



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DA QUALIDADE DE ÁGUA E DIMENSIONAMENTO DE
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA FINS DE ABASTECIMENTO
DO CONSUMO HUMANO NO RIO MUTAMBA, DISTRITO DE JANGAMO NA
PROVÍNCIA DE INHAMBANE**

Monografia apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em
Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor: Prestrelo Abílio Mabecua

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue

Chókwè, Setembro de 2017



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de licenciatura de monografia científica sobre Avaliação do índice da qualidade de água e dimensionamento de uma estação de tratamento de água para fins de abastecimento do consumo humano no rio Mutamba, distrito de Jangamo na província de Inhambane, apresentado ao curso de engenharia hidráulica agrícola e água rural na divisão de agricultura do instituto superior politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em engenharia hidráulica e água rural.

Autor: Prestrelo Abílio Mabécua

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue

Chókwé, Setembro de 2017

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	ii
ÍNDICE DE APÊNDICES.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	iv
DECLARAÇÃO	v
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Problema e Justificação.....	2
1.2. Objectivos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Índice de Qualidade de Água	4
2.2. Qualidade da água superficial.....	6
2.3. Dimensionamento de estação de tratamento e abastecimento de água	9
2.3.1.Dimensionamento de Estação de Bombagem.....	9
3.METODOLOGIA.....	20
3.1. Descrição da Área de Estudo	20
3.1. Proceder o monitoramento da qualidade de água no rio Mutamba.....	22
3.2. Recolha das amostras	24
3.3. Localização dos Pontos de Amostragem.....	24
3.4. Determinar o grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água	26
3.5. Dimensionar uma Estação de tratamento de água de acordo com a qualidade de água do rio Mutamba	27
3.6. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	30
4.RESULTADOS.....	31
4.1. Qualidade de água no rio Mutamba	31
4.3. Dimensionamento da ETA.....	33
5.DISSCUSSÃO	34
5.1. Qualidade de água no rio Mutamba	34
5.3. Dimensionamento da ETA.....	43
6.CONCLUSÃO	45

7. RECOMENDAÇÕES	46
LISTA BIBLIOGRÁFICA	47
APÊNDICES	50
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas-----	5
Figura 2: Mapa da área em estudo, distrito de Jangamo-----	21
Figura 3: Fotografia aérea do local em estudo, do rio Mutamba até Jangamo-sede-----	22
Figura 4: Frasco para a colecta, físicos e químicos -----	23
Figura 5: Frasco para microbiológicos-----	23
Figura 6: Colecta de água no rio-----	24
Figura 7: Localização dos pontos de Amostragem-----	25
Figura 8: Esquema de representação dos pontos de colecta de água-----	26
Figura 9: Qualidade de água dos parâmetros pH, Condutividade e Solidos dissolvidos-----	34
Figura 10: Qualidade de água em cada ponto do parâmetro Turvação-----	35
Figura 11: Qualidade de água dos parâmetros Cálcio, Magnésio e DBO-----	36
Figura 12: Qualidade de água dos parâmetros Ferro total e Fosforo total-----	37
Figura 13: Qualidade de água dos parâmetros Oxigenio Dissolvido e Nitrogenio total-----	38
Figura 14: Qualidade de água dos parâmetros Coliformes Fecais e Totais-----	39
Figura 15: Qualidade de água em cada ponto do parâmetro E.Coli-----	40
Figura 16: Índice de Qualidade de água em cada mês-----	41
Figura 17: Índice de Qualidade de água em cada ponto-----	42
Figura 18: Curvas de Nivel da area do projecto (Comunidade de Jangamo-sede)-----	94
Figura 19: Esquema de sistema de abastecimentoa de água da comunidade de Jangamo-Sed----	94
Figura 20: Esquema de rede de distribuição de água da comunidade de Jangamo-Sede-----	95
Figura 21: Diagrama de seleção de bombas-----	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros e Pesos relativos do IQA-----	6
Tabela 2: Classificação do índice de qualidade de água-----	6
Tabela 3: Parâmetros físicos de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)-----	7
Tabela 4: Parâmetros químicos de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)-----	8
Tabela 5: Parâmetros de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)-----	9
Tabela 6: Material necessário para a colecta das amostras-----	24
Tabela 7: Localização dos pontos de Amostragem-----	25
Tabela 8: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Fevereiro-----	31
Tabela 9: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Março-----	31
Tabela 10: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Abril-----	32
Tabela 11: Resultados do IQA dos meses-----	32
Tabela 12: Resultados do IQA dos pontos-----	32
Tabela 13: Resultados de cada etapa da ETA-----	33
Tabela 14: Média dos três meses-----	41
Tabela 15: Índice de qualidade de água em cada um dos pontos-----	41
Tabela 16: Composição das linhas de sucção e recalque-----	72
Tabela 17: Composição da linha de sucção-----	73
Tabela 18: Composição da linha de recalque-----	73
Tabela 19: Resultados de espaçamento entre as chicanas e velocidades nos trechos-----	79

Tabela 20: Resultados de câmaras de floculação, Gradiente de Velocidade-----	81
Tabela 21: Características granulométricas do material filtrante-----	85
Tabela 22: Resumo de dimensionamento da rede ramificada com traçado em grelha-----	93
Tabela 23: Dimensões da garganta (Calha Parshall)-----	96
Tabela 24: Pressão atmosférica em função da altitude-----	96
Tabela 25: Pressão de vapor da água, em m, para diferentes temperaturas-----	97

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE 1: Detalhe da determinação do grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água-----	50
APÊNDICE 2: Detalhes do Dimensionamento de uma Estação de tratamento de água de acordo com a qualidade de água do rio Mutamba-----	70
APÊNDICE 3: Dimensionamento do Reservatório-----	88
APÊNDICE 4: Dimensionamento da rede de distribuição-----	92

LISTA DE ABREVIATURAS

cel – células

CETESB – Companhia de tecnologia ambiental do estado do São Paulo, Brasil

CONAMA – Conselho Nacional de meio ambiente

DBO – Demanda bioquímica de oxigénio

DNA - Direcção nacional das águas

EHAAR – Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

ETA – Estação de tratamento de água

IQA – Índice de qualidade de água

LMA – Limite máximo admissível

LNHAA – Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos

mg/l – miligrama/litro

NMP - Número Mais Provável

NTU - Unidade Turbidimétrica.

OD – Oxigénio dissolvido

OMS – Organização mundial da saúde

pH – potencial de hidrogénio

PPM – Parte por milhão

SDPI – Serviço distrital de planeamento e infra-estruturas

TCU – Unidade da cor verdadeira (True Colour Unit)

ufc – unidades formadoras de colónias



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Chókwé, ____ de _____ de _____

(Prestrelo Abílio Mabécua)

AGRADECIMENTOS

A DEUS todo-poderoso pela vida quotidiana. Aos meus Pais, Abílio Licuruane Mabécua e Télia André Vilanculos, pelo apoio incondicional e pela confiança demonstrada ao longo de minha formação pessoal e profissional e as minhas irmãs Cardina da Télia, Sânia Abílio e Tudy da Maira pelo apoio e carinho prestado. A minha namorada Elcidia Dinis Macuacua pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos em que estive ausente pela realização deste trabalho.

Os meus Avós Maternos André e Eugénia, também aos Vovós Felimão e Sara, que estiveram comigo em todos momentos e deram muito apoio durante a caminhada.

Ao docente Mário Tauzene Afonso Matangue pelo grande apoio e pela orientação no presente trabalho, aos docentes Eng^a Philipa Ncube, Eng Tawanda, dr Couve, Eng Moiane, Eng Lateiro Salvador de Sousa, Eng Maloa, Eng Moisés Buduio, Eng Botelho Ferro pelos ensinamentos durante a formação. Aos técnicos do laboratório nacional Adelino e Raimundo, ao Engenheiro Dias da ARA-SUL pela colaboração. Aos meus amigos e colegas de turma, por esses anos de parceria e amizade, em especial a Abílio Naftal, Algardas Mabunda, Nivaldo Machava, Mariano de Sousa, Melito Avalinho, Heralde Pedro, Henriques Jacinto e a outros de EHAAR 2012 e 2013 pelo apoio e suporte durante caminhada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Atarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”. Artur Schopenhauer

RESUMO

O presente trabalho objectivou-se avaliar o índice de qualidade de água e dimensionamento de estação de tratamento de água no distrito de Jangamo na Província de Inhambane, fez-se um monitoramento da qualidade de água no rio Mutamba para fins do consumo humano, em cinco pontos no rio num período de três meses. Colectou-se amostras de água durante três meses num total de trinta amostras, sendo determinadas 17 variáveis (Turbidez; pH; Temperatura; Magnésio; Cor; Sólidos dissolvidos; Deposito; Cálcio; Cloro; Ferro total; DBO; Fósforo total; Nitrogénio total; Oxigénio dissolvido Coliformes fecais; Coliformes totais; Escherichia Coli). As análises de qualidade de água foram feitas no laboratório Nacional de Higiene Águas e alimentos, onde os parâmetros que estão fora dos padrões de potabilidade requeridos pelo diploma ministerial n^o 180/2004 são: o Magnésio no ponto 5 teve 58.67mg/L, a Turvação no ponto 1 teve 10UT, ambos no mês de Fevereiro, e os Parâmetros microbiológicos Coliformes fecais, Coliformes Totais e Escherichia Coli nos três meses tiveram na maioria dos pontos valores acima de 100ufc/100mL. Calculou-se o índice de qualidade de água (IQA), os valores Nitrogénio total e Oxigénio dissolvido foram adotados, pelo facto de não ter-se conseguido analisar no Laboratório por falta de fundos, o IQA obteve-se pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, contudo o IQA é BOM. Dimensionou-se uma Estação de tratamento de água de acordo com a qualidade de água do rio com as seguintes etapas Calha parshall com Gradiente = $858.59S^{-1}$; Floculação hidráulica com Gradiente = $23.7S^{-1}$ na primeira câmara de $20S^{-1}$, $G= 57.5S^{-1}$ na segunda câmara de $50S^{-1}$, e $G=76.7S^{-1}$ na terceira câmara de $70S^{-1}$; Sedimentação com Gradiente = $12S^{-1}$, Filtração com a área do filtro = $410.4m^2$ e a Desinfecção com volume do deseador = $50m^3$.

Palavras-Chave: *Avaliação, Qualidade, Índice, Dimensionamento e água*

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável à vida, sendo uma das principais substâncias ingeridas pelo ser humano, porém, um recurso limitado e de valor económico, a sua escassez pode ocorrer, tanto por condições climáticas/ hidrológicas e hidrogeológica ROSA et al (2008). Os Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que serve para facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores. (GASTALDINI e SOUZA, 1994).

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva já contém impurezas do próprio ar. Ao atingir no solo seu poder de dissolver e conduzir substâncias altera ainda mais suas qualidades. Para a espécie humana, a qualidade de água para consumo é fundamental, já que em condições impróprias de consumo existe um grande risco de surtos de doenças por veiculação hídrica. A água no meio urbano normalmente possui uma qualidade superior à água utilizada no meio rural, devido ao maior controle de sua qualidade pelo órgão distribuidor. No meio rural esse controle é frequentemente negligenciado. Desta forma é fundamental ampliar o monitoramento da qualidade da água no meio rural, onde grande parte da população não é abastecida por empresas de saneamento e ela geralmente é obtida por sistemas individuais e alternativos de abastecimento, sendo mais comuns os poços artesianos, cisternas, cacimbas, entre outros. (CASALI, 2008)

Segundo BATALHA (1977), A água potável não deve conter microorganismos patogénicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Os indicadores de contaminação fecal, tradicionalmente aceites, pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes. Nesse contexto, o objectivo do presente trabalho é avaliar o índice da qualidade de água para fins de abastecimento do consumo humano na comunidade rural de Mutamba distrito de Jangamo, na província de Inhambane, dimensionar uma estação de tratamento de água para a comunidade e indicar os parâmetros de água que estejam dentro dos limites admissíveis ao consumo humano de acordo com o Diploma ministerial nº 180/2004 sobre o regulamento da qualidade de água do Ministério da Saúde.

1.1.Problema e Justificação

A água pode representar um importante meio de transmissão de doenças. Entretanto, não basta que as populações apenas disponham de água, é necessário também que essa água se caracterize por ter um mínimo de qualidade. A água sem qualidade, ou seja, contaminada por algum agente patogénico como contaminação por coliformes fecais, metais pesados e outros poluentes que afectam de forma mais expressiva as actividades que se utilizam dos recursos do rio Mutamba pode conduzir a prejuízos na saúde ou mesmo levar a outros efeitos negativos. De um modo geral o abastecimento de água a população deve obedecer parâmetros ou seja um padrão de qualidade de água, que este é obtido a partir de análises laboratoriais, a que quantifica o número de metais pesados e a da matéria orgânica presente em água que possivelmente possa perigar a vida e a saúde humana. Para o efeito em cada país tem um padrão limite de impurezas admissíveis que devem estar contidas em água para o consumo humano havendo desta forma leis que ditam os parâmetros admissíveis e aceitáveis com o mínimo de segurança para a saúde humana. (CASALI, 2008)

O problema de estudo é que a comunidade de Mutamba não tem um sistema de tratamento e abastecimento de água. Conhecer o índice da qualidade de água no rio Mutamba, os estudos para o conhecimento do índice de qualidade de água de rios no País não é satisfatório.

A população da comunidade de Mutamba percorre grandes distâncias a procura de água potável para o consumo. O crescimento demográfico da população e o desenvolvimento económico da comunidade de Mutamba origina a uma projecção de sistema de abastecimento de água convencional para o consumo humano.

A escolha do distrito de Jangamo (comunidade de Mutamba) para realização do estudo deve-se ao facto de a comunidade não possuir um sistema de tratamento de água convencional e não existirem estudos sobre o índice de qualidade de água do rio. Visto que o rio é de regime permanente (água a todo ano) far-se-á análise do índice de qualidade de água para fins de abastecimento ao consumo humano para possivelmente encurtar a distância dos utentes e daí a necessidade de compatibilizar o desenvolvimento económico e o uso sustentável dos recursos hídricos.

Irá avaliar-se o índice de qualidade de água na comunidade rural de Mutamba no rio Mutamba distrito de Jangamo, para minimizar a escassez da água para o abastecimento nesta zona pois a população percorre grandes distâncias a busca de água para o consumo humano.

1.2. Objectivos

1.2.1. Geral:

- Avaliar o índice de qualidade da água e dimensionar uma estação de tratamento e abastecimento de água para o consumo humano.

1.2.2. Específicos:

- Proceder o monitoramento da qualidade de água no rio Mutamba;
- Determinar o grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água;
- Dimensionar Estação de tratamento de água e rede de abastecimento, de acordo com a qualidade de água do rio Mutamba.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Índice de Qualidade de Água

Segundo GASTALDINI e SOUZA, (1994) A partir de um estudo realizado em 1970 pela (National Sanitation Foundation) dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na figura 4. O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice. Segundo

CETESB, (1997) A seguinte fórmula é utilizada,
$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (2.1)$$

onde:

IQA - Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

Qi - qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

Wi - peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{n=1}^n wi = 1 \quad (2.2)$$

em que: n - número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

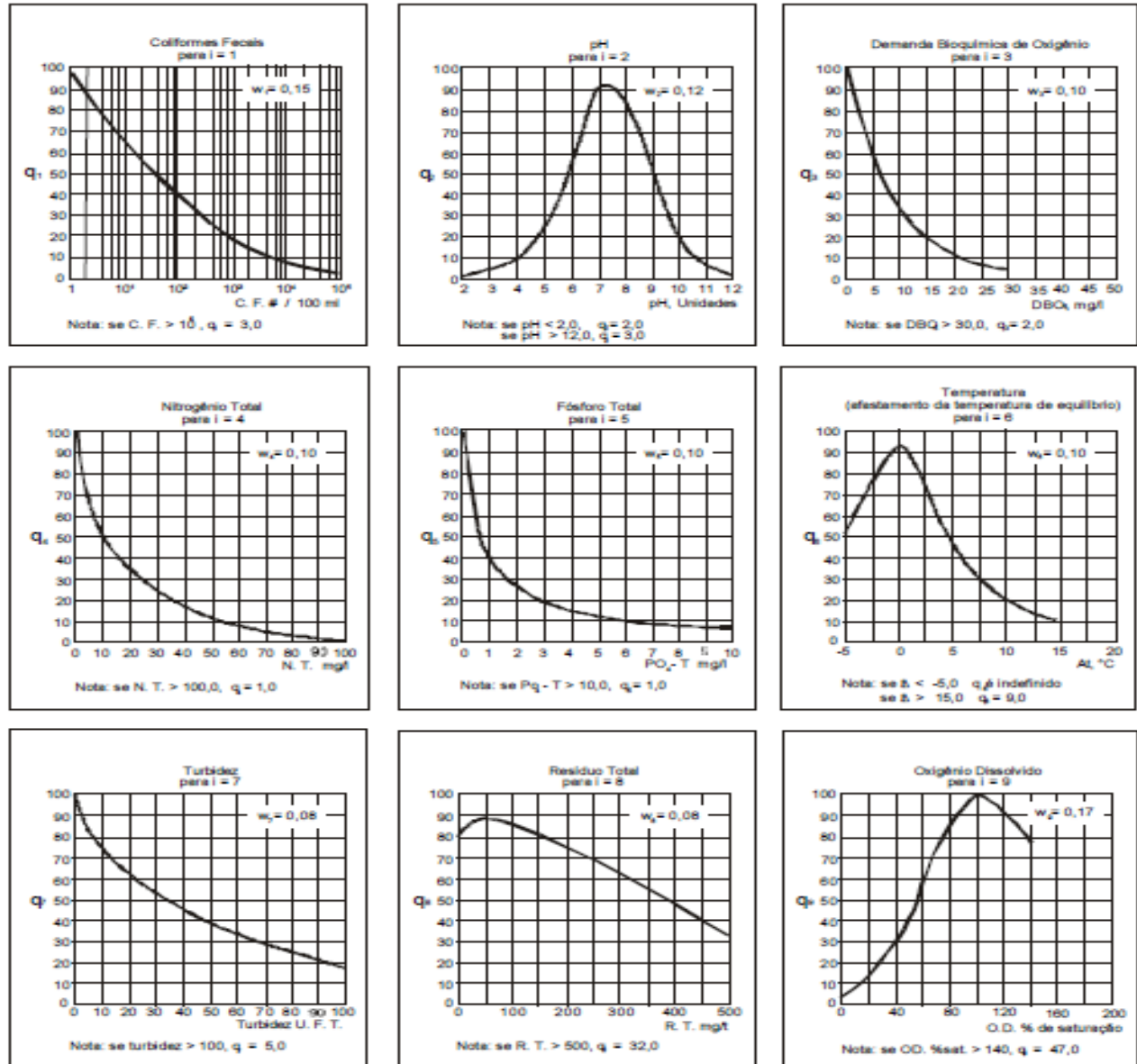


Figura 1: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

Fonte: CETESB, 1997

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros e Pesos relativos do IQA

Parâmetros	Pesos relativos
1. Oxigénio Dissolvido	0.17
2. Coliformes Fecais	0.15
3. pH	0.12
4. DBO	0.10
5. Fósforo total	0.10
6. Temperatura	0.10
7. Nitrogénio Total	0.10
8. Turbidez	0.08
9. Sólidos Dissolvidos	0.08

Fonte: CETESB, 1997

Tabela 2: Classificação do índice de qualidade de água

Tabela 1 – Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: GASTALDINI e SOUZA, (1994)

2.2. Qualidade da água superficial

Segundo VIANNA, (1992) Na captação de águas superficiais parte-se do princípio sanitário que é uma água sempre suspeita, pois está naturalmente sujeita a possíveis processos de poluição e contaminação. É básico, sob o ponto de vista operacional do sistema, captar águas de melhor qualidade possível, localizando adequadamente a tomada e efectuando-se medidas de protecção sanitária desta tomada, como por exemplo no caso de tomada em rios, instalar a captação a montante de descargas poluidoras e da comunidade a abastecer. Entre o material dissolvido encontram-se as mais variadas substâncias, como por exemplo substâncias calcárias e de magnésios que tornam a água dura, substâncias ferruginosas que dão cor e sabor diferentes a mesma e substâncias resultantes das actividades humanas, tais como produtos industriais que a

tornam imprópria para o consumo. Por sua vez a água pode carrear materiais em suspensão tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez a mesma, pode também carrear organismos, como algas que modificam o seu odor e gosto além de liberar toxinas, exemplo cianobactérias.

2.2.1. Parâmetros físicos

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas fracções, a temperatura, o sabor e o odor. Embora sejam parâmetros físicos, fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão (associados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (associados à cor), os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), os compostos que produzem odor. As suas aplicações nos estudos e fenómenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público e residuárias, tornam as características físicas indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade de águas. (PIVELI, 1996)

Tabela 3: Parâmetros físicos de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)

Parâmetro	Limite máximo admissível
Turbidez	5 NTU
pH	6.5 a 8.5
Temperatura	40°C
Cor	15 TCU
Sólidos dissolvidos	1000mg/l
Condutividade	50 - 2000 µs/cm

Fonte: Diploma ministerial nº 180/2004 sobre o regulamento da qualidade de água. E CONAMA resolução 357/2005 valor da temperatura

2.2.2. Parâmetros Químicos

São devidas à presença de substâncias dissolvidas na água, geralmente avaliáveis somente por meios analíticos, em laboratório. São de grande importância, pois podem acarretar consequências sobre o organismo dos consumidores, ou comprometer o aspecto higiénico, bem como o aspecto económico do uso da água. As características químicas contam a história da água, denunciando

os contactos que na sua trajectória ela manteve com componentes do ar e do solo, antes do ponto de colecta. As principais características, expressas também em mg/litro ou ppm. (AGUDO,1988).

Tabela 4: Parâmetros químicos de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)

Parâmetro	Limite máximo admissível
Ferro total	0.3 mg/l
Cálcio	50 mg/l
Magnésio	50 mg/l
DBO	60mg/l
Fósforo total	0.1 mg/l
Nitrogénio Total	40mg/l
Oxigénio Dissolvido	6mg/l O ₂

Fonte: Diploma ministerial nº 180/2004 sobre o regulamento da qualidade de água. E CONAMA resolução 357/2005 valor da DBO, Nitrogénio total e Oxigénio dissolvido.

2.2.3. Parâmetros microbiológicos

Usualmente são encontrados na água os seguintes grupos de organismos, em geral microscópicos: algas, protozoários, rotíferos (animais multicelulares), crustáceos, vermes, larvas e bactérias. De especial interesse é a determinação do NMP (Número Mais Provável) de coliformes. As bactérias do grupo coliforme habitam o intestino de animais mamíferos, como o homem, e são largamente utilizadas na avaliação da qualidade da água, servindo de parâmetro microbiológico básico às leis de consumo criadas pelos governos e empresas fornecedoras que se utilizam desse número para garantir a qualidade da água para o consumo humano. Um teor alto de NMP/100ml significa que a água está recebendo esgotos. (BENILDE MENDES et al, 2004)

A maioria das bactérias coliformes não são patogénicas, sendo no entanto aceites no passado recente como indicadores de contaminação microbiológica em virtude da sua persistência, facilidade de detecção e correlação significativa com a presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal como é o caso do *E.coli* (APDA 2012). Os métodos para detecção e enumeração de microrganismos indicadores em águas podem ser divididos em clássicos, enzimáticos, mais detalhes sobre esse método recomenda-se BERNARDO 2007 E EDBERG *et al* 1990.

Tabela 5: Parâmetros de potabilidade de água (Regulamento sobre a Qualidade de água para o consumo Humano)

Parâmetro	Limite máximo admissível
Coliformes Fecais	100ufc/100 mL
Coliformes Totais	100ufc/100 mL
Escherichia Coli	100ufc/100 mL

Fonte: Diploma ministerial n^o 180/2004 sobre o regulamento da qualidade de água. E CONAMA resolução 357/2005 valor de Ecoli.

