totais	1000	mg/l	Sabor, corrosão
Turvação	5	NTU	Aparência, dificulta a desinfecção