2.3. Dimensionamento de estação de tratamento e abastecimento de água

Segundo VON SPERLING, (2005) Para o cálculo da população futura é usado método aritmético, usando a equação:

$$P_t = P_o + K_a * (t - t_o) \quad (2.3)$$

Segundo AZEVEDO NETTO, (1991), Adutoras são canalizações dos sistemas de abastecimento de água que conduzem a água para as unidades que precedem a rede de distribuição.

$$\text{Água bruta e tratada. } \Delta h = \frac{10,64 * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} * L \quad (2.4)$$

Onde:

Δh – diferença de cotas entre os pontos A e B;

Q - caudal (m^3/s);

L – distância entre A e B (m);

D – diâmetro interno da conduta (m);

C – coeficiente de Hazzen-Williams (característica do material);

$$\text{Número de condutas necessárias a adquirir } \frac{\text{comprimento total}}{\text{comprimento de cada conduta}} \quad (2.5)$$

2.3.1. Dimensionamento de Estação de Bombagem

Segundo AZEVEDO NETTO, (1991), Ao dimensionar-se o sistema de estação de bombagem teve-se em conta a Composição dos acessórios da linha de sucção e de recalque. Para a escolha da bomba será feito o cálculo das perdas de carga com a equação de *Hazzen-Williams*:

$$hf = J * L. \quad (2.6)$$

$$J = \left[\frac{4 * Q}{0,355 * \Pi * C * D^{2,63}} \right]^{1,852} \quad (2.7)$$

Onde:

J – perdas de carga unitária na linha de sucção e recalque;
 hf - perdas de carga total na linha de sucção e recalque;
 L – comprimento equivalente na linha de sucção e recalque;

$$\text{Perda de carga total: } hf_{\text{total}} = hf_{\text{Sucção}} + hf_{\text{Recalque}} \quad (2.8)$$

Altura geométrica:

$$HG = H_s + H_r \quad (2.9)$$

Onde:

HG – altura geométrica;
 H_s – altura de succao;
 H_r – altura de recalque.

$$\text{Equação do sistema } H_m = HG + k * Q^{1,852} \quad (2.10)$$

Onde:

H_m – altura manométrica;
 HG – altura geométrica;
 Q – caudal da bomba;
 K – constante para determinar a curva da bomba.

Cálculo da potência da bomba: Usando a equação de AZEVEDO NETTO, (1991)

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{75 * \eta} \quad (2.11)$$

Onde:

P – potência da bomba;
 γ – peso específico da água;
 H = altura manométrica (m);
 η = rendimento (decimal).

Segundo LIBÂNIO (2007), A exigência do projecto é que se faça o tratamento de água por ciclo completo. A disposição das unidades da ETA deve ser feita tentando-se otimizar o espaço utilizado, configurando-se conforme a planta. A ETA projetada contém as seguintes unidades:

a) Coagulação

Segundo DI BERNARDO, (1993) A coagulação é um processo de remoção ou neutralização das forças que mantêm em suspensão os colóides; consiste numa série de reações químicas e físicas entre o coagulante, a superfície das partículas, algumas substâncias químicas presentes na água, especialmente as que lhe conferem a denominada alcalinidade, e a própria água. Os misturadores

hidráulicos podem ser de diversos tipos, sendo os mais utilizados, o Medidor parshall, a queda de água originária de vertedouros e a malha difusora.

Os coagulantes usados nesta etapa são: o sulfato de Alumínio e Cloreto férrico, sulfato férrico, e Polícloreto de alumínio. Os mais usados frequentemente são o Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$ e Cloreto férrico $FeCl_3$. O Sulfato de Alumínio é agente coagulante, produto Químico usado para separar impurezas da água. De inúmeras vantagens destacam-se, o sulfato de alumínio é directamente proporcional a turbidez da água quanto mais turva a água maior a quantidade do produto, a boa dosagem do material não deixa nenhum tipo de resíduo. O Cloro férrico também é um produto químico usado para separar impurezas, as vantagens não fogem muito com o sulfato de alumínio. Os dois coagulantes têm o poder de promover a aglomeração de partículas formando flocos. (DI BERNARDO, 1993)

Dimensionamento da Mistura rápida ou coagulação será calculada com a equação do DI BERNARDO, (1993)

$$V_1 = 2 * \cos\left(\frac{\theta}{3}\right) * \left(\frac{2 * g * Ea}{3}\right)^{1/2} \quad (2.12)$$

Onde:

V_1 – velocidade de água no início do ressalto;

θ – ângulo fictício;

Ea – energia total disponível;

g – aceleração de gravidade;

$$\text{Altura de água no início do ressalto: } Y_1 = Ea - \left(\frac{v_1^2}{2} * g\right) \quad (2.13)$$

Onde:

y_1 – altura de água no início do ressalto;

Ea – energia total disponível;

V_1 – velocidade de água no início do ressalto;

g – aceleração de gravidade;

$$\text{Altura conjugada do ressalto } Y_3 = \frac{y_1}{2} * \sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1 \quad (2.14)$$

Onde:

Y_3 – altura conjugada do ressalto;

y_1 – altura de água no início do ressalto;

Fr – número de Froude;

$$\text{Velocidade na Saída do Trecho Divergente } V_2 = \frac{Q}{2} = \frac{Q}{y_2 * C} \quad (2.15)$$

Onde:

V_2 - velocidade na Saída do Trecho Divergente;

Q – caudal de dimensionamento;

Y_2 - profundidade no final do trecho divergente;

$$\text{Tempo de residência médio no trecho divergente } \theta_h = \frac{G_{parshall}}{V_m} = \frac{G_{parshall}}{(v_1 + v_2)/2} \quad (2.16)$$

Onde:

θ_h - Tempo de residência médio no trecho divergente;

$G_{parshall}$ – gradiente parshall;

V_1 – velocidade de água no início do ressalto;

V_2 - velocidade na saída do trecho divergente;

$$\text{Para atender o gradiente de velocidade } G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta_h}}, \quad (2.17)$$

Onde:

G - gradiente de velocidade;

γ – peso específico da água;

ΔH - perda de carga no ressalto hidráulico;

μ – viscosidade cinemática;

θ_h - tempo de residência médio no trecho divergente

Cálculo da largura do canal

$$B = \frac{Q}{V_c * h} \quad (2.18)$$

Onde:

B – largura do canal

Q – Caudal

V_c – velocidade do canal

h – altura

Cálculo do raio hidráulico

$$R_h = \frac{B * h}{(B * 2 * h)} \quad (2.19)$$

Onde:

R_h – raio hidráulico

B – largura do canal

h – altura

Cálculo da perda de carga

$$Q = \frac{1}{n} * A * RH^{2/3} * j^{1/2}$$

$$J = \left(\frac{Q * n}{A * RH^{2/3}} \right)^2 \quad (2.20)$$

Onde:

Q – caudal

J – perda de carga

Rh – raio hidráulico

A – área

Cálculo do gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * v * j}{\mu}} \quad (2.21)$$

Onde:

G -gradiente de velocidade;

γ – peso específico da água;

v – Velocidade de escoamento nos orifícios;

j – perdas de carga unitárias;

μ – viscosidade cinemática;

Medidor parshall

Sem dúvida, este é o dispositivo mais utilizado como misturador rápido. O medidor Parshall alia a função de medidor de vazão à de misturador rápido, quando convenientemente utilizado. (DI BERNARDO, 1993).

b) Flocculação

Flocculação é o estabelecimento de um floco denso, estável e com dimensões normalmente de 1 a 2 milímetros de diâmetro. Os flocos muito volumosos apresentam uma fragilidade imperceptível no laboratório, mas incompatível com a movimentação da água nas unidades de tratamento.

Tipos de floculadores

Quanto ao contacto físico: Floculador Hidráulico e Mecânico; quanto a potência: Floculador Hidráulico (Chicana, tipo jato, tipo alabama e meio poroso) e Mecânico (Paletas, turbinas e oscilantes). Irá-se destacar os floculadores hidráulicos de tipo Chicanas, estes floculadores

podem ser de dois tipos: de chicanas verticais e de chicanas horizontais. No primeiro tipo, o de chicanas verticais a água percorre o floculador em movimentos sucessivamente ascendentes e descendentes. (VIANNA, 1992)

$$\text{Volume do floculador } V_f = Q \cdot \theta h \quad (2.22)$$

Onde:

V_f – volume do floculador;

Q – caudal de dimensionamento;

θh - tempo de detenção hidráulico;

$$\text{Área superficial do Floculador } A_s = \frac{V_f}{h} \quad (2.23)$$

Onde:

A_s – área superficial do floculador;

V_f – volume do floculador;

h - Profundidade da lâmina líquida;

$$\text{Largura do Floculador, } B_f = \frac{A_s}{B_d} \quad (2.24)$$

Onde:

B_f – largura do floculador

A_s – área superficial do floculador;

B_d – largura de cada decantador;

Considerado o sistema de floculação composto por três câmaras em série, com gradientes de velocidade escalonados (70 s^{-1} , 50 s^{-1} e 20 s^{-1}) $G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta h}} \quad (2.25)$

Onde:

G - gradiente de velocidade;

γ – peso específico da água;

ΔH - perdas de carga no localizadas;

μ – viscosidade cinemática;

θh - tempo de detenção hidráulico.

c) Decantação

Segundo VIANNA (1992), Após sair do floculador, esperamos que praticamente toda a matéria em suspensão existente na água bruta esteja aglutinada entre si e com o hidróxido de alumínio, constituindo o que denominamos de flocos. Da mesma forma, esperamos que esses flocos tenham adquirido tamanho e peso suficientes para que possam ser separados da água em tratamento através da decantação. Nesse processo, os flocos sedimentam-se no interior da água. Assim sendo: Os flocos separam-se da água porque sedimentam-se; a água, isenta desses flocos,

é chamada de água decantada. Portanto, o floco não decanta, mas sedimenta-se quem decanta é a água.

$$\text{Dimensionamento da unidade de sedimentação, } \mathbf{\textit{área superficial do decantador}} \ A_s = \frac{Q}{q} \quad (2.26)$$

Onde:

A_s - área superficial do decantador;

Q - caudal de cada decantador (m^3/dia);

q - Velocidade de sedimentação dos flocos;

$$\mathbf{\textit{Definição da geometria do decantador}} \ A_s = B * L \quad (2.27)$$

Onde:

A_s - área superficial do decantador;

B - largura do decantador;

L - comprimento do decantador;

$$\mathbf{\textit{Calhas de colecta de água decantada}} \ ql \leq 0,018 * H * q \quad (2.28)$$

Onde:

ql - vazão linear nas calhas de coleta de água decantada ($l/s/m$)

H - altura útil do decantador (m)

q - taxa de escoamento superficial no decantador ($m^3/m^2/\text{dia}$)

$$\mathbf{\textit{Cortina difusora de passagem do sistema de floculação para o decantador}} \ A_{\text{furos}} = \frac{Q}{V}, \quad (2.29)$$

Onde:

A_{furos} - área de passagem;

Q - caudal de cada decantador;

V - velocidade de passagem

$$\mathbf{\textit{Número de orifícios}} \ N_{\text{orifícios}} = \frac{A_{\text{furos}}}{L} \quad (2.30)$$

Onde:

$N_{\text{orifícios}}$ - número de orifícios;

A_{furos} - área de passagem;

L - largura dos furos;

$$\mathbf{\textit{Para atender ao Gradiente de Velocidade}} \ G = \sqrt{\frac{\gamma * v * j}{\mu}} \quad (2.31)$$

Onde:

G - gradiente de velocidade;

γ - peso específico da água;

v - Velocidade de escoamento nos orifícios;

j - perdas de carga unitárias;

μ - viscosidade cinemática;

d) Filtração

A filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, em geral areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas produzindo um efluente mais limpo. Tradicionalmente existem dois processos distintos de filtração: filtração lenta e filtração rápida. A opção por um dos métodos depende principalmente da qualidade da água bruta e do volume a ser tratado e implica em profundas diferenças no projecto da ETA. O processo de filtração lenta é um pouco estático em suas alternativas de projecto. O processo de filtração rápida é bastante dinâmico em termos de alternativas de desenhos, podendo ser projectado com materiais diferentes no leito filtrante, dispositivos para aumento da capacidade de filtração, bem como fluxos por gravidade ou forçados, ascensionais ou descendentes. Os filtros podem ser de fluxo descendente ou de fluxo ascendente. No primeiro caso, podem ser de leito filtrante único, duplo ou triplo. (Silva et al, 2001)

$$\text{área total de filtração } A_{tf} = \frac{Q}{q}, \quad (2.32)$$

Onde:

A_{tf} - área total de filtração;

Q - caudal;

q - taxa de aplicação superficial

$$\text{Área de cada filtro } A_f = \frac{A_{tf}}{N} \quad (2.33)$$

Onde:

A_f - área de cada filtro;

A_{tf} - área total de filtração;

N - número dos filtros;

$$\text{Velocidade mínima de fluidificação } V_{mf} = \frac{Re_{mf} * V}{d_{90}} \quad (2.34)$$

Onde:

V_{mf} - Velocidade mínima de fluidificação;

V - velocidade;

D_{90} - diâmetro efectivo;

$$\text{Vazão de água de lavagem } Q_{AL} = v * A_f \quad (2.35)$$

Onde:

Q_{AL} - de água de lavagem

v - velocidade ascensional de água de lavagem

A_f - área de cada filtro;

$$\text{Volume de água de lavagem } \text{Volume} = Q_{AL} * t \quad (2.36)$$

Onde:

Volume de água de lavagem

Q_{AL} - de água de lavagem

T - duração da lavagem do meio filtrante

e) Desinfecção

Depois de filtrada, a água deve receber a adição de cal para correção do pH, a desinfecção por cloro e a fluoretação. Nesta fase a desinfecção por cloro é frequentemente chamado de pós-cloração. Só então ela está própria para o consumo, garantindo a inexistência de bactérias e partículas nocivas à saúde humana que poderiam provocar surtos de epidemias, como de cólera. É essencial o monitoramento da qualidade das águas em seus laboratórios, durante todo o processo de produção e distribuição. A desinfecção é o processo de tratamento para a eliminação dos microrganismos patogénicos eventualmente presentes na água. Para que a desinfecção seja eficiente, a água deve permanecer em contacto com o cloro durante algum tempo. Esse tempo de contacto entre o cloro e a água filtrada é conseguido fazendo permanecer a água em tratamento no interior de um tanque, por isto denominado tanque de contacto. (Silva et al, 2001)

$$A_s = \frac{Vol}{H} \quad (2.37)$$

Onde:

A_s – área do tanque de contacto;

Vol - volume do tanque de contacto;

H - Profundidade da lâmina líquida;

$$\text{Cálculo do consumo diário de cloro } \text{Massa} = Q * C * \Delta t \quad (2.38)$$

Onde:

Q – caudal

C - Dosagem mínima de cloro

Δt – variação do tempo

Dimensionamento do sistema de reservação, Massa específica da solução, Concentração da solução = $\frac{M_{produto}}{M_{solucao}}$. (2.39)

f) Reservatório

Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem as seguintes situações:

- Garantia da quantidade de água (demandas de equilíbrio, de emergência e de antiincêndio);
- Garantia de adução com vazão e altura manométrica constantes; menores diâmetros no sistema;
- Melhores condições de pressão.

De acordo com a localização no terreno:

- Enterrado (quando completamente embutido no terreno);
- Semi-enterrado ou semi-apoiado (altura líquida com uma parte abaixo do nível do terreno; apoiado (laje de fundo apoiada no terreno);
- Elevado (reservatório apoiado em estruturas de elevação);
- Stand pipe (reservatório elevado com a estrutura de elevação embutida de modo a manter contínua o perímetro da secção transversal da edificação). (Oliveira et al, 1978)

Consumo médio diário

$$Q_{md} = Q_{mdhab} * n^{\circ}hab * n^{\circ}casas \quad (2.40)$$

Onde:

Q_{md}: consumo médio diário

Q_{mdhab}: volume consumido por habitante em um dia

n^ohab: número de habitantes

n^ocasas: número de casas

Consumo médio (qm)

$$q_m = \frac{Q_{mdanual}}{365 * n^{\circ}hab} \quad (2.41)$$

Onde:

q_m: consumo médio

Q_{mdanual}: caudal médio anual

n^ohab: número de habitantes

Vazão (Q) em 24h de funcionamento

$$Q_s = \frac{Q_m * K_1 * K_2}{86400} \quad (2.42)$$

Onde:

Q_s: caudal

Q_m: consumo médio

K₁ e *K₂*: Coeficientes de variação

Reservatório superior e inferior

$$V_{\text{inferior}} = \frac{3}{5} * \text{volumedoreservatorio} \quad (2.43)$$

$$V_{\text{superior}} = \frac{2}{5} * \text{volumedoreservatorio} \quad (2.44)$$

3.METODOLOGIA

O desdobramento dos objectivos em acções concretas foi baseado numa metodologia específica, cuja apresentação será em função de cada objectivo específico traçado. Conforme é descrito a seguir.

3.1. Descrição da Área de Estudo

3.1.3. Caracterização Geral do distrito de Jangamo

Segundo o Manual da série de perfis distritais de Moçambique (2005), O distrito de Jangamo, com sede a 28km da capital provincial, fica situado a Sul da Província de Inhambane e é limitado a Norte pelas Cidades de Inhambane e Maxixe, a Sul pelo Distrito de Inharrime, a Oeste pelos Distritos de Inharrime e Homoine e a Este pelo Oceano Índico.

Com uma superfície de 1.294 km² e uma população recenseada em 2007 de 93.402 habitantes, o distrito de Jangamo tem uma densidade populacional de 76,6 hab/km². (Manual da série de perfis distritais de Moçambique 2005). Usando o programa Google Earth, a distância do rio Mutamba até a Jangamo-sede é de 2,04km.

A relação de dependência económica potencial é de aproximadamente 1:1.2, isto é, por cada 10 crianças ou anciões existem 12 pessoas em idade activa. A população é jovem (45%, abaixo dos 15 anos de idade), maioritariamente feminina (taxa de masculinidade de 44%) e de matriz rural acentuada. O Distrito de Jangamo divide-se em dois Postos Administrativos: Jangamo e Cumbana, cinco Localidades e trinta e seis povoados. (Manual da série de perfis distritais de Moçambique 2005). O estudo será feito na localidade de Jangamo-sede.

3.1.2. Caracterização Climática e Hidrologia do Distrito de Jangamo

O clima predominante no distrito é o tropical húmido, influenciado pelos ventos do canal de Moçambique, com duas estações ao longo do ano: a chuvosa, a partir de Outubro a Março, e a seco o resto do ano. A precipitação média anual do distrito varia de 800 a 1.400mm, com maior intensidade na região costeira, nomeadamente, no Posto Administrativo Sede do distrito. Atravessam o distrito oito rios de regime permanente (com o curso de água durante todo o ano), sendo de destacar o Rio Mutamba e o Rio Joba, que desaguam na baía de Inhambane. Existem ainda os rios Nhamalauane, Guipire, Somilene, Passale, Naquila, Matimbine, Mazivene e Inhassune e alguns riachos de regime temporário (com o curso de água após as chuvas). (Manual da série de perfis distritais de Moçambique 2005).

O rio Mutamba, também conhecido por rio de Inhambane, é um rio de Moçambique, que nasce próximo do rio Inharrime, na província de Inhambane, é em parte navegável e corre para a baía de Inhambane, onde desagua no Oceano Índico. O rio Mutamba é de regime permanente.

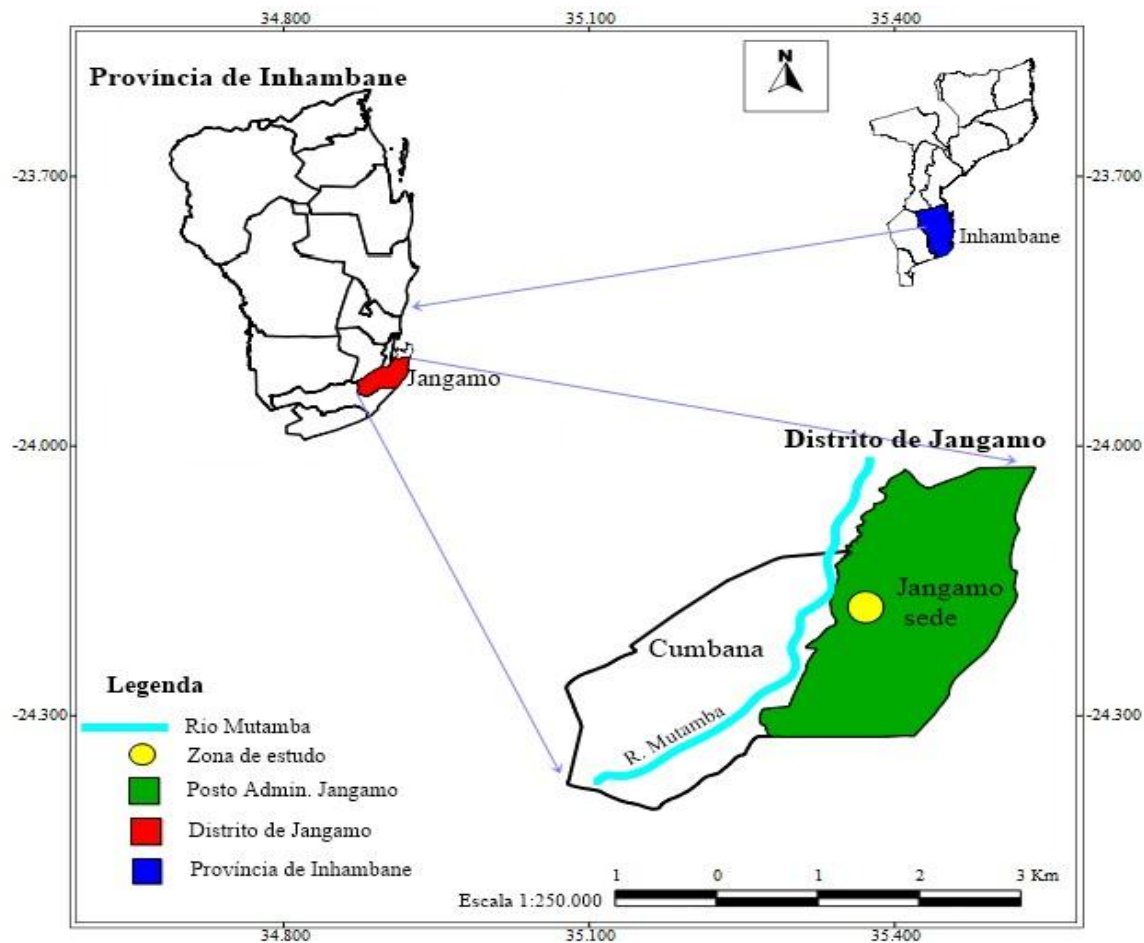


Figura 2: Mapa da área em estudo, distrito de Jangamo

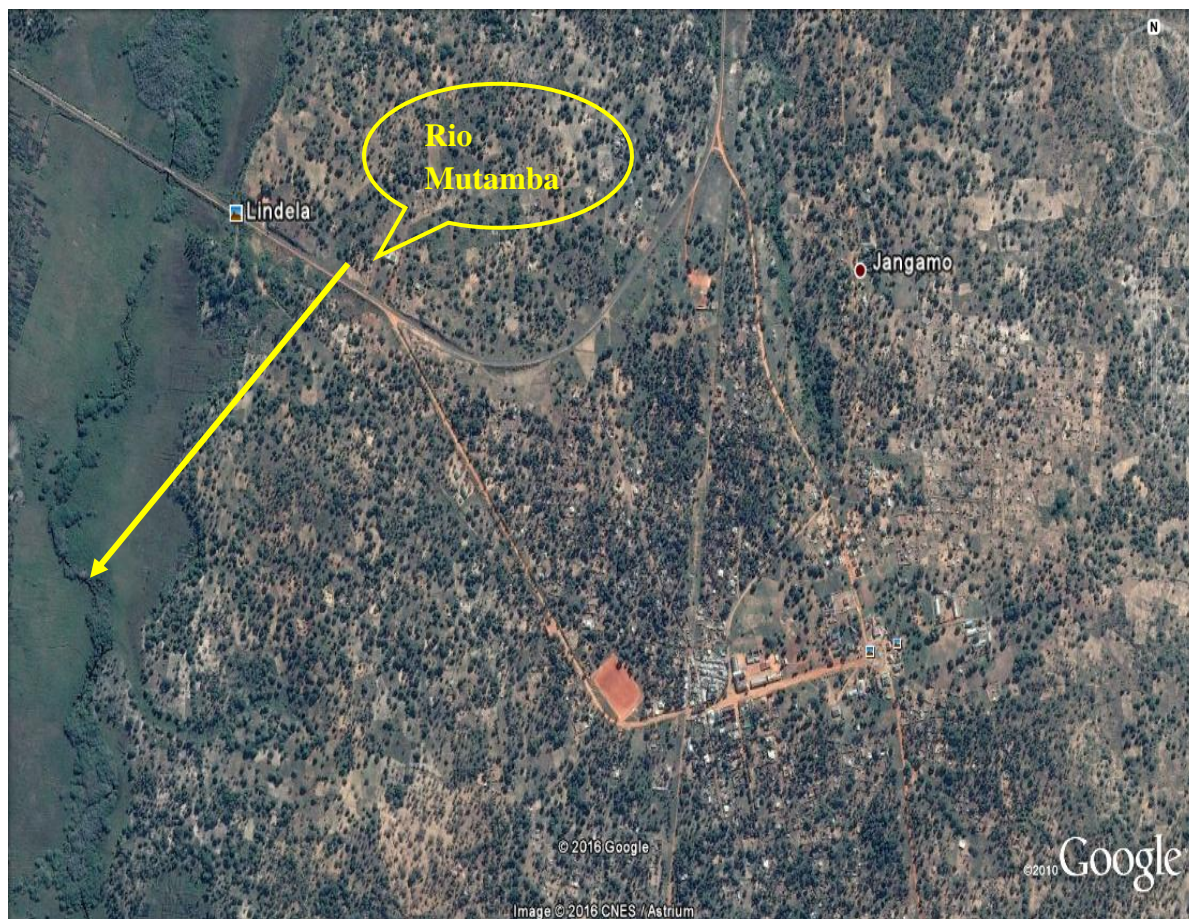


Figura 3: Fotografia aérea do local em estudo, do rio Mutamba até Jangamo-sede

Fonte: Google Earth, 2017

3.1. Proceder o monitoramento da qualidade de água no rio Mutamba

Para o monitoramento de qualidade de água do rio Mutamba primeiro (1^o) – fez-se colectas de amostras com um recipiente de 1.5L conforme mostra a figura 4 para parâmetros Físicos e Químicos, e um recipiente esterilizado de 500 mL conforme mostra a figura 5 para parâmetros Microbiológicos; (2^o) - Foram feitas as análises de qualidade de água no laboratório Nacional de Higiene Águas e alimentos, dos parâmetros físicos, biológicos, e químicos num total de 16 parâmetros a fim de avaliar o grau de contaminação e poluição de água do rio quanto à presença do grau de índice de bactérias e da matéria orgânica presente em água que possivelmente possa perigar a vida e a saúde humana. A pesquisa foi feita num período de três meses.



Figura 4: Frasco para a colecta, físicos e químicos

Fonte: Autor



Figura 5: Frasco para microbiológicos

Fonte: autor

3.1.1. Parâmetros físicos

Fez-se análise destes parâmetros porque envolvem aspectos de ordem estética, exercendo uma certa influência no consumidor. Contudo, por serem de fácil percepção pelo usuário, independente de exame, o seu acentuado teor pode causar certo desgosto aos consumidores. Podem também favorecer uma tendência para se utilizar águas de melhor aparência, porém de má qualidade sanitária, com risco para a saúde. Os parâmetros a analisar são: Turbidez; pH; Temperatura; Cor; Depósitos e Sólidos dissolvidos.

3.1.2. Parâmetros químicos

São de grande importância fazer a análise destes parâmetros pois tem muita presença de substâncias dissolvidas na água, geralmente avaliáveis somente por meios analíticos, em laboratório. Podem acarretar consequências sobre o organismo dos consumidores, ou comprometer o aspecto higiénico. Os parâmetros a analisar são: Magnésio; Cálcio; Ferro total; DBO; Nitrogénio total; Fósforo total, e OD.

3.1.3. Parâmetros biológicos

É muito importante fazer a análise pois os parâmetros biológicos são encontrados na água em forma de bactérias e os grupos de organismos a encontrar em geral microscópicos são: algas, protozoários, rotíferos (animais multicelulares), crustáceos, vermes, larvas e bactérias. Os parâmetros a analisar são: Coliformes fecais; Coliformes totais; Escherichia Coli (E Coli).

3.2. Recolha das amostras

O trabalho de campo foi programado com o laboratório. Os critérios para a colecta das amostras de água, foram devidamente treinadas em técnicas de amostragem e procedimentos de campo e com auxílio dos técnicos do laboratório Nacional de Higiene Águas e alimentos. A colecta de água foi programada para o período da manhã, numa temperatura ambiente mais baixa havendo menor probabilidade de distorção dos resultados. Foi coletada uma (1) amostra mensal em 5 pontos totalizando 30 amostras, num total de 3 meses. Um recipiente de 1.5L para parâmetros físicos e químicos e um recipiente de 500 mL para parâmetros microbiológicos.



Figura 6: Colecta de água no rio

Fonte: Autor

Tabela 6: Material necessário para a colecta das amostras

Material necessário	Quantidade	Função
Colman	1	Para conservação das amostras
Luvas	6 Pares	Para colecta das amostras, não distorção dos resultados
Recipientes	Recipientes de 1.5L, para físicos e químicos e recipientes esterilizados de 500mL para microbiológicos	Para a colecta das amostras

3.3. Localização dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem foram definidos levando-se em consideração as fontes pontuais de poluição, bem como a importância específica de alguns pontos. Foram estabelecidos 5 locais de colecta. A colecta de água foi feita em 5 (cinco) pontos, todos 5 (cinco) pontos a montante da comunidade.

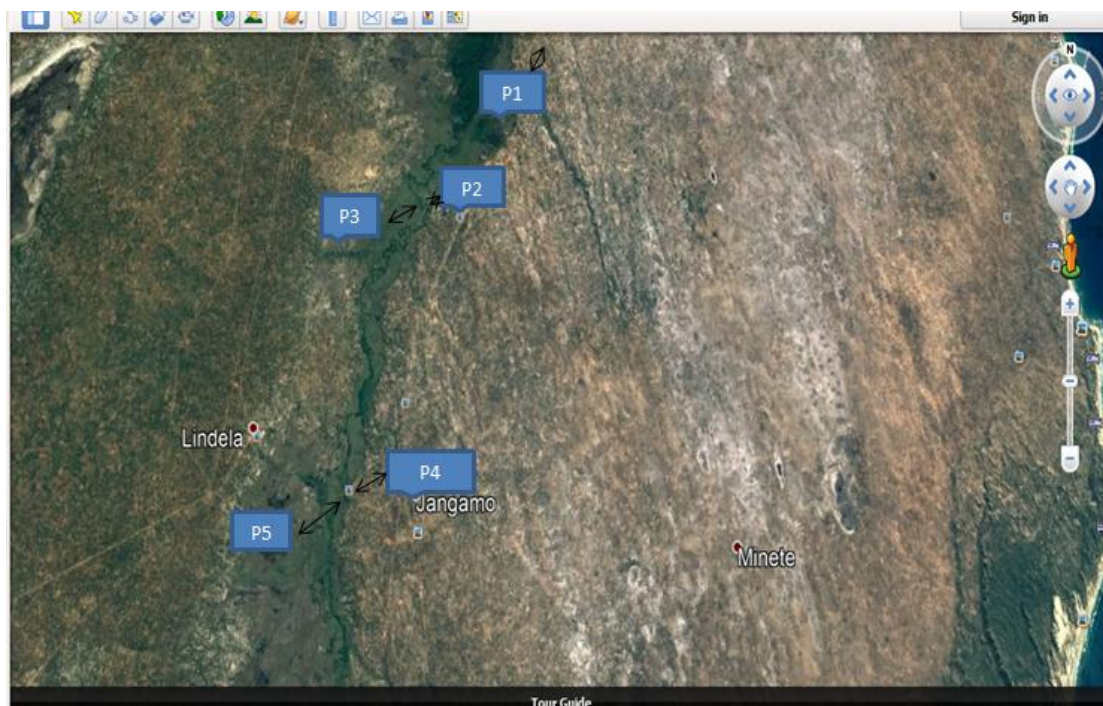


Figura 7: Localização dos pontos de Amostragem

Tabela 7: Localização dos pontos de Amostragem

Pontos de Amostragem	Localização
Ponto 1	Localiza-se a montante da comunidade de Mutamba, na zona de Lenha-Lenha onde existe uma ponte a direita, esta água da ponte é usada pelos utentes para o fabrico de tijolos.
Ponto 2	Localiza-se a montante da comunidade de Mutamba na zona de Mutamba, na ponte de ida a Maxixi pela direita.
Ponto 3	Está a montante da comunidade de Mutamba na zona de Mutamba, na ponte de ida a Maxixi pela esquerda.
Ponto 4	Localiza-se a montante da comunidade de Mutamba, na zona de Jangamo na ponte de ida a Lindela pela direita.
Ponto 5	Localiza-se a montante da comunidade de Mutamba, na zona de Jangamo na ponte de ida a Lindela pela esquerda.

Representação dos pontos de coleta de amostras de água

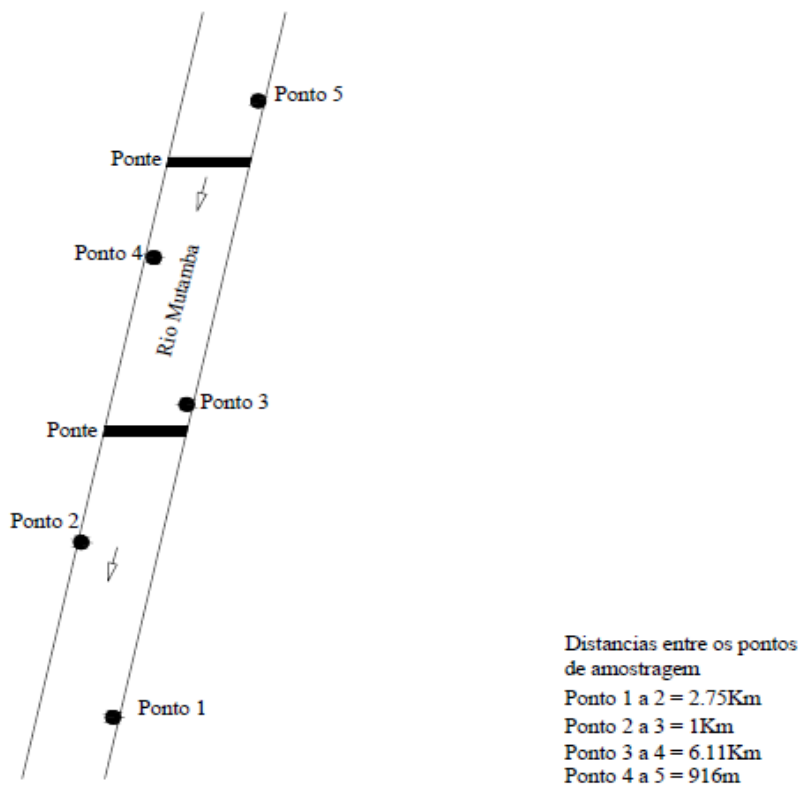


Figura 8: Representação dos pontos de colecta de água

3.4. Determinar o grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é um número adimensional que exprime a qualidade da água, nesta pesquisa com a finalidade para o consumo humano no rio Mutamba, província de Inhambane. Esse número é obtido na fórmula:

$$\prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Os resultados foram obtidos e processados num período de três meses, foram adquiridas no total 30 amostras equivalentes a uma amostra por cada um dos pontos. Foi multiplicado o resultado de cada parâmetro analisado pelo peso correspondente a cada parâmetro, fazendo-se interpolação no gráfico da respectiva curva média de variação de qualidade com o resultado encontrado no laboratório. Por fim numa tabela são classificadas as categorias do IQA de cada parâmetro se será Óptima, boa, regular, ruim ou péssima, a classificação dependerá do grau da ponderação. Para ditar se a água é tratável ou não.

3.5. Dimensionar uma Estação de tratamento de água de acordo com a qualidade de água do rio Mutamba

Foi usado o programa Google earth para obtenção das coordenadas dos pontos mais altos e baixos da comunidade, a identificação das curvas do nível e mapeamento do rio. Para o dimensionamento de estação de tratamento de água é necessário conhecer o número da população da comunidade para a posterior, determinar o caudal de dimensionamento. Primeiro foi feita a recolha de dados, para a obtenção do número de habitantes da comunidade de Mutamba os dados foram obtidos se baseando no último Censo da população. Segundo VON SPERLING, (2005) Para o cálculo da população futura é usado método aritmético num horizonte de 25 anos, usando a equação:

$$P_t = P_o + K_a * (t - t_o) \quad (3.1)$$

Onde:

P_t – população total no ano horizonte;

P_o – população inicial;

K_a – taxa de crescimento;

t – tempo final

t_o - tempo inicial

Foi incluída toda a população de Jangamo-sede porque a comunidade de Mutamba é uma comunidade de Jangamo-Sede e toda população deve beneficia-se de água tratada para fins de consumo. Usando a equação de AZEVEDO NETTO, (1991), foram dimensionadas as adutoras de

$$\text{água bruta e tratada. } \Delta h = \frac{10,64 * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} * L \quad (3.2)$$

Onde:

Δh – diferença de cotas entre os pontos A e B;

Q - caudal (m^3/s);

L – distância entre A e B (m);

D – diâmetro interno da conduta (m);

C – coeficiente de Hazzen-Williams (característica do material);

Com o cálculo de Adutora o objectivo é determinar o caudal para depois usando a equação de AZEVEDO NETTO, (1991), obter-se a potência:

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{75 * \eta} \quad (3.3)$$

Onde:

P – potência da bomba;

γ – peso específico da água;

$H =$ altura manométrica (m);
 $\eta =$ rendimento (decimal).

No rio Mutamba foram dimensionadas as seguintes etapas de tratamento de água: a CALHA PARSHALL, COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO HIDRÁULICA, SEDIMENTAÇÃO, FILTRAÇÃO e a DESINFECÇÃO. Sendo um rio requer mais etapas no sistema de tratamento de água.

3.5.2. Dimensionamento da CALHA PARSHALL

No dimensionamento das unidades da Calha Parshall (Mistura rápida ou coagulação) foram usadas as equações equação do DI BERNARDO, (1993), compreendendo todas as equações da revisão bibliográfica da equação 2.12 a equação 2.21, para atender a um gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma^* v^* j}{\mu}} \quad (3.4)$$

Onde:

G - gradiente de velocidade;
 γ - peso específico da água;
 v - Velocidade de escoamento nos orifícios;
 j - perdas de carga unitárias;
 μ - viscosidade cinemática;

3.5.4. DIMENSIONAMENTO DA FLOCULAÇÃO HIDRÁULICA

No dimensionamento das unidades da Floculação hidráulica foi usada a equação (VIANNA, 1992) foram considerados flocladores hidráulicos de fluxo vertical, considerando um leque de fórmulas da revisão bibliográfica, da equação 2.22 a 2.25 para atender ao gradiente de

velocidade escalonados (70 s^{-1} , 50 s^{-1} e 20 s^{-1}) $G = \sqrt{\frac{\gamma^* \Delta h}{\mu^* \theta h}} \quad (3.5)$

Onde:

G - gradiente de velocidade;
 γ - peso específico da água;
 ΔH - perdas de carga no localizadas;
 μ - viscosidade cinemática;
 θh - tempo de detenção hidráulico.

3.5.5. DIMENSIONAMENTO DA SEDIMENTAÇÃO

No dimensionamento das unidades de sedimentação observou-se um leque de fórmulas ilustradas na revisão bibliográfica, da equação 2.26 a equação 2.31, para atender ao Gradiente de

$$\text{Velocidade } G = \sqrt{\frac{\gamma * v * j}{\mu}} \quad (3.6)$$

Onde:

G - gradiente de velocidade;

γ - peso específico da água;

v - Velocidade de escoamento nos orifícios;

j - perdas de carga unitárias;

μ - viscosidade cinemática;

3.5.6. DIMENSIONAMENTO DA FILTRAÇÃO

No dimensionamento das unidades de Filtração usou-se as equações de (Silva et al, 2001), foi calculado o número das unidades de filtração, área total de filtração até o volume da água de lavagem, obedecendo as formulas esclarecidas na revisão bibliográfica, da equação 2.32 a equação 2.36. O filtro é de camada simples (areia), filtro descendente rápido de camada simples.

$$\text{Volume de água de lavagem } \text{Volume} = Q_{AL} * t \quad (3.7)$$

Onde:

Volume de água de lavagem

Q_{AL} - de água de lavagem

T - duração da lavagem do meio filtrante

3.5.7. DIMENSIONAMENTO DA DESINFECÇÃO

No dimensionamento das unidades de Desinfecção foi calculada a dosagem mínima de cloro, dosagem máxima de cloro, definição da geometria do tanque de contacto $A_s = \frac{Vol}{H}$ (3.8)

Onde:

A_s - área do tanque de contacto;

Vol - volume do tanque de contacto;

H - Profundidade da lâmina líquida;

Dimensionamento do sistema de reservação, Massa específica da solução, Concentração da

$$\text{solução} = \frac{M_{produto}}{M_{solucao}} \quad (3.9)$$

Depois do dimensionamento da ETA, foi dimensionada a rede de distribuição de água, que se terá em conta a vazão de distribuição, a perda de carga, cota piezométrica, cota do terreno, e

pressão disponível. A anteceder a etapa de rede de distribuição de água foi dimensionado o reservatório, um elevado e outro semi-enterrado (Superior e inferior respectivamente).

3.6. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Considerou-se o caudal médio do fontenário, torneira no quintal e domiciliária. Usou-se varias formulas descritas na revisão bibliográfica, da equação 2.40 a equação 2.44, até aos reservatórios.

Reservatório superior e inferior

$$V_{\text{inferior}} = \frac{3}{5} * \text{volumedoreservatorio} \quad (3.10)$$

$$V_{\text{superior}} = \frac{2}{5} * \text{volumedoreservatorio} \quad (3.11)$$

4.RESULTADOS

4.1. Qualidade de água no rio Mutamba

Tabela 8: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Fevereiro

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
pH	7.05	6.91	6.8	7.15	6.81
Condutividade	590	980	580	580	560
Deposito	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Cor	Corada	corada	Corada	Corada	Corada
Turvação	10	<5	<5	<5	<5
Sólidos Dissolvidos	100	100	100	200	100
Cálcio	13.62	10.73	20.84	17.63	13.63
Magnésio	29.28	16.03	10.04	9.36	58.67
DBO	2	12	<1	10	6
Fósforo Total	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Ferro Total	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Oxigenio Dissolvido	3	2	5	4	4
Nitrogenio Total	15	10	20	25	30
Coliformes Totais	>100	>100	>100	48	56
Coliformes Fecais	>100	>100	>100	>100	89
Escherichia Coli	>100	<1	>100	48	56

Tabela 9: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Março

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
pH	7.32	6.91	7.4	6.84	7.2
Condutividade	421	980	436	401	400
Deposito	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Cor	Corada	corada	Corada	Corada	Corada
Turvação	<5	<5	<5	<5	<5
Sólidos Dissolvidos	100	100	100	200	100
Cálcio	15.61	10.73	15.23	12.02	12.83
Magnésio	16.95	16.03	14.34	14.63	17.49
DBO	10.6	12	5	10.6	8
Fósforo Total	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Ferro Total	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Oxigenio Dissolvido	3	2	5	4	4
Nitrogenio Total	16	22	33	25	20
Coliformes Totais	>100	>100	95	>100	>100
Coliformes Fecais	>100	>100	90	48	>100
Escherichia Coli	>100	<1	90	48	>100

Tabela 10: Resultados obtidos na análise de qualidade de água no rio Mutamba no Mês de Abril

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
pH	7.64	7.67	7.86	7.77	7.69
Condutividade	144	519	521	500	496
Deposito	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Cor	Corada	corada	Corada	Corada	Corada
Turvação	<5	<5	<5	<5	<5
Sólidos Dissolvidos	100	400	300	120	100
Cálcio	3.26	4.08	4.08	7.21	4.51
Magnésio	9.46	20.64	14.15	14.83	13.14
DBO	16	12	12.6	13.6	18.65
Fósforo Total	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Ferro Total	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Oxigenio Dissolvido	3	2	3	4	3
Nitrogenio Total	30	20	10	6	25
Coliformes Totais	>100	>100	95	>100	>100
Coliformes Fecais	>100	>100	90	48	>100
Escherichia Coli	>100	<1	90	48	>100

4.2. Variáveis básicas para o índice de qualidade de água

Na determinação do grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água são analisados um total de 9 parâmetros dentre eles físicos (Temperatura, pH e Turbidez), químicos (DBO, Nitrogénio total, Fósforo total, Solidos dissolvidos e Oxigénio Dissolvido) e biológicos (Coliformes fecais).

Os cálculos do índice de qualidade de água estão representados no Apêndice 1.

Tabela 11: Resultados do IQA dos Meses

Meses	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média
Fevereiro	56.64	49.59	65.94	56.97	57.70	57.37
Março	51.45	46.92	60.12	54.57	55.52	53.72
Abril	46.60	45.59	51.54	59.37	46.55	49.93

Tabela 12: Resultados do IQA dos Pontos

Pontos	Fevereiro	Março	Abril	Média
Ponto 1	56.64	51.45	46.60	51.56
Ponto 2	49.59	46.92	45.59	47.37
Ponto 3	65.94	60.12	51.54	59.20
Ponto 4	56.97	54.57	59.37	56.97
Ponto 5	57.70	55.52	46.55	53.26

4.3. Dimensionamento da ETA

Tabela 13: Resultados de cada etapa da ETA

Etapas	Resultados
Calha Parshall	$G = 858.59S^{-1}$
Coagulação	$G = 26.29S^{-1}$
Floculação Hidráulica	$G = 76.7$
	$G = 57.5$
	$G = 23.7$
Sedimentação	$G = 12S^{-1}$
Filtração	$As = 410.4m^2$
Desinfecção	$Vol = 50 m^3$

5.DISCUSSÃO

5.1. Qualidade de água no rio Mutamba

Os gráficos apresentam os resultados analisados em cinco pontos do pH, da condutividade, deposito, cor, turvação, dos sólidos totais dissolvidos, cálcio, magnésio, da DBO, Fósforo total, Ferro total, dos coliformes fecais, dos coliformes totais e de E.coli, referentes à amostragem realizada num período de três meses. Estes gráficos também apresentam os limites estabelecidos pelo regulamento n° 180/2004 de 15 de Setembro sobre o regulamento da qualidade de água para o consumo humano em Moçambique e CONAMA resolução n° 357/2005.

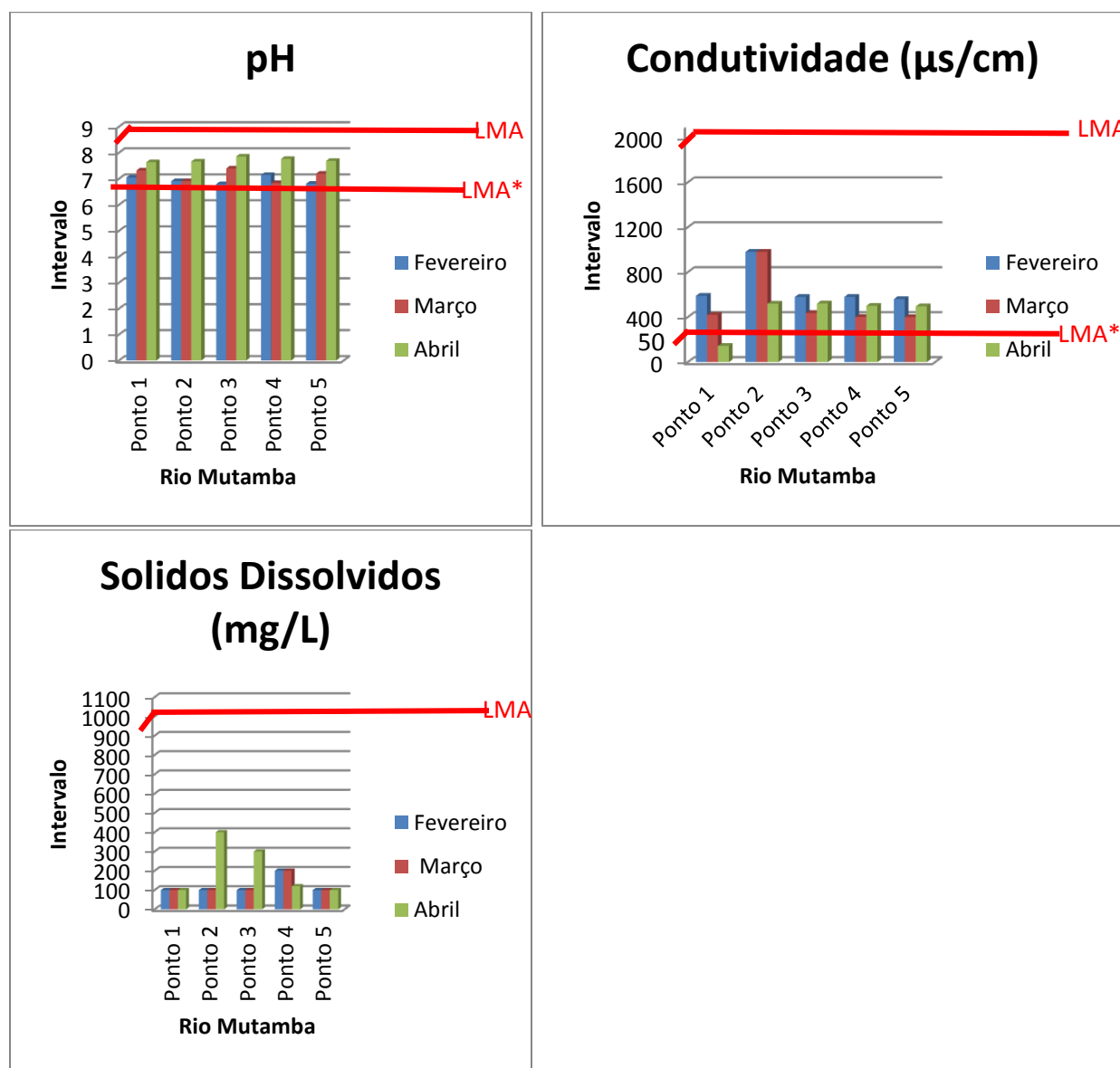


Figura 9: Qualidade de água dos parâmetros pH, Condutividade e Sólidos dissolvidos

No que tange a qualidade de água dos três pontos, notou-se que o pH em ambos corresponde aos padrões de potabilidade exigidos pelo diploma ministerial n^o 180/2004 de 15 de Setembro. O diploma ministerial diz que o pH deve estar dentro do intervalo entre 6.5 – 8.5, O pH não apresentam grandes variações ao longo desses pontos.

Segundo o diploma ministerial n^o 180/2004 de 15 de Setembro a condutividade varia de 50 – 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, a qualidade de água em todos pontos de colecta incluindo os três meses encontra-se dentro do intervalo estabelecido. Das amostras avaliadas todos os pontos detectou-se a condutividade dentro dos padrões requeridos pelo regulamento.

Para os sólidos Dissolvidos a qualidade de água nos cinco pontos de colecta não apresentou grandes variações sendo que a amplitude foi de 300 mg/L, e o valor máximo e mínimo foi de 400mg/L e 300mg/L respectivamente, realçar que o máximo foi registado apenas no mês de Abril concretamente no ponto 2. Nota-se também que o mês de Fevereiro e Março tiveram os mesmos resultados mostrando que não houve alteração no rio. O limite máximo admissível é de 1000mg/L, todos resultados estão dentro do intervalo estabelecido pelo diploma ministerial.

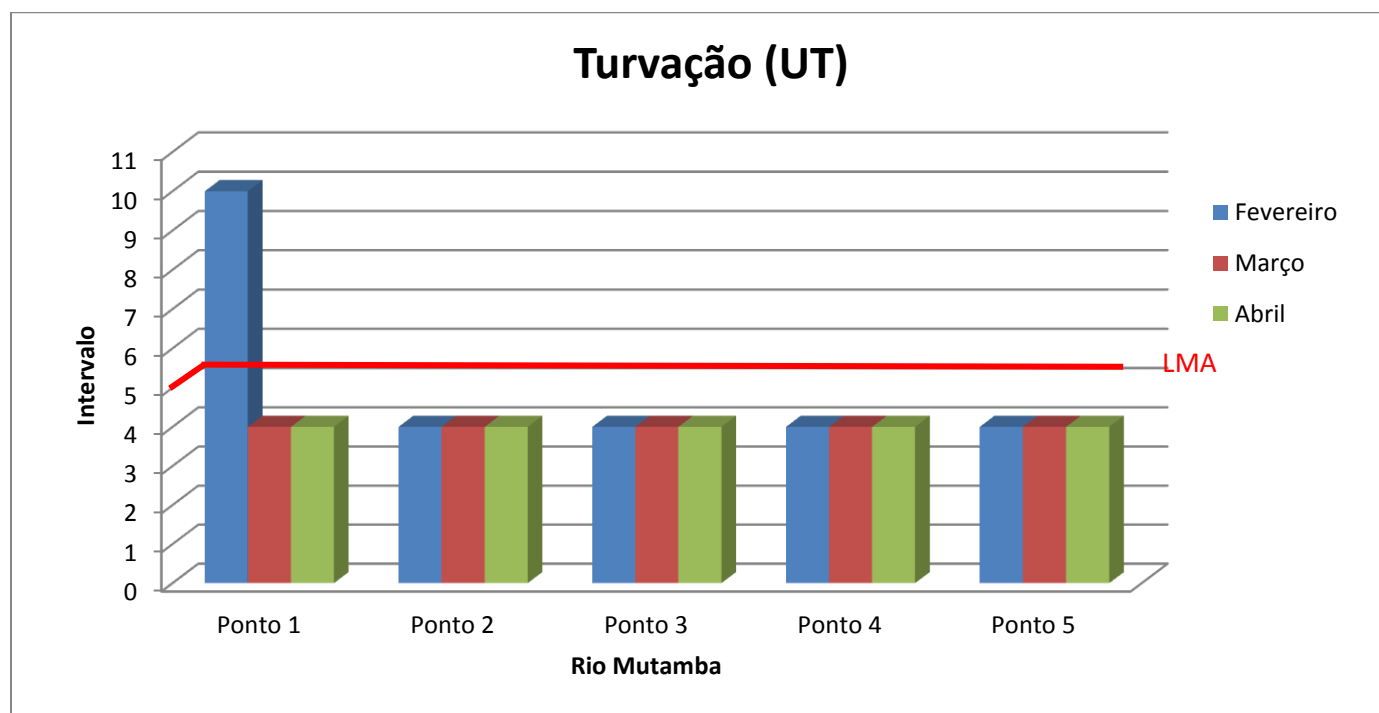


Figura 10: Qualidade de água do parâmetro Turvação

A turbidez não apresenta grandes variações ao longo dos pontos colectados no rio, sendo que registou um valor máximo correspondente a 10UT no mês de Fevereiro no primeiro ponto, este resultado está fora dos padrões estabelecidos pelo diploma n^o 180/2004 de 15 de Setembro o

resto dos resultados foram menores que 5UT. Nas águas com Turbidez as partículas encontram-se em suspensão, sendo maiores do que aquelas que produzem cor. Podem ter origens orgânicas ou inorgânicas, estando mais comumente associadas à presença de algas e argilas na água. Esgotos domésticos e efluentes industriais também podem conferir turbidez à água. DI BERNARDO, (1993). O resultado evidencia a existência de partículas suspensas na água, valores superiores a 5 UT indicam a necessidade de uma estação de tratamento de água convencional.

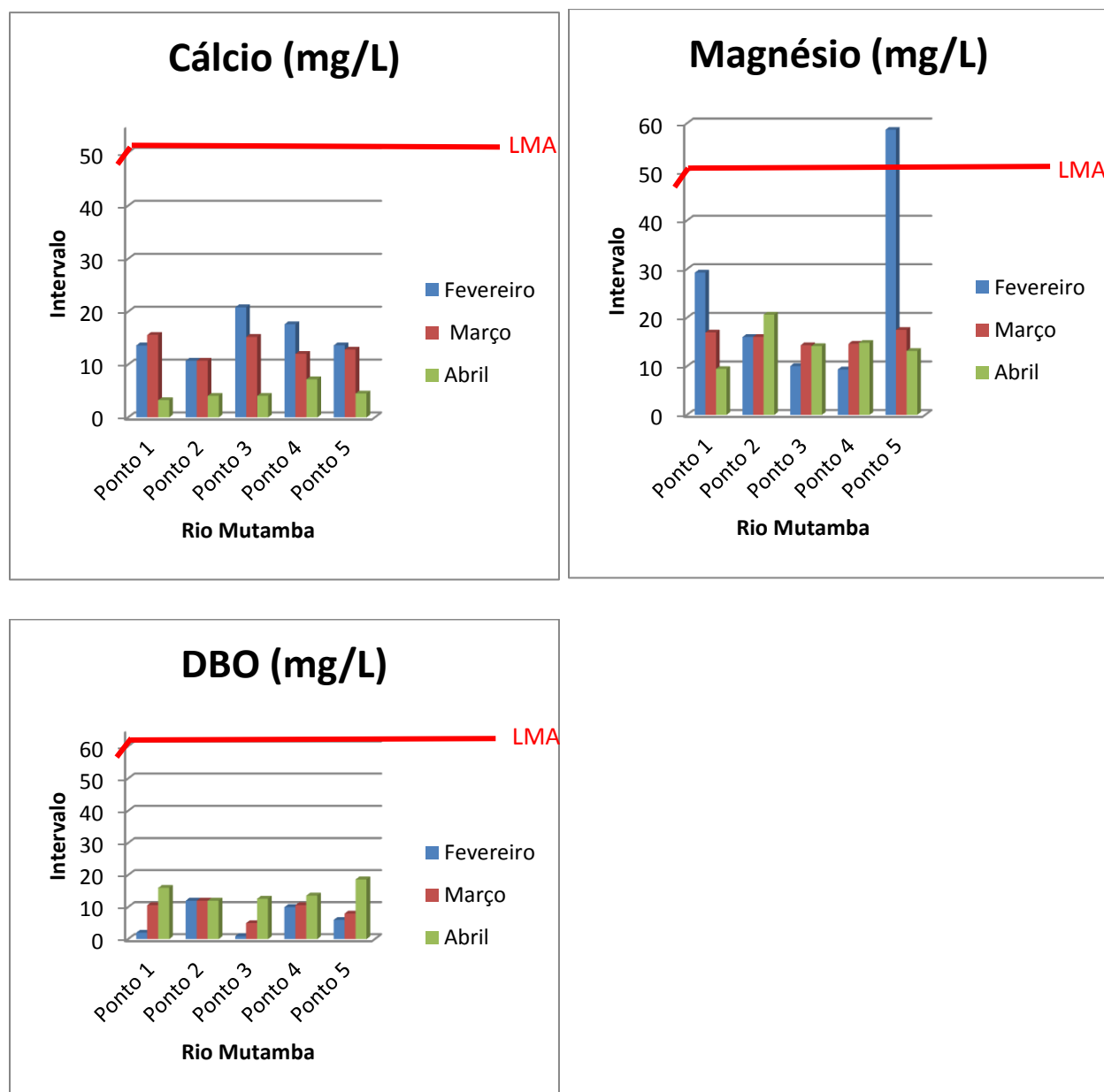


Figura 11: Qualidade de água dos parâmetros Cálcio, Magnésio e DBO

Nota-se que para o Cálcio os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pelo diploma ministerial nº 18/2004, os gráficos mostram que o cálcio esta relativamente mais baixo no mês de Abril contudo aceitável para a sua potabilidade pois o limite admissível é de 50mg/L todos os resultados estão dentro do padrão estabelecido, sendo que a amplitude é de 16.76, o máximo é 20.84 e mínimo 4.08.

O Magnésio apresenta uma variação grande no quinto ponto, mês de Fevereiro teve-se 58.67mg/L, olhando para o diploma nº 180/2004 de 15 de Setembro o limite máximo admissível do Magnésio é de 50mg/L, a presença de magnésio na água é devido ao consumo de sabão e detergentes, traz um sabor desagradável. Nas amostras de água o Magnésio tem um prejuízo económico, o aumento de sabão implica num aporte maior de fosfatos aos esgotos, aumentando a poluição, BENILDE MENDES (2004). Valor elevado de Magnésio foi registado no mês de Fevereiro.

Para a DBO usou-se uma legislação internacional, CONAMA resolução 357/2005 o valor máximo admissível é de 60mg/l os resultados estão em todos os pontos dentro do padrão estabelecido pela legislação internacional, resultados aceitáveis e permissíveis na qualidade de água. O valor máximo é 18.65mg/l e mínimo é 2mg/l, verificando-se uma amplitude de 16.65mg/l.

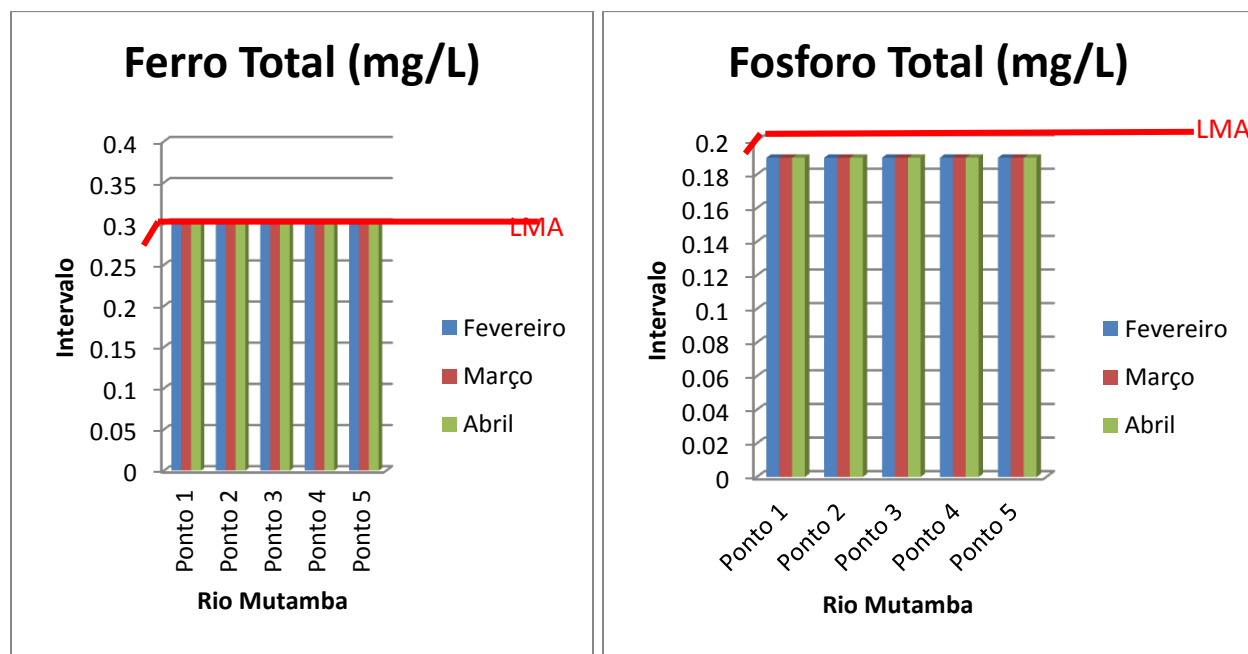


Figura 12: Qualidade de água dos parâmetros Ferro total e Fosforo total

Olhando para o gráfico, nos três meses não há variação dos resultados, o resultado foi constante em todos pontos de todas amostras analisadas, 0,3mg/L. O limite máximo admissível estabelecido pela legislação nº 180/2004 é de 0,3mg/l. No entanto verificou-se que em todos pontos compreende aos requisitos de potabilidade requeridos pelo diploma ministerial nº 180/2004 para estes indicadores. O valor de Ferro total manteve-se constante.

Tal como o ferro total, o fósforo total também foi constante em todos os pontos coletados os resultados mostram essa dinâmica, os resultados estão dentro dos limites estabelecidos pelo diploma ministerial nº 180/2004. O valor estabelecido pela legislação como limite é 0,1mg/l. os resultados foram constantes todos <0,2LQ, significando que estiveram dentro dos limites estabelecidos pelo regulamento.

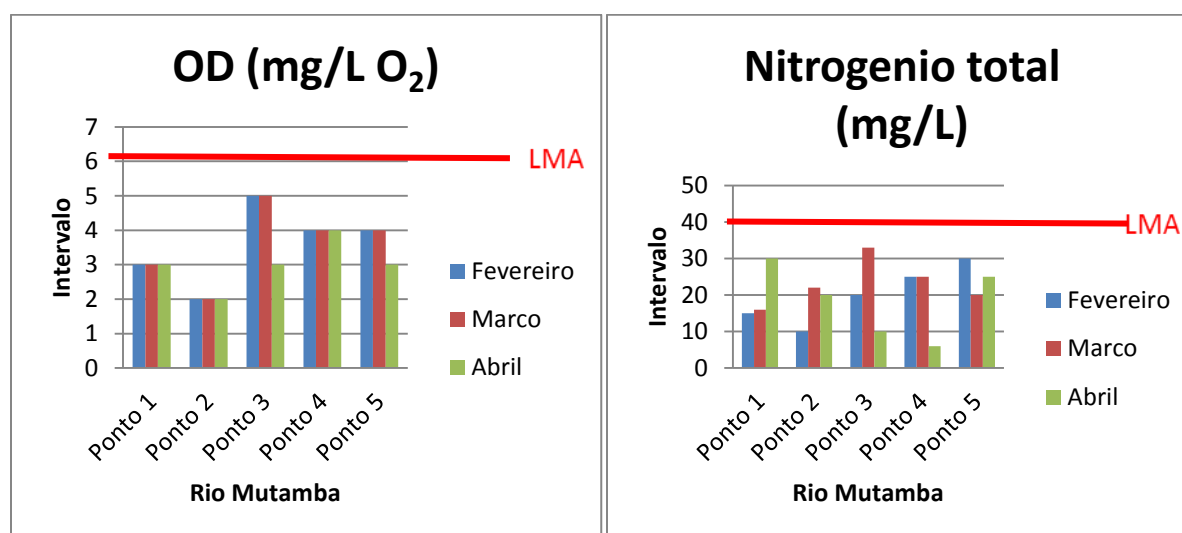


Figura 13: Qualidade de água dos parâmetros Oxigenio Dissolvido e Nitrogenio total

Os parâmetros OD e Nitrogenio total foram, analisados usando a legislação CONAMA resolução 357/2005. Os resultados estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução 357/2005 da CONAMA. O limite máximo admissível do OD é de 6mg/l O₂, todos os pontos encontram-se dentro do intervalo estabelecido o valor máximo registou-se no ponto 3 com 5mg/L O₂, ambos no mês de Fevereiro, o valor mínimo é de 2mg/L O₂ registou-se no ponto 2 em todos meses, tendo uma amplitude de 4mg/L O₂. O Nitrogenio total também encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, tem um limite admissível de 40mg/L o valor máximo registou-se no mês de Março no ponto 3 com o valor de 33mg/L, o valor mínimo foi no mês de Abril no ponto 4 com o valor 6mg/L, tendo uma amplitude de 27mg/L.

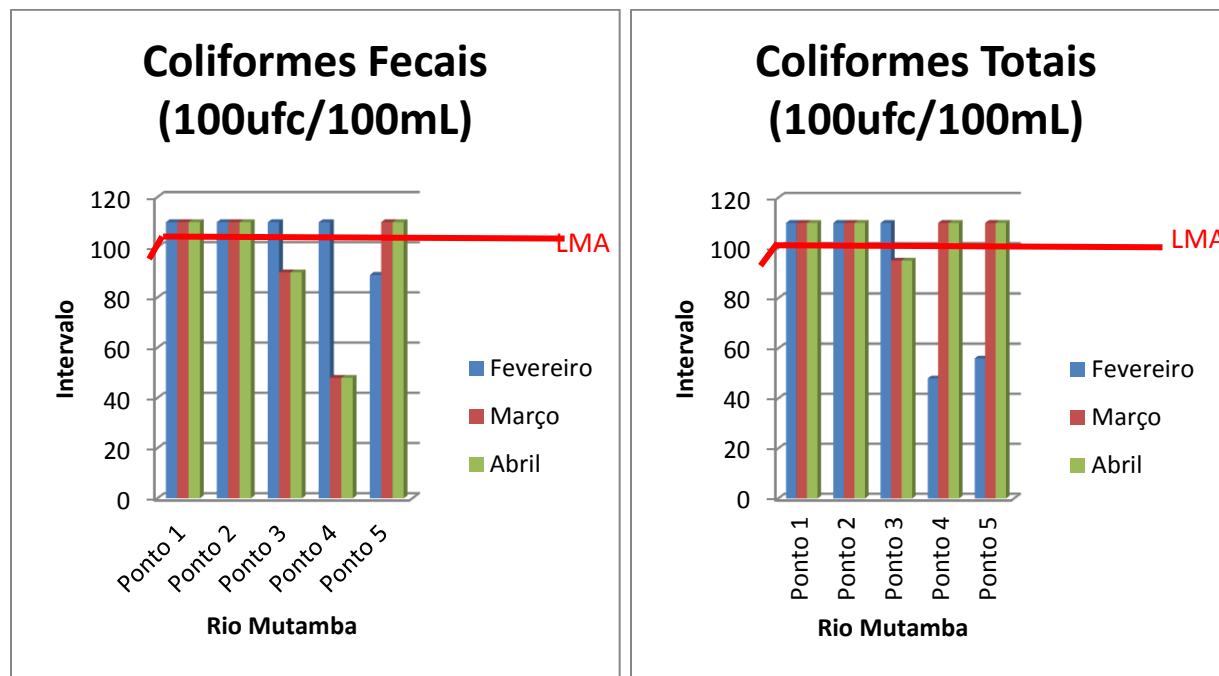


Figura 14: Qualidade de água dos parâmetros Coliformes Fecais e Totais

Os parâmetros microbiológicos, não satisfazem de maneira alguma no rio, consoante os resultados a qualidade de água da maioria dos pontos não corresponde aos padrões de potabilidade exigidos pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro para os Coliformes Fecais. Das amostras avaliadas apenas em 6 das 15 colectadas (40%) detectou-se os Coliformes Fecais dentro dos padrões requeridos, sendo que os Coliformes Fecais máxima detectada foi >100 ufc/100 mL em 9 pontos encontrados no primeiro, segundo e terceiro ponto no mês de Fevereiro, primeiro, segundo e quinto no mês de Março e primeiro, segundo e quinto ponto no mês de Abril. A contaminação fecal é um factor importante na avaliação da qualidade da água e dos riscos para a saúde humana, as bactérias do grupo coliforme habitam o intestino de animais mamíferos, KATO (1983). Neste contexto a população está sujeita à riscos de contrair doenças gastrointestinais devido ao consumo de água com contaminação fecal.

Nos coliformes totais não se defere de coliformes fecais, os coliformes totais são bem mais críticos pois são 12 pontos em que os resultados não estão dentro dos limites estabelecidos pelo diploma ministerial nº 180/2004. Das amostras avaliadas apenas em 3 das 15 colectadas (20%) detectou-se os Coliformes Totais dentro dos padrões requeridos, sendo que os Coliformes Totais máxima detectada foi >100 ufc/100 mL em 12 pontos nos três meses. Sempre houve 4 pontos críticos fora dos padrões estabelecidos nos três meses de pesquisa. Os coliformes totais, são

grupos de bactérias gram-negativas, que podem ou não necessitar de Oxigénio - Aeróbias ou Anaeróbias, que não formam esporos, e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral, KATO (1983). Pelo estudo da concentração dos Coliformes nas águas pode-se estabelecer um parâmetro indicador da existência de possíveis microorganismos patogénicos que são responsáveis pela transmissão de doenças pelo uso ou ingestão da água, tais como a febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

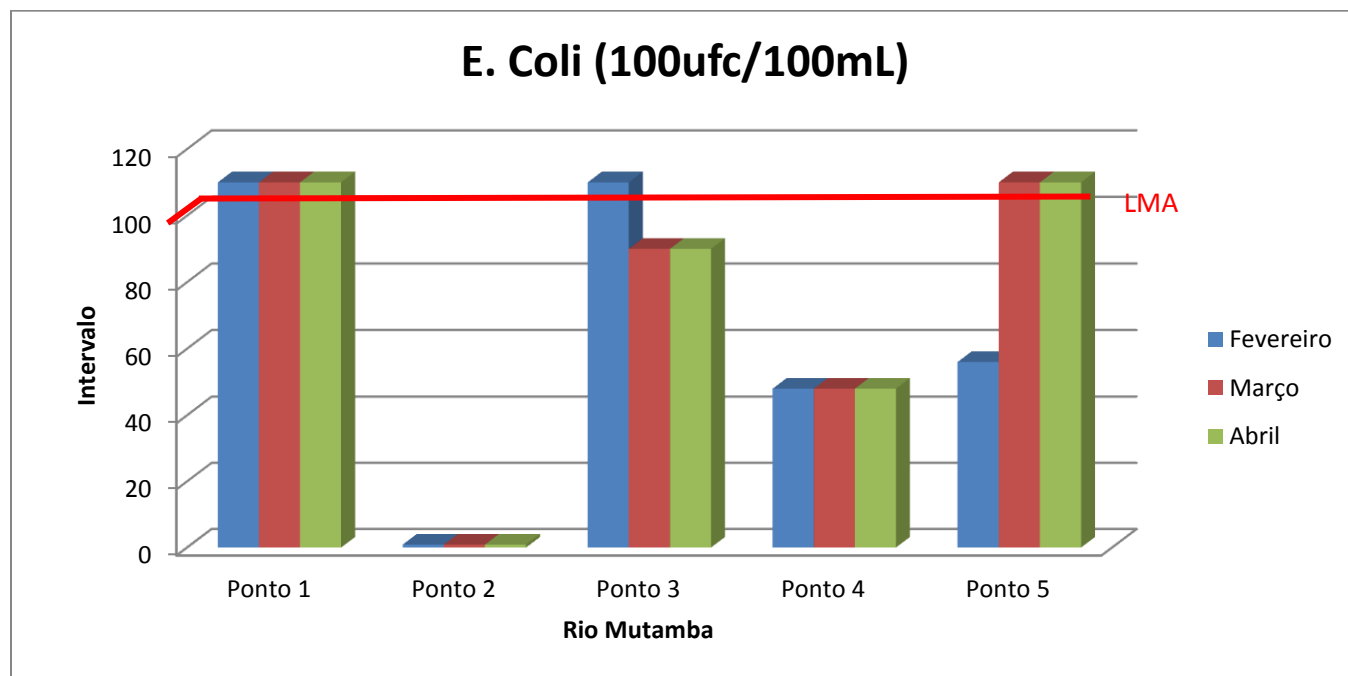


Figura 15: Qualidade de água do parâmetro E.Coli

Foi encontrado elevado percentual de amostras com presença de quantidades de *E.coli* acima do estabelecido pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro. A presença da presença do *Escherichia coli* (*E. coli*) na água é devido a proximidade entre as unidades sanitárias cujas fossas são permeáveis e as fontes de captação de água. Nas amostras de água o *E. coli* evidência a contaminação fecal, uma vez que este normalmente habita o intestino do homem e de outros animais de sangue quente ROSA *et al* (2008). A contaminação fecal é um factor importante na avaliação da qualidade da água e dos riscos para a saúde humana. Neste contexto toda população nestes pontos tem riscos de contrair doenças gastrointestinais devido ao consumo de água com contaminação fecal. No rio verificou-se ainda que as quantidades de *E.coli* variam significativamente dependendo das condições de cada ponto.

5.2. Índice de Qualidade de água

Tabela 14: Média dos três meses

Meses	Fevereiro	Março	Abril
IQA	57.37	53.72	49.93

$$\text{Média} = \frac{\text{Fevereiro} + \text{Março} + \text{Abril}}{3} \quad (5.1)$$

$$\text{Média} = \frac{57.37 + 53.72 + 49.93}{3}$$

$$\text{Média} = 53.67$$

$$\text{IQA} = 53.67$$

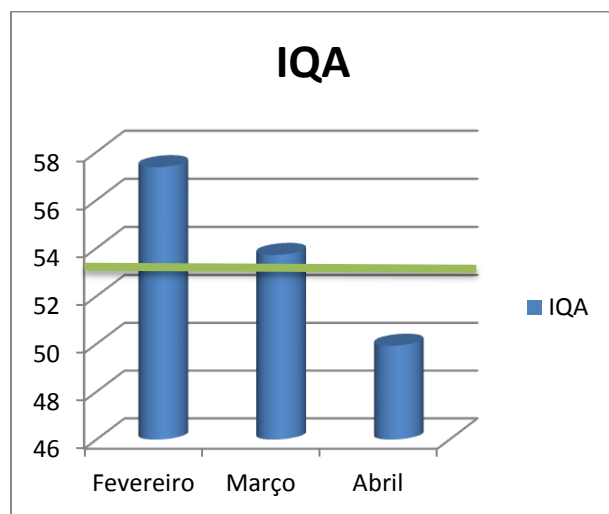


Figura 16: Índice de Qualidade de água em cada mês

O resultado do índice de qualidade de água do rio Mutamba é de 53.67 está no grupo de categoria BOA segundo a CETESB (2007), o IQA feito no rio Mutamba é BOM. Para o índice de qualidade de água dos três meses, conforme mostra o gráfico o mês de Fevereiro tem maior índice de qualidade de água 57.37, a uma tendência de decrescer nos meses que se seguem Março tem o IQA 53.72 e Abril tem o valor de 49.93. Apenas o mês de Abril tem uma categoria Regular.

Tabela 15: Índice de qualidade de água em cada um dos pontos

Pontos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
IQA	51.56	47.37	59.20	56.97	53.26

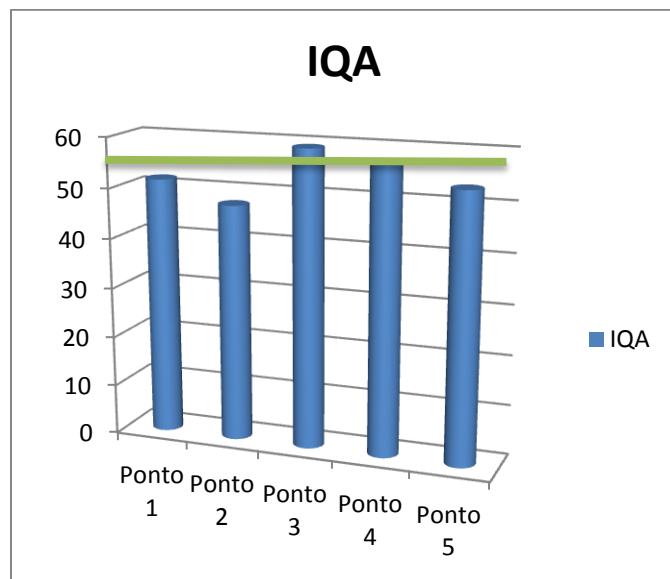


Figura 17: Índice de Qualidade de água em cada ponto

A média do resultado do índice de qualidade de água nos pontos colectados não altera é o mesmo 53.67, segundo a CETESB (2007), os pontos 1,3,4, e 5 estão numa categoria BOA, e o ponto 2 está numa categoria Regular. Em termos dos pontos o gráfico mostra que o ponto 3 é o mais elevado, tem o melhor Índice de qualidade de água 59.20, seguido do ponto 4 com 56.97, ponto 5 com 53.26,o ponto 1 com 51.56 e finalmente o ponto 2 com 47.37. Não há uma variação grande no resultado do IQA nos pontos tendo uma amplitude de 11.83. O resultado do IQA nos pontos é satisfatório, pois apesar de se ter adotado o Oxigénio dissolvido e Nitrogénio total, com os resultados obtidos no laboratório o IQA está dentro dos padrões estabelecidos pela CETESB (2007).O IQA no rio Mutamba é BOM tendo em conta os resultados obtidos.

- O Primeiro ponto (ponto 1) de colecta, optou-se por este ponto porque tem muita probabilidade de poluição no rio devido ao fabrico de tijolos e por a população usar muito este local para a lavagem de roupa e também para o banho. Usando o aparelho GPS, o ponto 1 fica a 7Km da comunidade, fica a 2.75km do ponto2. O sentido do escoamento deste ponto é de Oeste a Este, as águas desaguam no Oceano Indico. O ponto 1, o índice de qualidade de água é o quarto ponto mais critico, contudo durante o seu escoamento pelo facto de os parâmetros microbiológicos estarem fora dos padrões pode perigar a vida do homem porque o oceano recebe a água e os mariscos serão afectados.
- O segundo ponto (ponto 2), escolheu-se este ponto por ser uma fonte de embebedamento do Gado, usa-se a água também a água deste ponto para o fabrico de Tijolos sendo estas

duas grandes razões para análise da sua qualidade, sujeita obviamente a poluição. Deste ponto ao terceiro tem a distância de 1km usando o GPS, os pontos estão separados por uma ponte. O sentido do escoamento é de Sul a Norte, desagua na Baía de Inhambane. Os coliformes estão fora dos limites neste ponto, pode perigar a vida do homem, a Baía fornece os Mariscos.

- O terceiro ponto (ponto 3), a descrição deste ponto com o segundo é a mesma, quanto a sentido do escoamento e influência da qualidade de água. Deste ponto ao quarto usando o GPS são 6.11Km. Este ponto tem a particularidade de ter o melhor IQA.
- O quarto ponto (ponto 4), optou-se por este ponto porque por ai passa a estrada nacional número 1, e também a ARA-SUL tem no local uma estação hidrométrica. A circulação de viaturas é uma fonte para a poluição no rio. Do ponto 4 a para o ponto 5 usando o GPS tem a distância de 916m. Os pontos 4 e 5 estão separados por uma ponte. O sentido de escoamento é de Oeste a Este o rio desagua no Oceano Indico. A presença dos parâmetros microbiológicos pode perigar a população, pois no oceano tem os mariscos, que depois o homem consome.
- O quinto ponto (ponto 5), este ponto tem a mesma descrição do ponto 4, quanto ao sentido do escoamento e influência de qualidade de água. Deste último ponto para a localidade de Jangamo-Sede usando o GPS dista 2.67km. A presença dos coliformes, E.coli e Magnésio influencia significativamente na qualidade de água, neste ponto o rio desagua no oceano indico.

5.3. Dimensionamento da ETA

Os resultados do dimensionamento são satisfatórios, na etapa da Calha Parshall o gradiente de velocidade é de $G = 858.59S^{-1}$, DI BERNARDO (1993), recomenda que o gradiente deve estar entre $750S^{-1}$ a $1500S^{-1}$. Na unidade de Coagulação o gradiente é de $= 26.29S^{-1}$, DI BERNARDO (1993), recomenda que o gradiente estar próximo de $20S^{-1}$. A unidade de floculação os resultados dos gradientes é: na primeira câmara $G=76.7$, na segunda câmara $G=57.5$, na última câmara $G=23.7$, VIANNA, (1992) diz que os resultados dos gradientes devem ser em cada câmara respectivamente $70S^{-1}$, $50S^{-1}$ e $20S^{-1}$, os resultados aproximam-se a estes valores, estão dentro do limite. Na unidade de sedimentação, o gradiente é de $12S^{-1}$ Silva et al, (2001) recomenda que o gradiente deve ser menor que $20S^{-1}$ o resultado encontra-se dentro do limite.

Na unidade de filtração para Moçambique recomenda-se que se tenha 4 filtros na estação de tratamento de água, adoptou-se seis filtros nesta pesquisa para dar uma garantia no sistema de abastecimento de água prevendo que a água do rio pode alterar, dando também um maior tempo de vida útil no sistema de abastecimento de água. O decreto 30/2003 do regulamento do sistema público de abastecimento de água recomenda que deve-se montar um sistema convencional de abastecimento quando a turbidez exceder 50UT, o maior valor da turbidez do rio é de 10UT está num padrão aceitável, com este valor não seria imperioso dimensionar o sistema convencional, mas prevendo que podem haver mudanças nos factores Hidrológicos o que pode mudar o sistema do rio deve-se montar o sistema convencional para dar melhor garantia a população.

6. CONCLUSÃO

No entanto a partir dos estudos feitos e resultados obtidos pode-se obter as seguintes conclusões: Com a realização do cálculo IQA observou-se que o índice de qualidade de água no rio Mutamba é BOM. Observou-se que o ponto 2 possui o menor valor do índice para a qualidade de água, está numa categoria Regular, isto pode ter acontecido devido a maior índice de poluição neste ponto. Observou-se também que os pontos 3 e 4 tem o melhor IQA, são os pontos menos propensos a poluição da água.

Os parâmetros microbiológicos não correspondem aos padrões de potabilidade requeridos pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro, assim é tecnicamente considerada ” *água de má qualidade*”, tornando primordial o seu tratamento, uma vez que a água de má qualidade constitui um dos importantes veículos de transmissão de doenças gastrointestinais de natureza infecciosa, por esse contexto dimensionou-se a ETA. A contaminação fecal da água no rio foi evidenciada pela presença de quantidades de *E.coli*, *C.Fecais* e *C.Totais* acima do legislado pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro da MISAU.

Conclui-se que é necessário um monitoramento constante dos pontos para garantir a qualidade da água para consumo humano, em longo prazo como subsídio para a tomada de decisões quanto ao uso e conservação da água do rio.

Em maioria das regiões do País que passa um curso de água, o governo tem vindo a fazer esforços para o abastecimento de água, a comunidade de Jangamo-sede não possui um sistema de tratamento de água convencional, conhecendo-se o IQA que é BOM, com a estação de tratamento de água vai contribuir para a minimização de ocorrência de doenças de veiculação hídrica nas comunidades em decorrência do consumo de água de má qualidade e reduzir as distancias percorridas para obtenção da água. Este feito vai minimizar a escassez da água para o abastecimento nesta zona pois a população percorre grandes distâncias a busca de água para o consumo humano.

7. RECOMENDAÇÕES

Considerando a actual situação da qualidade da água, são apresentadas algumas orientações e recomendações para minimização da contaminação das águas do rio, melhoramento do acesso água potável na região. Tais recomendações São a seguir apresentadas:

- Conhecendo-se o índice de qualidade de água do rio Mutamba, terá maior rendimento e aproveitamento dos residentes e empresas envolvidas na gestão de água do rio.
- Nos próximos estudos faça-se um estudo de Índice de Qualidade de água completo, pois nesta pesquisa não analisou-se o Oxigénio dissolvido e Nitrogénio total.
- Elaboração de estratégias sustentáveis para redução dos riscos de ocorrências de doenças gastrointestinais em decorrência do consumo de água de má qualidade, os quais resultam em elevados custos de saúde para as pessoas, as comunidades e o país.
- Recomenda-se a comunidade académica a encarar o estudo como não conclusivo, mas sim um ponto de partida para a reflexão sobre a situação actual de abastecimento de água. Pois também o mesmo constitui um ponto de partida para a realização de futuras pesquisas na área de estudo com objectivo de proporcionar um melhoramento técnico e gerar conhecimento científico mais aprofundado.

LISTA BIBLIOGRÁFICA

1. ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12216/92. Projecto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro – RJ. 1992.
2. AGUDO, E.G. Notas de Aula da Disciplina “Fundamentos Químicos do Saneamento”, Universidade Mackenzie, 1988.
3. ALVES, M. N.; MOLINA, A. G. & SANCHEZ, P. S. Exame Microbiológico da Água. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental 1992.
4. AZEVEDO NETO, José M., Técnica de Abastecimento e Tratamento da Água 1987.
5. AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G. A. Manual de hidráulica. 7.ed. São Paulo: E. Blücher,. v.1, 335p 1991 .
6. Barbosa, A. A Experiência da CAESB com Lodos de Estações de Tratamento de Água. Trabalho apresentado no 1º Encontro sobre Inovações Tecnológicas em Saneamento – Lodos e Odores. ABES-RS. Porto Alegre, abril de 2007.
7. BATALHA, B.H.L., PARLATORE, A. C. Controle da qualidade da água para o consumo humano; bases conceituais e operacionais. 1ª ed. São Paulo: Cetesb, 1977.
8. BENILDE MENDES & J.F.SANTOS OLIVEIRA: Qualidade de água para o consumo humano lide edições Técnicas Lda Lisboa-Porto, Novembro 2004.
9. BERNARDO, M 2012 **Comparação dos métodos aplicados na detecção de bactérias coliformes, *Escherichia coli* e *Enterococcus* SP Em águas para fins recreativos**, Faculdade De Ciências E Tecnologia, Universidade Do Algarve.
10. Boletim da República de 1 de Julho do Conselho de Ministério das obras públicas habitação e recursos hídricos. Estabelece o regulamento de sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais sobre normas de abastecimento de água, Decreto 30/2003.
11. Boletim da República de 15 de Setembro do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade 2004.
12. CASALI, Carlos Alberto. Qualidade da água para consumo humano ofertado em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. 15 de fevereiro de 2008. Dissertação em Ciência do solo - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 15 de fevereiro de 2008.

13. CETESB. Índice de qualidade das águas. (Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas_interiores/documentos/indices/01.pdf – acessada 2017).
14. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: Apêndice B, Série Relatórios. 2008
15. *COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.,1997. Indicadores de Qualidade das Águas.*
16. DI BERNARDO, José M., Métodos e Técnicas de Tratamento da Água 1993.
17. FOX, R. W. Introdução á Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
18. GASTALDINI,M.C.C.;SOUZA,M.D.S. "Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim através de Índices de Qualidade de Água", 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre 1994.
19. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais – 2º trimestre de 2012.** Belo Horizonte, 2012.
20. KATO, M.T. Roteiro de aula da disciplina “Qualidade da Água, do Ar e do Solo”, Escola de Engenharia Mauá, 1983.
21. KSB, Manual de Treinamento: Seleção e Aplicação de Bombas Centrífugas.Centro de Treinamento da KSB, 2003.
22. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2005. 444p.
23. Manual do perfil do distrito de Jangamo, pronvincia de Inhambane; 2005.
24. MARCELO LIBÂNIO, Eduardo von Sperling, Rafael Bastos, Léo Heller e Patrícia Borja, VIGILANCIA E CONTROLO DA QUALIDADE DE AGUA PARA O CONSUMO HUMANO. Ministério da Saúde de Brasil 2006.
25. MISAU, DNS, DSA,. Regulamento sobre a Qualidade de Agua para o Consumo Humano. Maputo 2004.
26. OLIVEIRA, W.E. e outros - "Técnica de Abastecimento de Água", CETESB, 2ª edição, São Paulo, 1978.

27. PEREIRA, Benedito E. Barbosa *et all*, Técnica de Abastecimento e tratamento de água. São Paulo 1987.
28. PIVELI, R.P. “Qualidade da Água”. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Fac. Saúde Pública – USP, 1996.
29. REIS T.A.J. – *Estudo dos Padrões para Compostos Amoniacais em Efluentes e Cursos D’água Interiores* – Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 1997.
30. ROSA, C ALMEIDA, F JÚNIOR³,E ALVES e, M MARTINS, M; 2008; **Qualidade microbiológica de água de poços provenientes de áreas urbanas e rurais de campos dos goytacazes (RJ).**
31. SANTOS, J.M.M. Índice de Qualidade da Água Subterrânea Aplicado em Áreas de Aquíferos Cristalinos com Uso Agrícola: Bacia do Rio São Domingos – RJ. 2009. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências – Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
32. SILVA, Salomão A. & OLIVEIRA, Rui - "Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abstecimento e Residuárias", DEC/CCT/UFGP, Campina Grande, 2001.
33. TSUTYA, MILTON TOMAYUKI, Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP 1997.
34. VIANNA, M.R. Hidráulica aplicada as estacoes de tratamento de agua. Belo horizonte: Instituto de Engenharia aplicada, 1992.
35. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
36. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.* Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 3ª ed., 452 p. 2005 .
37. Wikipedia wildlife s.d., consultado no dia 10 de Junho de 2017, disponível em <http://users.orac.net.au/~mhumphry/austwild.html>.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Detalhe da determinação do grupo de variáveis básicas para o índice de qualidade de água

Mes de Fevereiro ponto 1

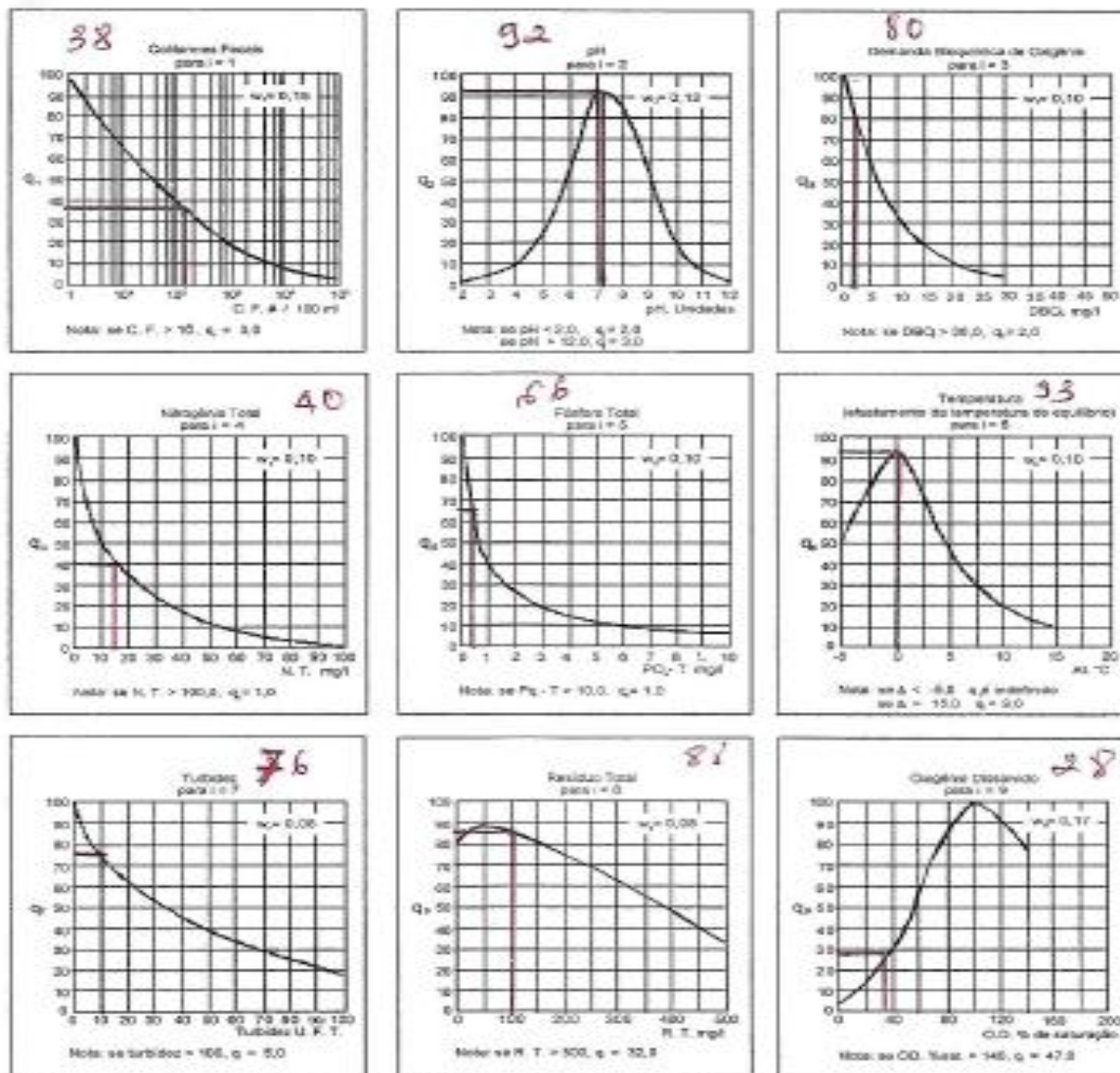


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

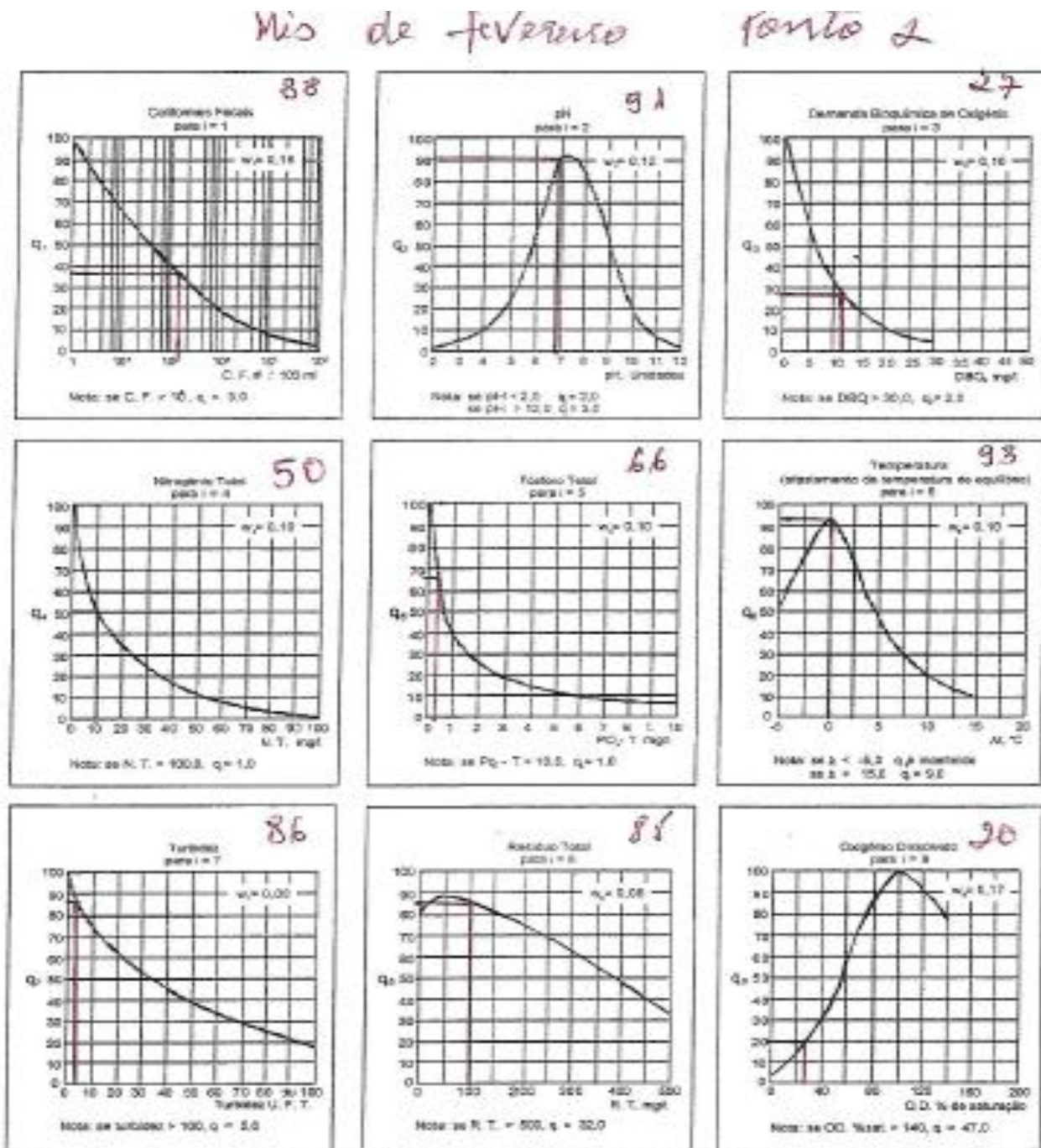
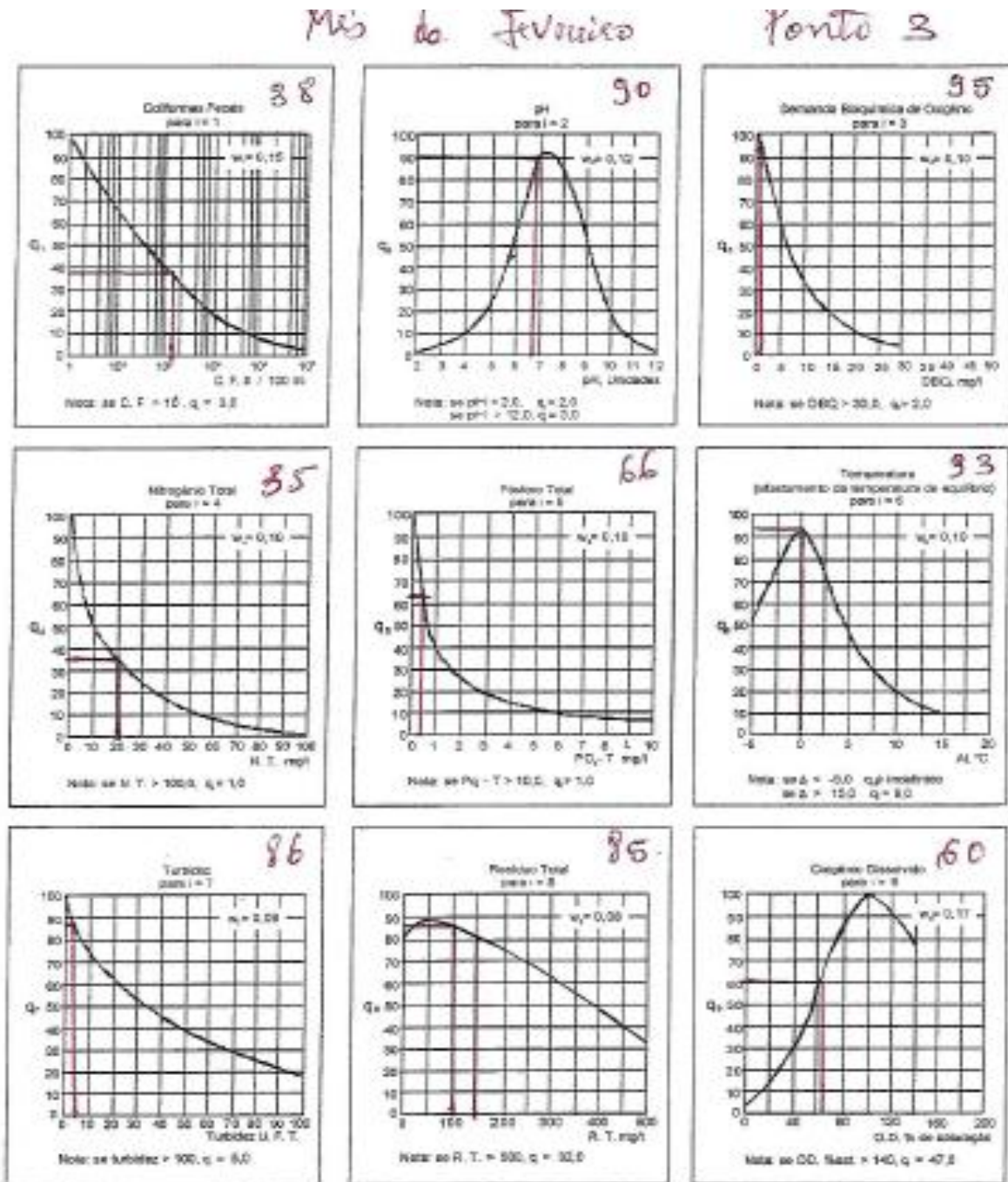


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.



No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

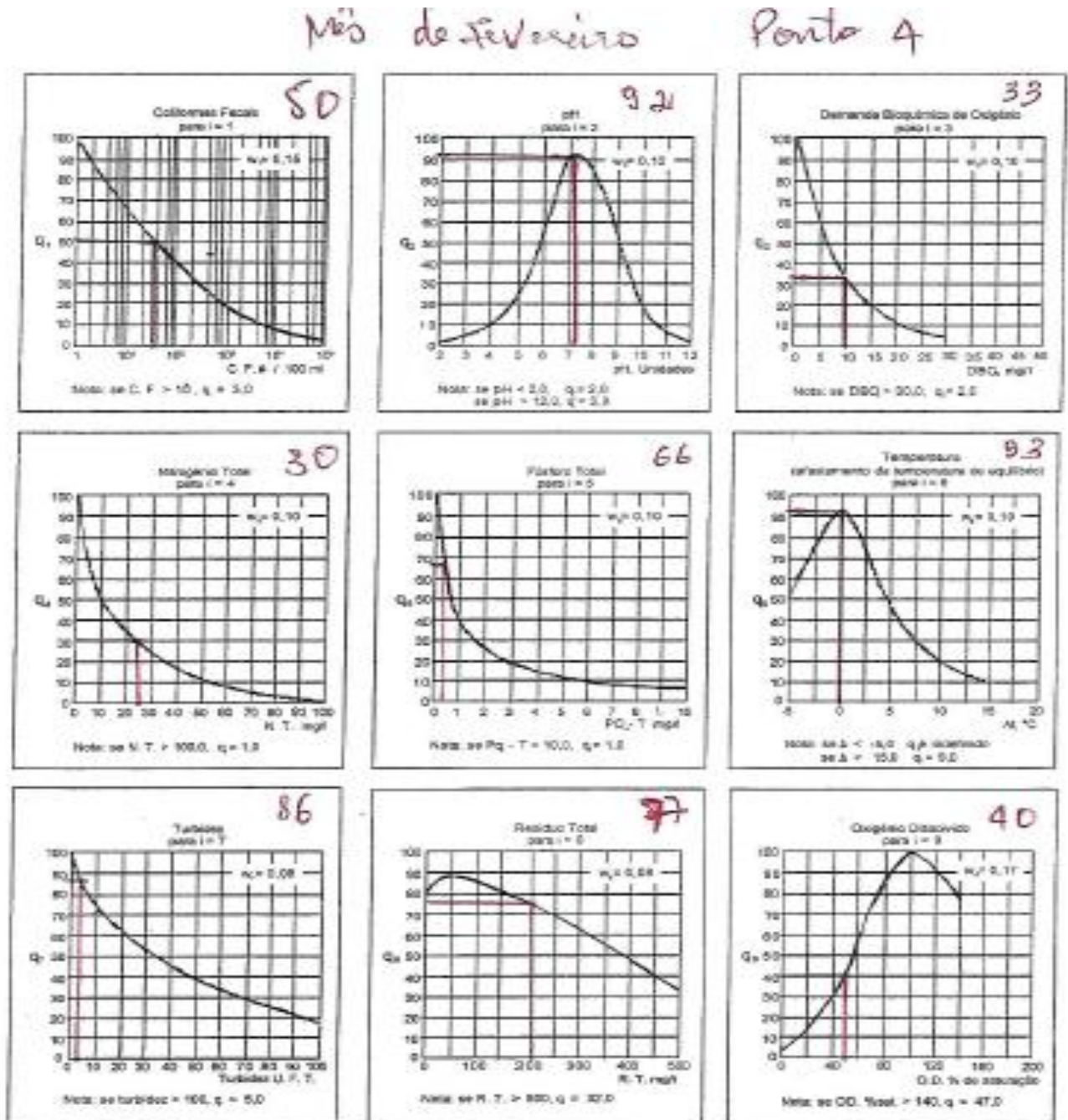


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

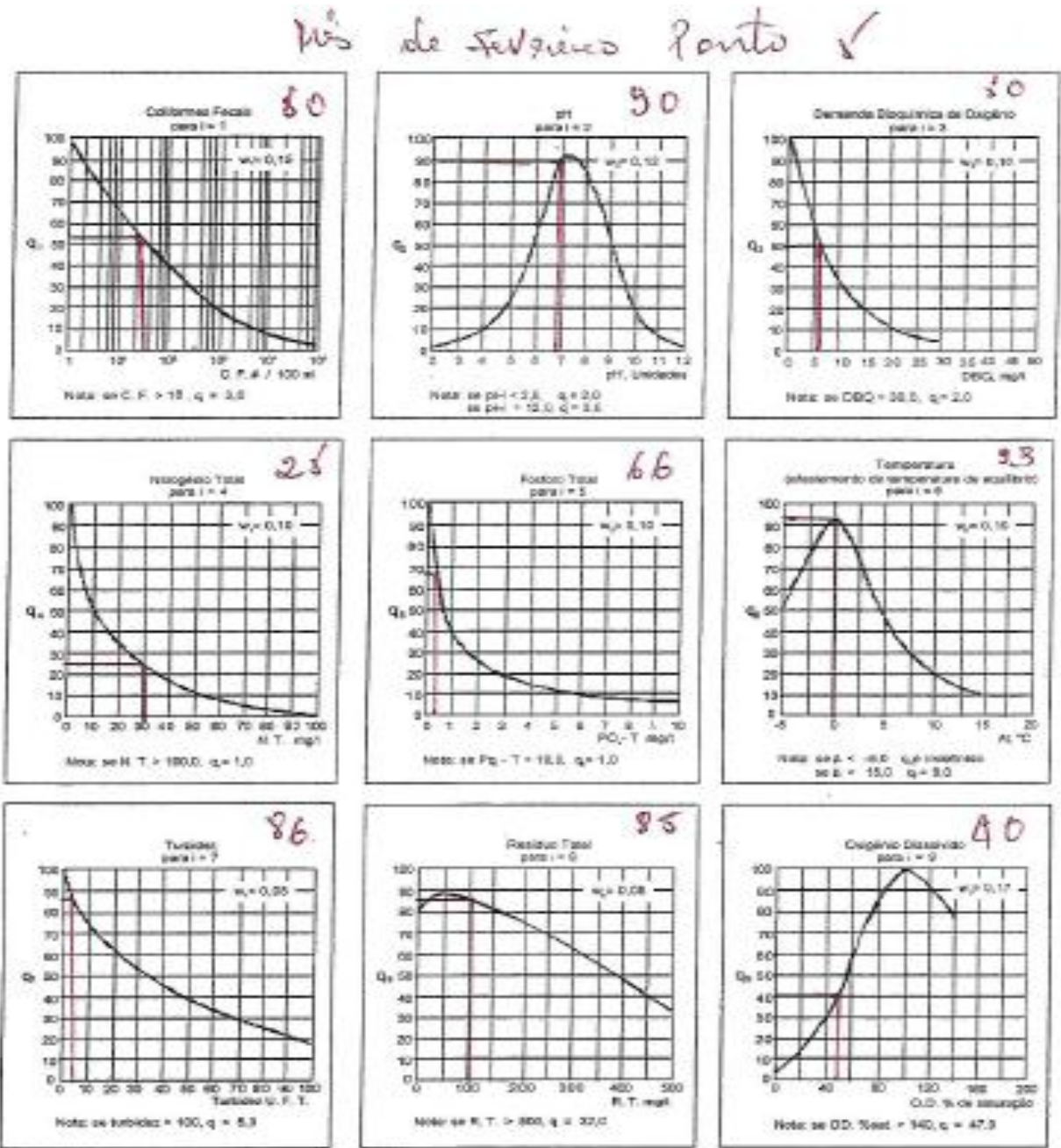


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

Mês de Março Ponto 1

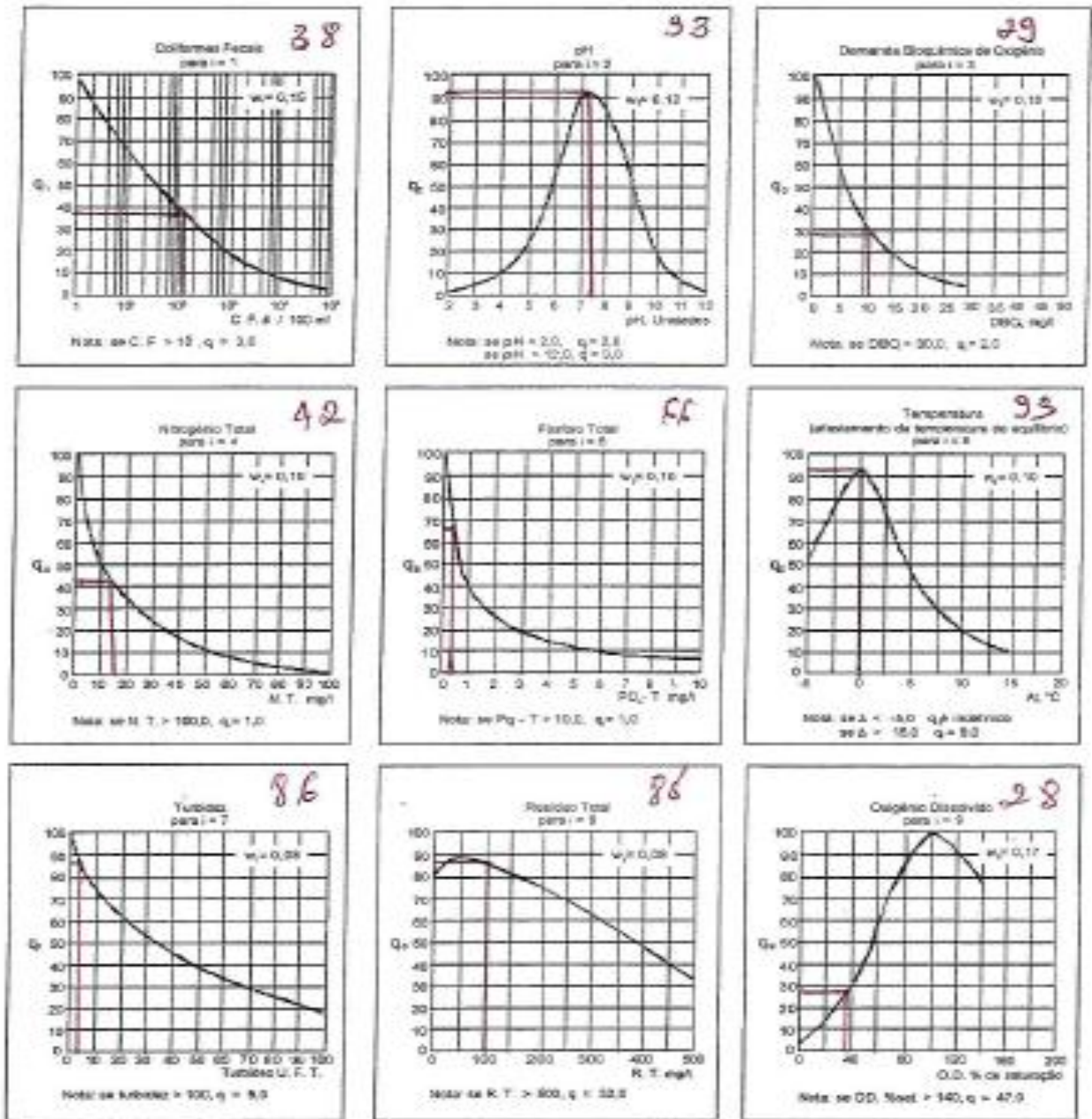


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

Má de Março Ponto 2

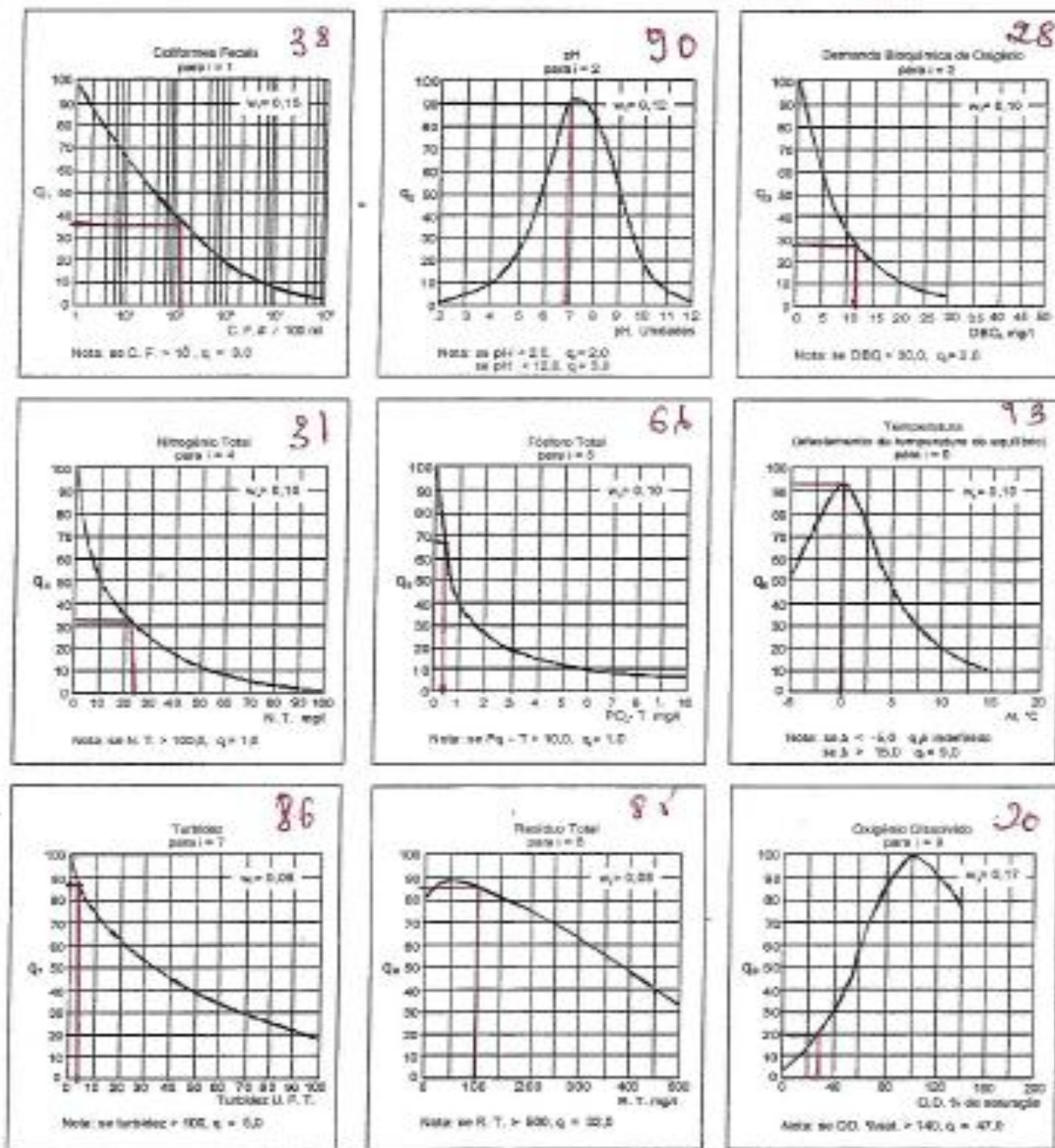


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

Mês de Março Fonte 3

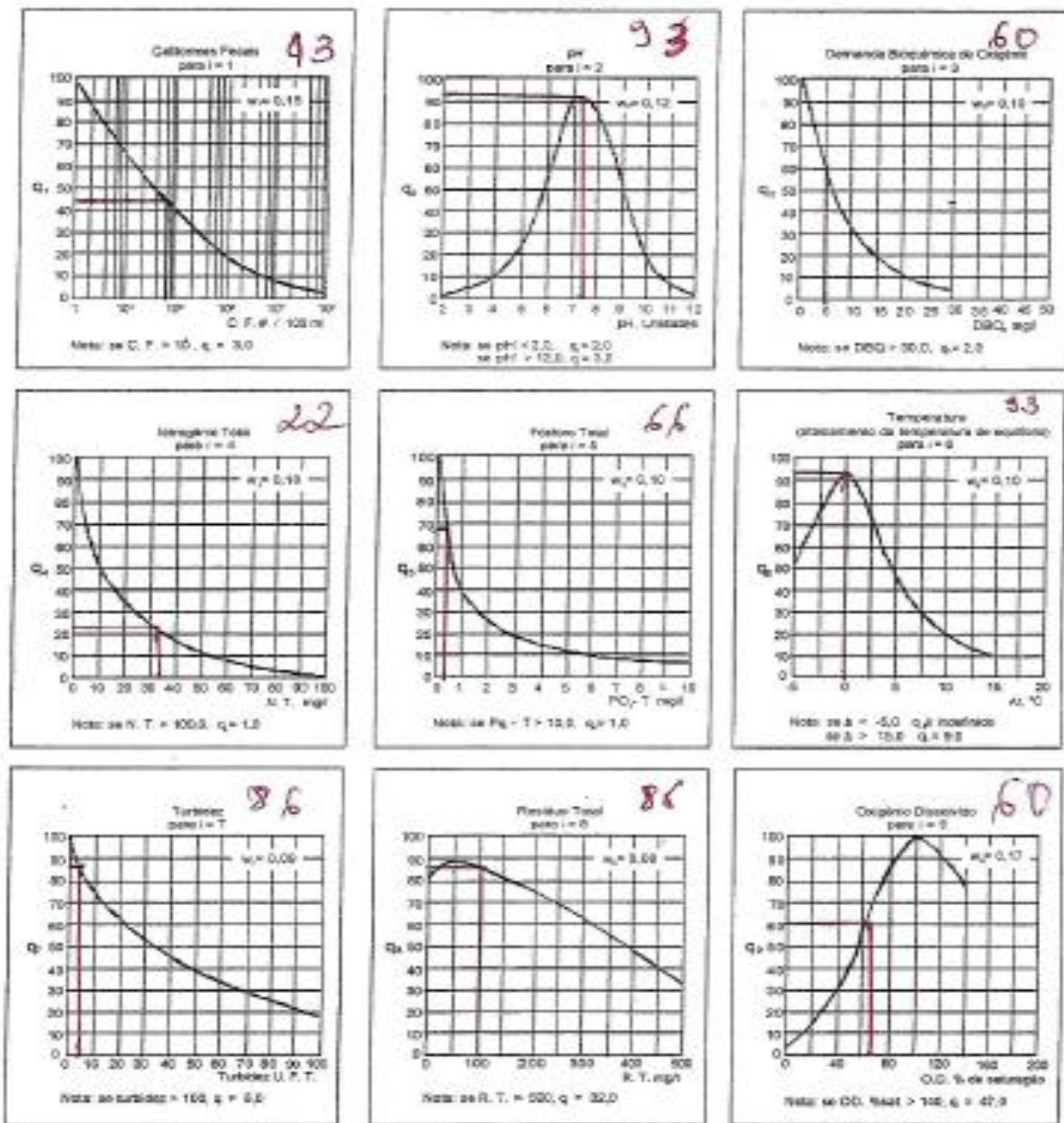


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

Mês de Março Janto 4

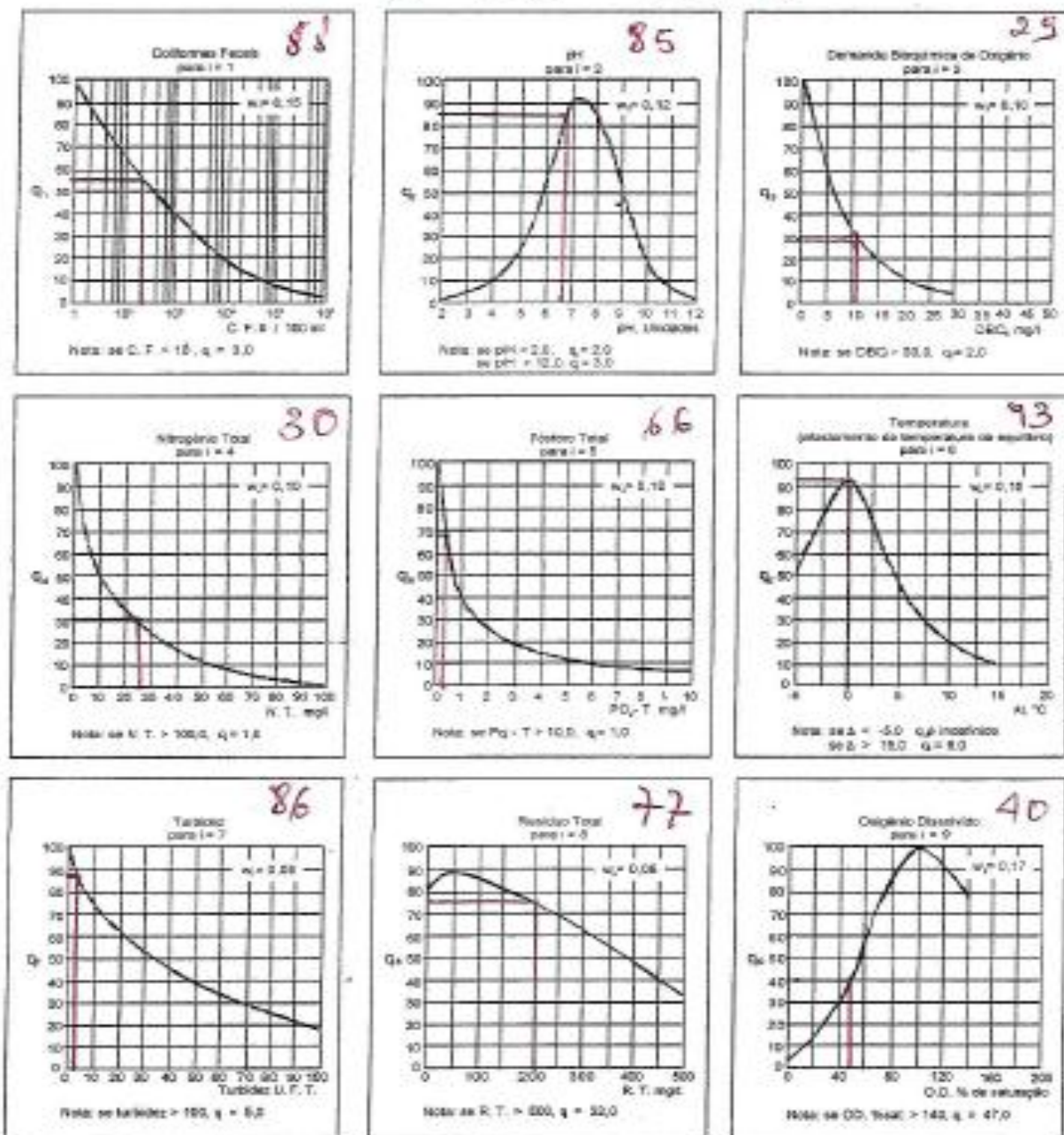


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

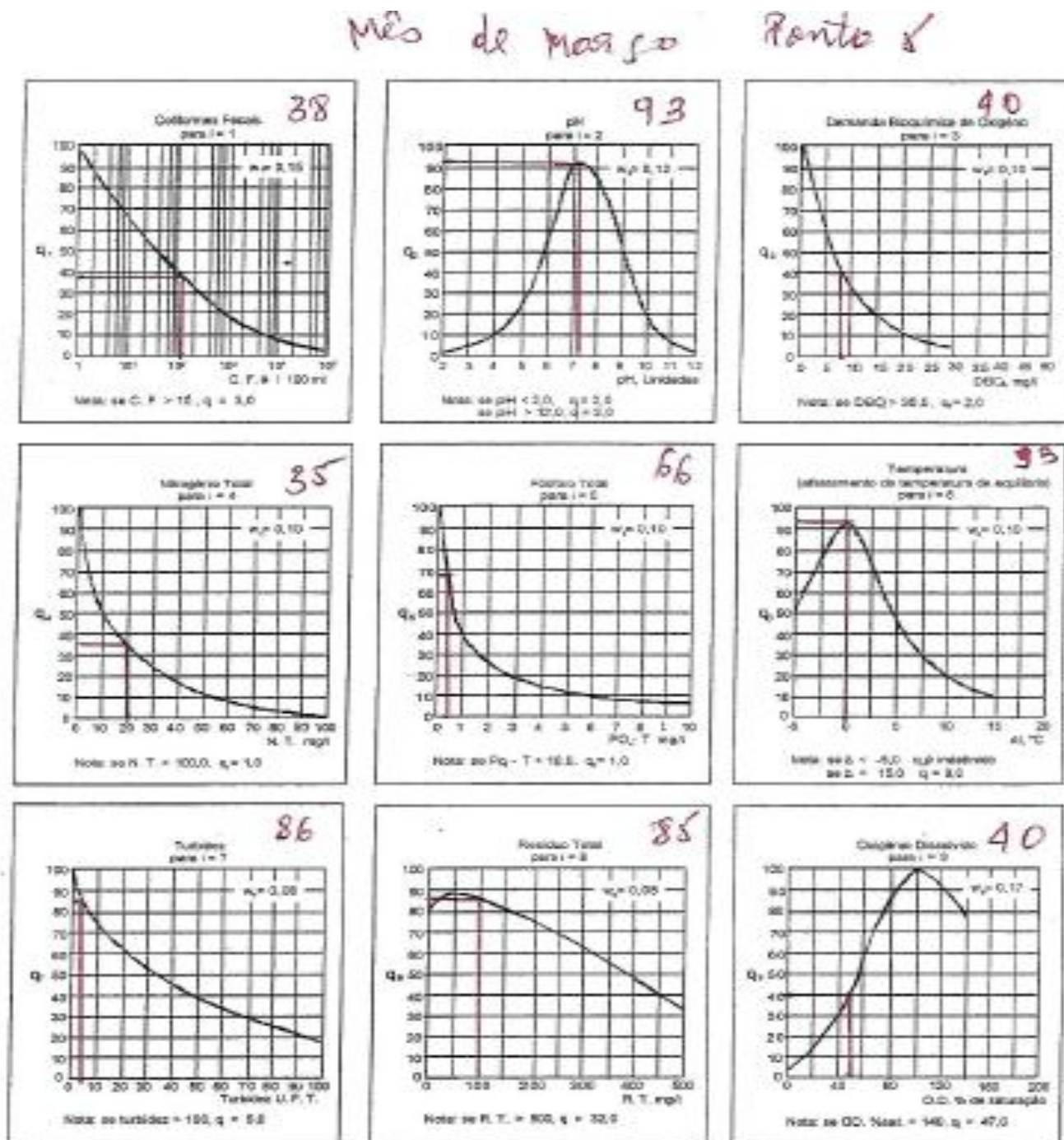


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

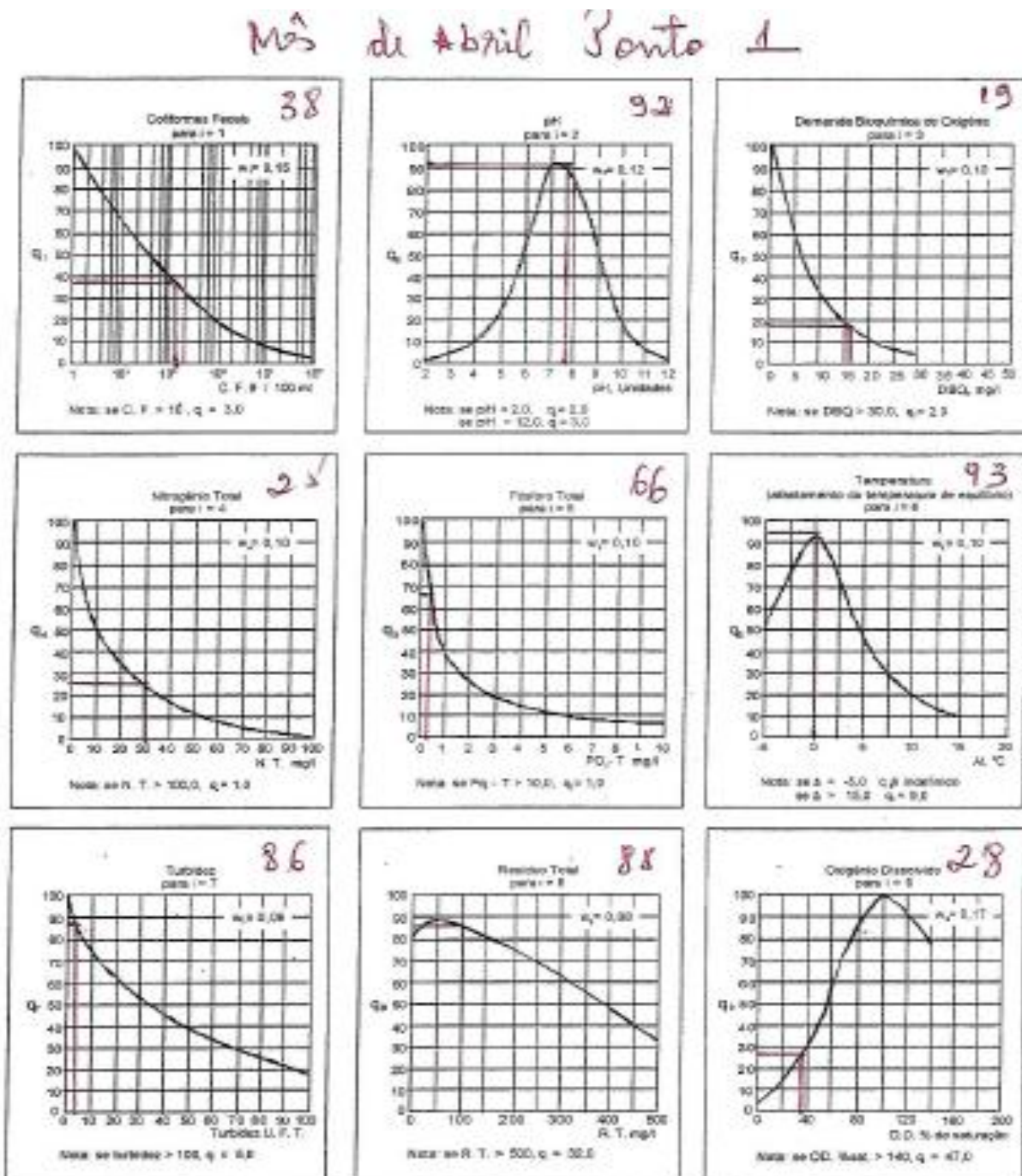


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

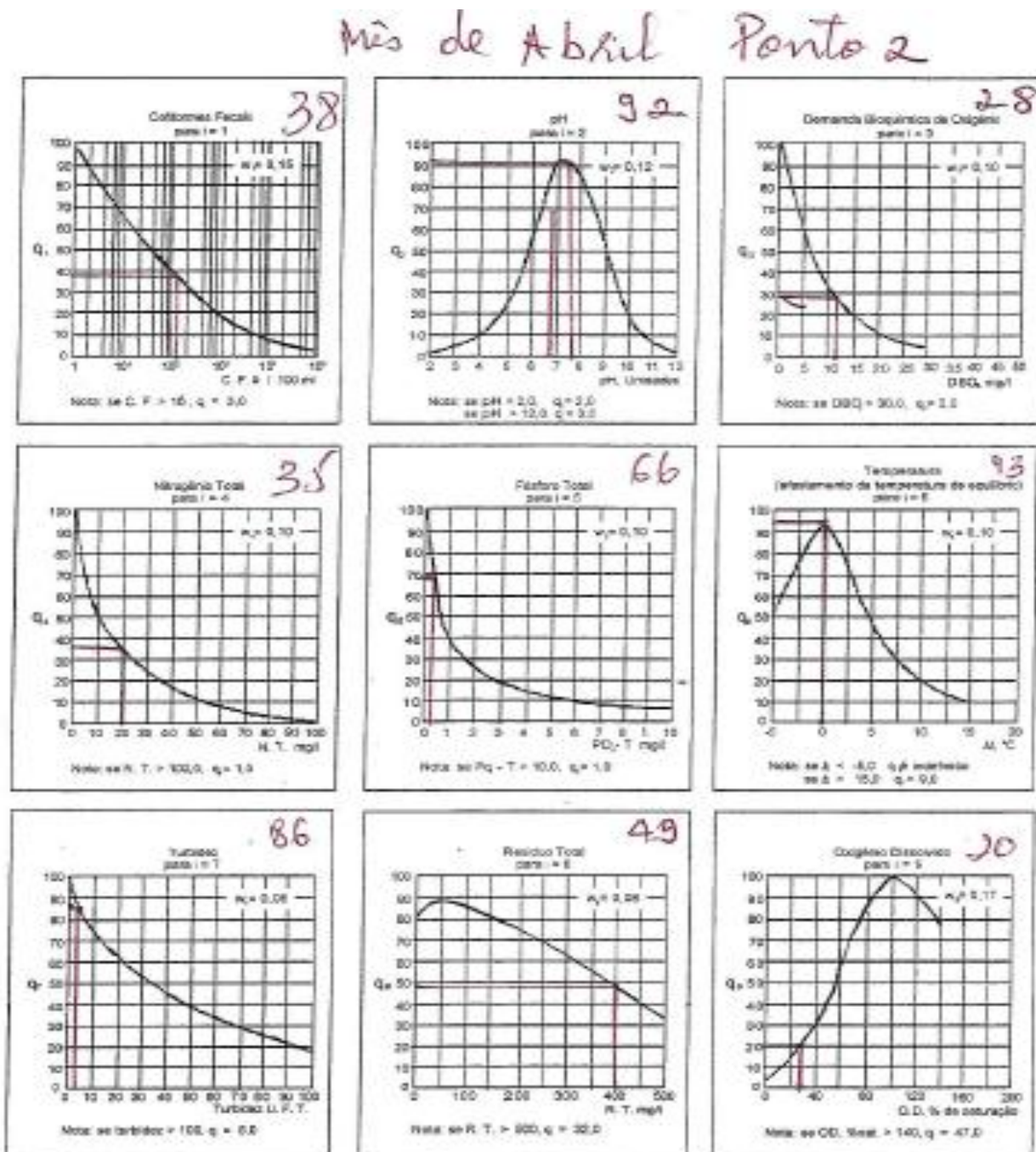


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

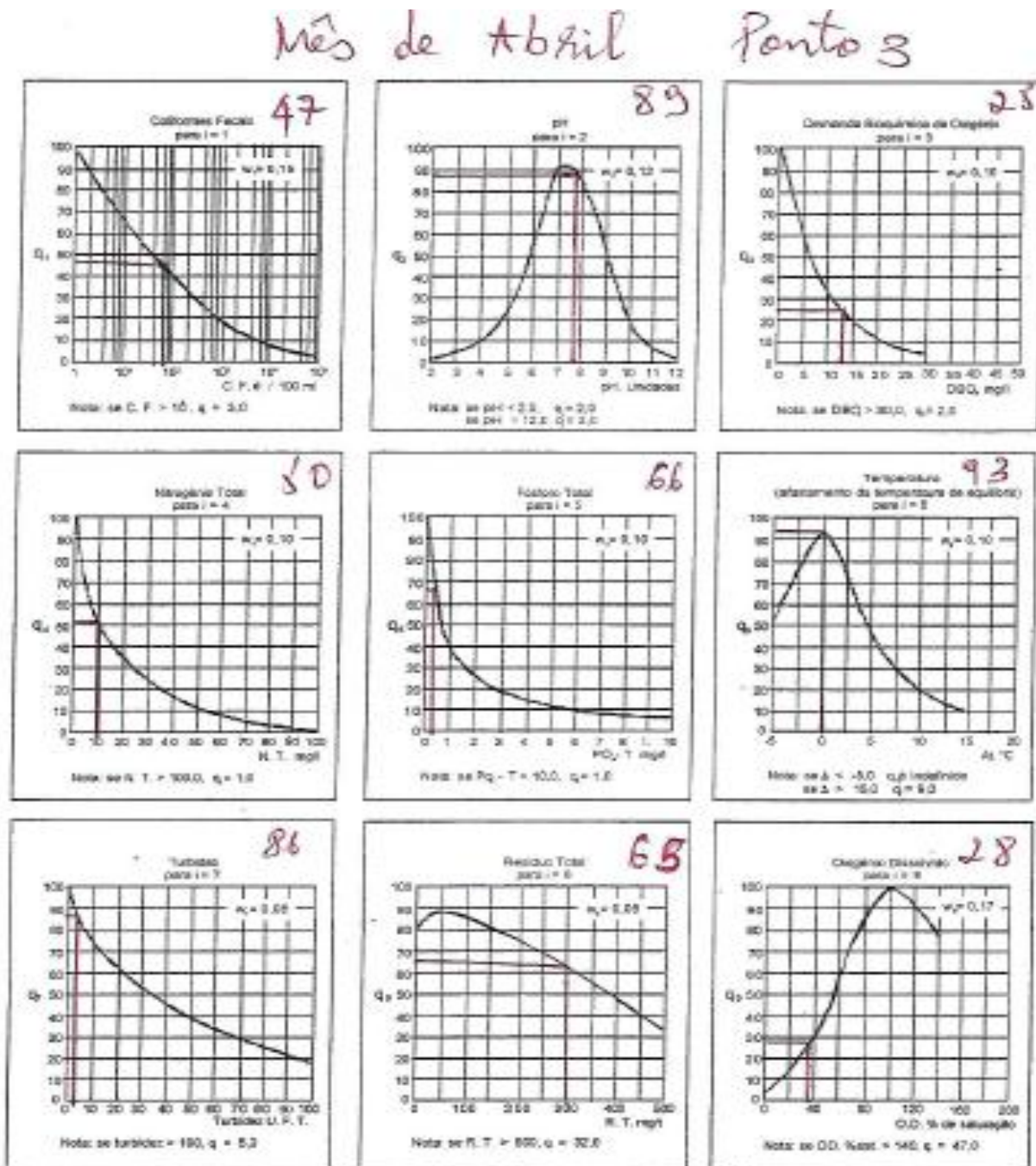


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

- A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

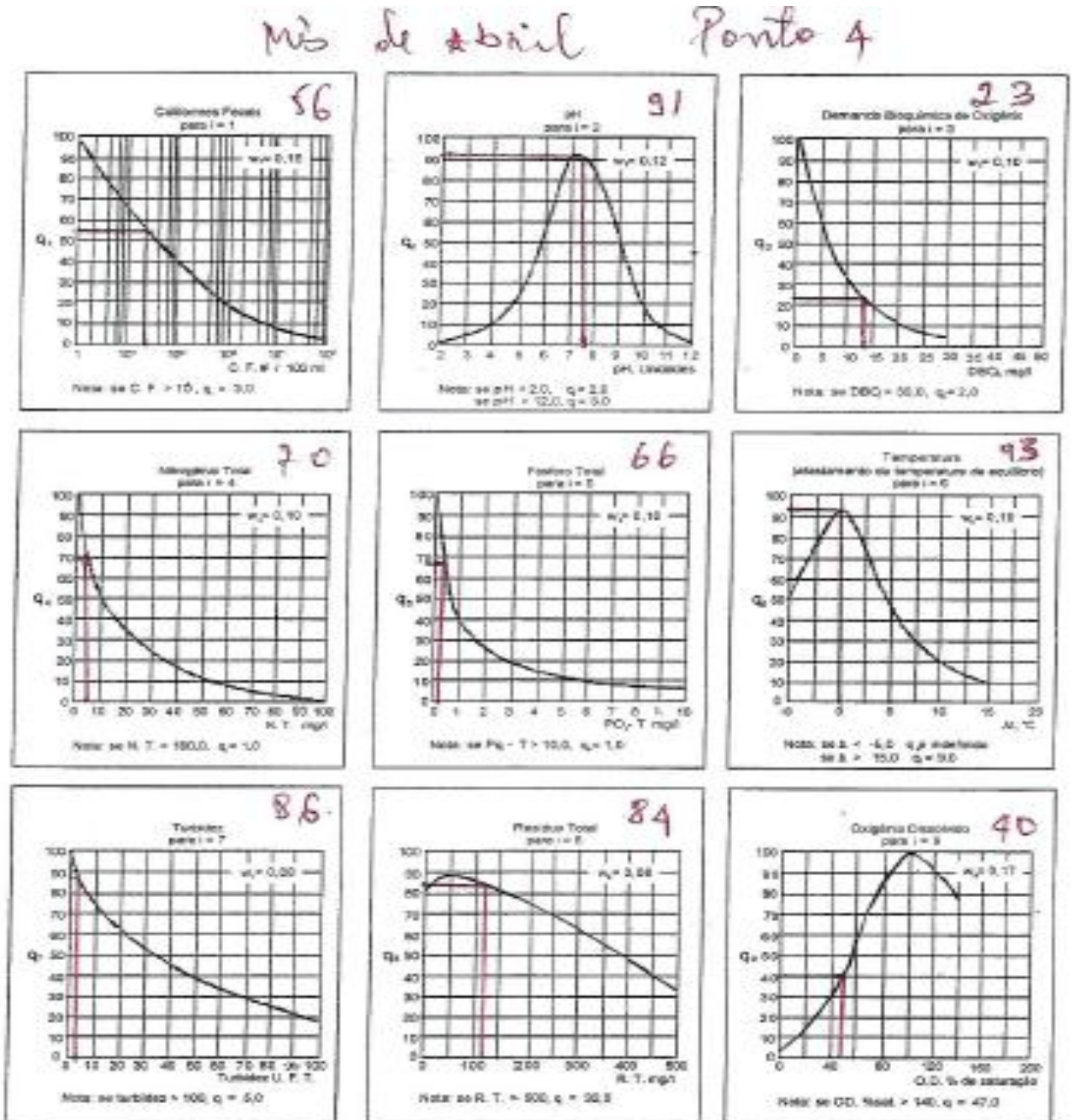


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

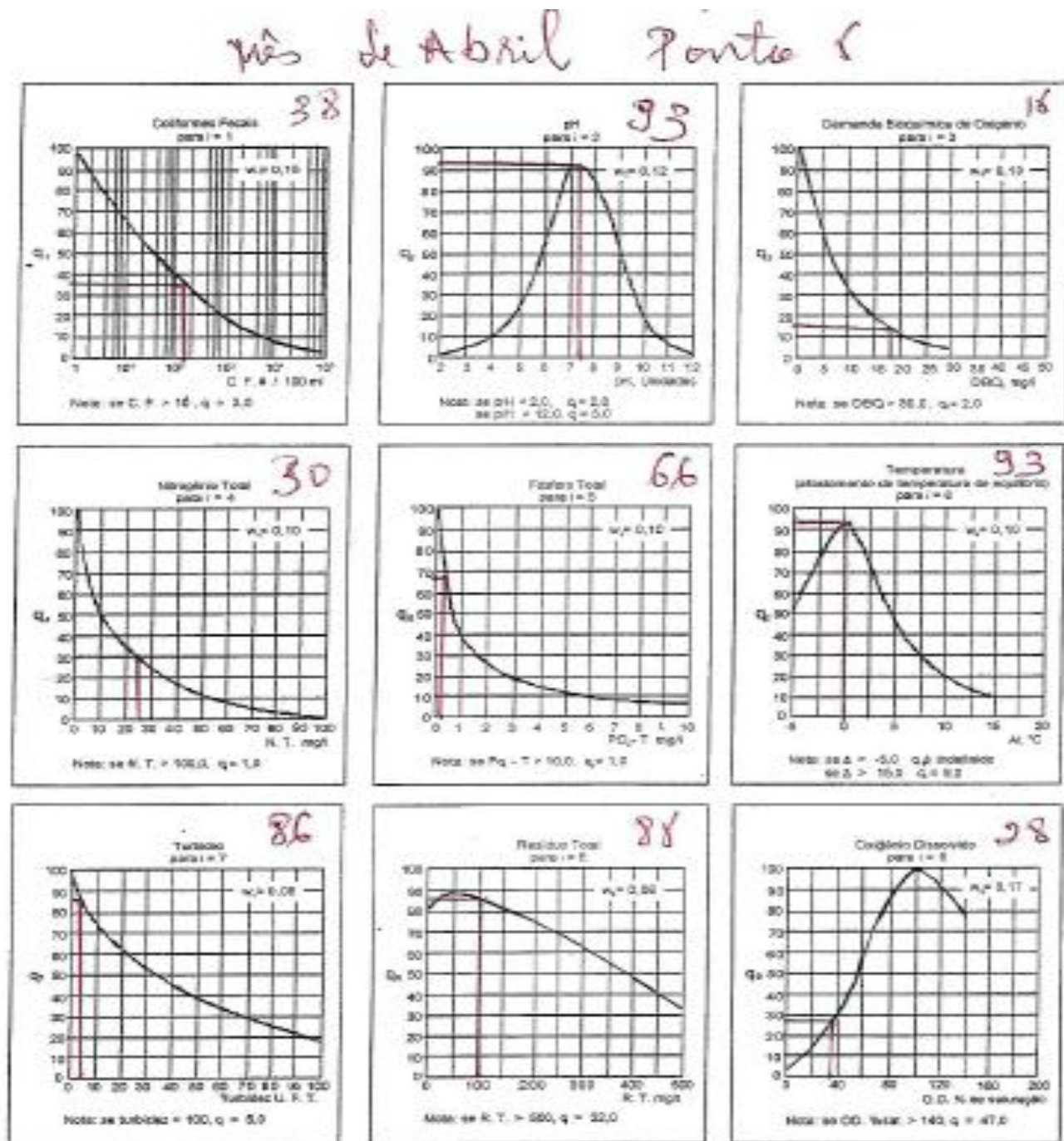


Figura 1 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na tabela 1.

$$\prod_{i=1}^n qi^{wi}$$

Mês de Fevereiro

Ponto 1

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 7.05	DBO = 2
CF= 38 ^{0.15}	pH= 92 ^{0.12}	DBO = 80 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.55

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= 10
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 76 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 3	Nitrogenio total= 15
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 28 ^{0.17}	Nitrogenio total= 40 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.76	Nitrogenio total=1.45

IQA= 1.73*1.72*1.55*1.52*1.57*1.41*1.43*1.76*1.45=56.64

Ponto 2

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 6.91	DBO = 12
CF= 38 ^{0.15}	pH= 91 ^{0.12}	DBO = 27 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.39

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 86 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.43

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 2	Nitrogenio total= 10
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 20 ^{0.17}	Nitrogenio total= 50 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.66	Nitrogenio total=1.48

IQA= 1.73*1.72*1.39*1.52*1.57*1.43*1.43*1.66*1.48=49.59

Ponto 3

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 6.80	DBO = <1
CF= 38 ^{0.15}	pH= 90 ^{0.12}	DBO = 95 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.58

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 86 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.43

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 5	Nitrogenio total= 20
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 60 ^{0.17}	Nitrogenio total= 35 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 2.01	Nitrogenio total= 1.43

IQA= 1.73*1.72*1.58*1.52*1.57*1.43*1.43*2.01*1.43= 65.94

Ponto 4

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 48	pH= 7.15	DBO = 10
CF= 50 ^{0.15}	pH= 92 ^{0.12}	DBO = 33 ^{0.10}
CF = 1.80	pH= 1.72	DBO = 1.42

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 86 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.43

Sólidos Dissolvidos= 200	OD= 4	Nitrogenio total= 25
Sólidos Dissolvidos= 77 ^{0.08}	OD= 40 ^{0.17}	Nitrogenio total= 30 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.42	OD= 1.87	Nitrogenio total= 1.41

IQA=1.80*1.72*1.42*1.52*1.57*1.43*1.42*1.87*1.43=56.97

Ponto 5

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 56	pH= 6.81	DBO = 6
CF= 50 ^{0.15}	pH= 90 ^{0.12}	DBO = 50 ^{0.10}
CF = 1.80	pH= 1.72	DBO = 1.48

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 86 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.43

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 4	Nitrogenio total= 30
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 40 ^{0.17}	Nitrogenio total= 25 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.87	Nitrogenio total= 1.38

IQA= 1.80*1.72*1.48*1.52*1.57*1.43*1.43*1.87*1.38= 57.70

Mês de Março

Ponto 1

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 7.32	DBO = 10.6
CF= 38 ^{0.15}	pH= 93 ^{0.12}	DBO = 29 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.73	DBO = 1.40

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 76 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 3	Nitrogenio total= 16
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 28 ^{0.17}	Nitrogenio total= 42 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.76	Nitrogenio total= 1.45

IQA=1.73*1.73*1.40*1.52*1.57*1.41*1.43*1.76*1.45= 51.45

Ponto 2

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100

pH= 6.91

DBO = 12

CF= $38^{0.15}$

pH= $90^{0.12}$

DBO = $28^{0.10}$

CF = 1.73

pH= 1.72

DBO = 1.40

Fósforo Total= <0.25

Temperatura= 0

Turvação= <5

Fósforo Total= $66^{0.10}$

Temperatura= $93^{0.10}$

Turvação= $76^{0.08}$

Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 1.57

Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100

OD= 2

Nitrogenio total= 22

Sólidos Dissolvidos= $85^{0.08}$

OD= $20^{0.17}$

Nitrogenio total= $31^{0.10}$

Sólidos Dissolvidos= 1.43

OD= 1.66

Nitrogenio total= 1.41

IQA=1.73*1.72*1.40*1.52*1.57*1.41*1.43*1.66*1.41=46.92

Ponto 3

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 90

pH= 7.40

DBO = 5

CF= $43^{0.15}$

pH= $93^{0.12}$

DBO = $60^{0.10}$

CF = 1.76

pH= 1.72

DBO = 1.51

Fósforo Total= <0.25

Temperatura= 0

Turvação= <5

Fósforo Total= $66^{0.10}$

Temperatura= $93^{0.10}$

Turvação= $76^{0.08}$

Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 1.57

Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100

OD= 5

Nitrogenio total = 33

Sólidos Dissolvidos= $85^{0.08}$

OD= $60^{0.17}$

Nitrogenio total= $22^{0.10}$

Sólidos Dissolvidos= 1.43

OD= 2.01

Nitrogenio total= 1.36

IQA=1.76*1.72*1.51*1.52*1.57*1.41*1.43*2.01*1.36= 60.12

Ponto 4

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 48

pH= 6.84

DBO = 10.6

CF= $55^{0.15}$

pH= $85^{0.12}$

DBO = $29^{0.10}$

CF = 1.82

pH= 1.70

DBO = 1.40

Fósforo Total= <0.25

Temperatura= 0

Turvação= <5

Fósforo Total= $66^{0.10}$

Temperatura= $93^{0.10}$

Turvação= $76^{0.08}$

Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 1.57

Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 200

OD= 4

Nitrogenio total= 25

Sólidos Dissolvidos= $77^{0.08}$

OD= $40^{0.17}$

Nitrogenio total= $30^{0.10}$

Sólidos Dissolvidos= 1.42

OD= 1.87

Nitrogenio total= 1.41

IQA=1.82*1.70*1.40*1.52*1.57*1.41*1.42*1.87*1.41= 54.57

Ponto 5

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= >100	pH= 7.20	DBO = 8
CF= 38 ^{0.15}	pH= 93 ^{0.12}	DBO = 40 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.45
Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 76 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.41
Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 4	Nitrogenio total= 20
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 40 ^{0.17}	Nitrogenio total= 35 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.87	Nitrogenio total= 1.43

IQA=1.73*1.72*1.45*1.52*1.57*1.41*1.43*1.87*1.43= 55.52

Mês de Abril

Ponto 1

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 7.64	DBO = 16
CF= 38 ^{0.15}	pH= 92 ^{0.12}	DBO = 19 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.34

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 76 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100	OD= 3	Nitrogenio total= 30
Sólidos Dissolvidos= 85 ^{0.08}	OD= 28 ^{0.17}	Nitrogenio total= 25 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.43	OD= 1.76	Nitrogenio total= 1.38

IQA=1.73*1.72*1.34*1.52*1.57*1.41*1.43*1.76*1.38= 46.60

Ponto 2

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= > 100	pH= 7.67	DBO = 12
CF= 38 ^{0.15}	pH= 92 ^{0.12}	DBO = 28 ^{0.10}
CF = 1.73	pH= 1.72	DBO = 1.40

Fósforo Total= <0.25	Temperatura= 0	Turvação= <5
Fósforo Total= 66 ^{0.10}	Temperatura= 93 ^{0.10}	Turvação= 76 ^{0.08}
Fósforo Total= 1.52	Temperatura= 1.57	Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 400	OD= 2	Nitrogenio total= 20
Sólidos Dissolvidos= 49 ^{0.08}	OD= 20 ^{0.17}	Nitrogenio total= 35 ^{0.10}
Sólidos Dissolvidos= 1.37	OD= 1.66	Nitrogenio total= 1.43

IQA=1.73*1.72*1.40*1.52*1.57*1.41*1.37*1.66*1.43= 45.59

Ponto 3

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 90	pH= 7.86	DBO = 12.6
-----------------------	----------	------------

CF= 47^{0.15}
CF = 1.78

pH= 89^{0.12}
pH= 1.71

DBO = 25^{0.10}
DBO = 1.38

Fósforo Total= <0.25
Fósforo Total= 66^{0.10}
Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 0
Temperatura= 93^{0.10}
Temperatura= 1.57

Turvação= <5
Turvação= 76^{0.08}
Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 300
Sólidos Dissolvidos= 65^{0.08}
Sólidos Dissolvidos= 1.40

OD= 3
OD= 28^{0.17}
OD= 1.76

Nitrogenio total= 10
Nitrogenio total= 50^{0.10}
Nitrogenio total = 1.48

IQA=1.78*1.71*1.38*1.52*1.57*1.41*1.40*1.76*1.48= 51.54

Ponto 4

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= 48
CF= 56^{0.15}
CF = 1.83

pH= 7.77
pH= 91^{0.12}
pH= 1.72

DBO = 13.6
DBO = 23^{0.10}
DBO = 1.37

Fósforo Total= <0.25
Fósforo Total= 66^{0.10}
Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 0
Temperatura= 93^{0.10}
Temperatura= 1.57

Turvação= <5
Turvação= 76^{0.08}
Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 120
Sólidos Dissolvidos= 84^{0.08}
Sólidos Dissolvidos= 1.43

OD= 4
OD= 40^{0.17}
OD= 1.87

Nitrogenio total = 6
Nitrogenio total= 70^{0.10}
Nitrogenio total= 1.53

IQA=1.83*1.72*1.37*1.52*1.57*1.41*1.43*1.87*1.53= 59.37

Ponto 5

Variação de temperatura (na zona de colecta) Vamos adoptar sem variação=0

Coliformes Fecais= >100
CF= 38^{0.15}
CF = 1.73

pH= 7.69
pH= 93^{0.12}
pH= 1.72

DBO = 18.65
DBO = 15^{0.10}
DBO = 1.31

Fósforo Total= <0.25
Fósforo Total= 66^{0.10}
Fósforo Total= 1.52

Temperatura= 0
Temperatura= 93^{0.10}
Temperatura= 1.57

Turvação= <5
Turvação= 76^{0.08}
Turvação= 1.41

Sólidos Dissolvidos= 100
Sólidos Dissolvidos= 85^{0.08}
Sólidos Dissolvidos= 1.43

OD= 3
OD= 28^{0.17}
OD= 1.76

Nitrogenio total= 25
Nitrogenio total= 30^{0.10}
Nitrogenio total= 1.41

IQA=1.73*1.72*1.31*1.52*1.57*1.41*1.43*1.76*1.41= 46.55

APÊNDICE 2: Detalhes do Dimensionamento de uma Estação de tratamento de água de acordo com a qualidade de água do rio Mutamba

Dados do projecto

P= 12000 hab
 Ligação por fontanários = 30 L/hab/dia
 Ligação com torneira no quintal = 50 L/hab/dia
 Ligação domiciliario = 125 L/hab/dia
 Ano horizonte = 25 Anos

Ano	População (hab)
2005	40545
2011	55273
2017	70000

Projeção Aritmética

$$P_t = P_0 + K_a * (t - t_0)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$$

$$P_{25} = 40545 + 2454.58 * (2042 - 2005)$$

$$K_a = \frac{70000 - 40545}{2017 - 2005}$$

$$P_{25} = 131365 \text{ hab}$$

$$K_a = 2454.58$$

Calculo da população

$$\begin{aligned} \text{Pop}_F &= 131365 * 5 * 0.1 = 65683 \text{ hab} \\ \text{Pop}_{Tq} &= 131365 * 5 * 0.6 = 394095 \text{ hab} \\ \text{Pop}_{Dom} &= 131365 * 5 * 0.3 = 197048 \text{ hab} \end{aligned}$$

Fontanário= 10%
 Torneira no quintal= 60%
 Domiciliar= 30%

Consumo Domestico

$$\begin{aligned} C_d &= DA_F + DA_{Tq} + DA_{Dom} \\ C_d &= \text{Pop}_F * \text{Cap}_F + \text{Pop}_{Tq} * \text{Cap}_{Tq} + \text{Pop}_{Dom} * \text{Cap}_{Dom} \\ C_d &= 65638 * 30 + 394095 * 50 + 197048 * 125 \\ C_d &= 46304890 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

Consumo Industrial

$$\begin{aligned} CI &= 10\% C_d \\ CI &= 0.1 * 46304890 \\ CI &= 4630489 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

Consumo Público/Comercial

$$\begin{aligned} CP/c &= 15\% C_d \\ CP/c &= 0.15 * 46304890 \\ CP/c &= 6945733.5 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

Perdas de Carga

$$\begin{aligned} \text{Perdas} &= 20\% C_d \\ \text{Perdas} &= 0.2 * 46304890 \\ \text{Perdas} &= 9260978 \text{ L/dia} \end{aligned}$$

Demanda de Água

$$\begin{aligned} D_{\text{Água}} &= C_d + CI + CP/c + \text{Perdas} \\ D_{\text{Água}} &= 46304890 + 4630489 + 6945733.5 + 9260978 \\ D_{\text{Água}} &= 67142090.5 \text{ L/dia} \\ D_{\text{Água}} &= 777.11 \text{ L/s} \end{aligned}$$

Caudal de Dimensionamento

$$Q_{dim} = Q * fp_1 * fp_2$$

$$Q_{dim} = 777.11 * 2.2$$

$$Q_{dim} = 1709.64 \text{ L/s}$$

$$Q_{dim} = 1.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

Factor de Ponta

$$f = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}}$$

$$f = 2 + \frac{70}{\sqrt{131365}}$$

$$f = 2.2$$

$$fp_1 * fp_2 = 2.2$$

N.B: O Decreto nº 30/2003 do regulamento de sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, diz que se tivermos um regime contínuo no abastecimento de água temos que usar a fórmula acima de factor de ponta.

Dimensionamento da adutora

Plástico (PVC)

Comprimento = 2.04km = 2040m

Cotas mais altas = 57.50

Cotas mais baixas = 7.50

$\Delta h = 57.50 - 7.50$

$\Delta h = 50.00$

$C = 140$

$$\Delta h = \frac{10,64 * Q_{dim}^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} * L$$

$$D^{4,87} = \frac{10,64 * Q_{dim}^{1,85}}{\Delta h * C^{1,85}} * L$$

$$D^{4,87} = \frac{10,64 * 1.71^{1,85}}{50 * 140^{1,85}} * 2040$$

$$D = 0.653\text{m}$$

$$D = 653\text{mm}$$

$$D_{comercial} = 700\text{mm}$$

Volume da trincheira de escavação

Profundidade = 0.60

Diâmetro = 700 mm = 0.653 m

Comprimento = 2040 m

Largura

$$L = D + 0.60$$

$$L = 0.653 + 0.60$$

$$L = 1.253 \text{ m}$$

Volume = profundidade * Largura * Comprimento

$$\text{Volume} = 0.60 * 1.253 * 2040$$

$$\text{Volume} = 1533.67 \text{ m}^3$$

Número de condutas necessário adquirir

Comprimento total / Comprimento de cada conduta

$$\frac{2040}{6} = 340 \text{ Condutas}$$

Dimensionamento de Estação de Bombagem

Tabela 16: Composição das linhas de sucção e recalque

Quant.	Sucção	Quant.	Recalque
01	Válvula de pé com crivo	01	Válvula de retenção
01	Curva de 90°	03	Curvas de 90°
6 m	Tubagem de sucção (Ls)	02	Curvas de 45°
2 m	Altura de sucção (Hs)	01	Registro de gaveta
		01	Saída da canalização
		2040 m	Tubagem de recalque (Lr)
		24 m	Altura de recalque (Hr)

Dados

$$Q = 777.11 \text{ L/s}$$

$$fp_1 * fp_2 = 2.2$$

$$L = 2.04 \text{ Km} = 2040 \text{ m}$$

$$h_1 = 7.50 \text{ m}$$

$$h_2 = 57.50 \text{ m}$$

$$C = 140$$

Caudal de Dimensionamento

$$Q_{\text{dim}} = Q * fp_1 * fp_2$$

$$Q_{\text{dim}} = 777.11 * 2.2$$

$$Q_{\text{dim}} = 1709.64 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{dim}} = 1.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{dim}} = 6156 \text{ m}^3/\text{h}$$

Determinação dos diâmetros de tubagens utilizando o critério de velocidade económica

Material: Ferro fundido, revestimento epóxico

Variação da velocidade: 0,5 a 2 m/s

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$1.8 = \frac{1.71}{A}$$

$$A = \frac{1.71}{1.8}$$

$$A = 0.95 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$0.95 = \frac{3.14 * D^2}{4}$$

$$D = 1,100 \text{ m}$$

$$D = 1100 \text{ mm}$$

$D_{\text{comercial}} \text{ acima} = 1200 \text{ mm} \leftrightarrow \text{Diâmetro de sucção}$

$D_{\text{comercial}} \text{ abaixo} = 1100 \text{ mm} \leftrightarrow \text{Diâmetro de recalque}$

Escolha da Bomba

Cálculo das perdas de carga

Tabela 17: Composição da linha de sucção

Sucção (Diâmetro = 1200 mm)	
Comprimento da Tubulação (Ls)	6m
Onexões	Comprimento equivalente (L_{equivalente})
Válvula de pé com crivo	65m
Curva de 90⁰	4,1m
Comprimento total:	69,1m
Comprimento equivalente total:	75,1m

Equação de Hazen-Williams, para obtenção da perda de carga na linha de sucção:

$$hf = J * L$$

$$J = \left[\frac{4 * Q}{0,355 * \Pi * C * D^{2,63}} \right]^{1,852}$$

$$J = \left[\frac{4 * 1,71}{0,355 * \Pi * 140 * 1,2^{2,63}} \right]^{1,852}$$

$$J = 1,25 * 10^{-3} \text{ m/m}$$

$$hf_{\text{sucção}} = J * L$$

$$hf_{\text{sucção}} = 1,25 * 10^{-3} * 75,1$$

$$hf_{\text{sucção}} = 0,094 \text{ m}$$

Tabela 23: Composição da linha de recalque

Recalque (Diâmetro = 1100 mm)	
Comprimento da tubagem (Lr)	2040m
Conexões	Comprimento equivalente (L_{equivalente})
Válvula de retenção (leve)	16,0m
3 Curvas de 90⁰	3.(3,3)=9,9m
2 Curvas de 45⁰	2.(1,5)=3,0m
Registro de gaveta	1,4m
Saída da canalização	6,0m
Comprimento total:	36,3m
Comprimento equivalente total:	2076,3m

Equação de Hazen-Williams, para obtenção da perda de carga na linha de recalque:

$$hf = J * L$$

$$J = \left[\frac{4 * Q}{0,355 * \Pi * C * D^{2,63}} \right]^{1,852}$$

$$J = \left[\frac{4 * 1,71}{0,355 * \Pi * 140 * 1,1^{2,63}} \right]^{1,852}$$

$$J = 1,92 * 10^{-3} \text{ m/m}$$

$$hf_{\text{recalque}} = J * L$$

$$hf_{\text{recalque}} = 1,92 * 10^{-3} * 2076,3$$

$$hf_{\text{recalque}} = 3,99 \text{ m}$$

Perda de carga total

$$hf_{\text{total}} = hf_{\text{Sucção}} + hf_{\text{Recalque}}$$

$$hf_{\text{total}} = 0,094 + 3,99$$

$$hf_{\text{total}} = 4,08 \text{ m}$$

Equação do sistema

$$Hm = HG + k * Q^{1,852}$$

$$Hm = 26 + 4,08$$

$$Hm = 30,08 \text{ m}$$

Altura geométrica

$$HG = Hs + Hr$$

$$HG = 2 + 24$$

$$HG = 26 \text{ m}$$

$$Hm = HG + k * Q^{1,852}$$

$$30,08 = 26 + k * 6156^{1,852}$$

$$k = 3,91 * 10^{-7}$$

Desta forma a equação do sistema será:

$$Hm = 26 + 3,91 * 10^{-7} * Q^{1,852}, \text{ sendo: } Hm \text{ em m e } Q \text{ em m}^3/\text{h}.$$

O caudal é elevado, para a escolha da bomba dividiu-se o caudal por 4, ou seja a bomba funcionará em série de 6 em 6 horas.

$$Q = \frac{1,71 \text{ m}^3/\text{s}}{4} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 = 1548 \text{ m}^3/\text{h}$$

Com os dados Hm e Q, utiliza-se o gráfico de pré-seleção gráfico de bombas, encontrando-se a bombas NB/NK 4-pole, 50Hz de serie 300-360, da marca GRUNDFOS, neste caso a bomba NB/NK 4-pole é a mais adequada para a situação criada, por essa estar dentro do intervalo calculado, no catálogo do grafico de pré-seleção gráfico de bomba da GRUNDFOS. Teremos 4 bombas, com a mesma referrencia e mesma pontência, irão funcionar em série de uma forma alternada.

Cálculo da potência da bomba

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{75 * \eta}$$

$$P = \frac{1000 * 0.43 * 30.08}{75 * 0.85}$$

$$P = 202.9 \text{ CV}$$

Cálculo do NPSH_{disponível} e do NPSH_{requerido}

O NPSH_{requerido} deve ser obtido directamente da curva característica correspondente:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} = 5 \text{ m}$$

O NPSH_{disponível} é calculado a partir da fórmula abaixo, sabendo-se que a pressão correspondente à altitude do local (1500 m) é de $8.54 \times 10^3 \text{ kg/m}^2$ (0.854 atm) e a temperatura do fluido bombeado é de 25°C.

$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = H_{\text{atm}} - H_s - H_v - \Delta H_s$; pois trata-se de sucção positiva.

$$H_v = 0.33 \text{ m}$$

$$H_{\text{atm}} = 0.854 \text{ atm}$$

$$\Delta H_s = 0.4 \text{ m}$$

$$H_s = 2 \text{ m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = 8,54 - 2 - 0.33 - 0.4 = 5.81 \text{ m}$$

DIMENSIONAMENTO DA ETA

DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE MISTURA RÁPIDA E LENTA

Dados do Projeto

$$\text{Vazão: } 1.71 \text{ m}^3/\text{s} = 6156 \text{ m}^3/\text{h}$$

Mistura Rápida: Calha Parshall

Dimensionamento da Calha Parshall

- Seleção da Calha Parshall

Para a vazão de $1.71 \text{ m}^3/\text{s}$, será seleccionada uma calha Parshall com garganta de 4' (122cm).

Equação de descarga da Calha Parshall

$$H_a = 0,608 * Q^{0,639}$$

$$H_a = 0,608 * 1.71^{0,639}$$

$$H_a = 0.857 \text{ m}$$

H_a =altura da lamina líquida em metros

Q =vazão em m^3/s

Cálculo da largura na secção de Medida

Cálculo da velocidade na secção de Medida

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

$$D' = \frac{2}{3} * (193.8 - 122) + 122$$

$$D' = 169.87\text{cm}$$

$$Va = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{D' * Ha}$$

$$Va = \frac{1.71}{1.6987 * 0.857}$$

$$Va = 1.17 \text{ m/s}$$

Cálculo da energia total disponível

$$Ea = Ha + \frac{Va^2}{2 * g} + N$$

$$Ea = 0.857 + \frac{1.17^2}{2 * 9.81} + 0.229$$

$$Ea = 1.156\text{m}$$

Cálculo do ângulo fictício θ

$$\text{Cos}(\theta) = - \frac{g * Q}{W * (0.67 * g * Ea)^{3/2}}$$

$$\text{Cos}(\theta) = - \frac{9.81 * 1.71}{1.22 * (0.67 * 9.81 * 1.156)^{3/2}}$$

$$\text{Cos}(\theta) = -0.657 = 142.5^\circ$$

Calculo da velocidade de água no inicio do ressalto

$$V_1 = 2 * \text{cos}\left(\frac{\theta}{3}\right) * \left(\frac{2 * g * Ea}{3}\right)^{1/2}$$

$$V_1 = 2 * \text{cos}\left(\frac{142.5}{3}\right) * \left(\frac{2 * 9.81 * 1.156}{3}\right)^{1/2}$$

$$V_1 = 5.11\text{m/s}$$

Cálculo da altura da água no inicio do ressalto

$$Ea = E_1 \Rightarrow Ea = Y_1 + \frac{V_1^2}{2 * g}$$

$$Y_1 = Ea - \left(\frac{V_1^2}{2 * g}\right)$$

$$Y_1 = 1.156 - \left(\frac{5.11^2}{2 * 9.81}\right)$$

$$Y_1 = 0.174\text{m}$$

Cálculo do número de Froude

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}}$$

$$Fr_1 = \frac{5.11}{\sqrt{9.81 * 0.174}}$$

$$Fr_1 = 3.91$$

Cálculo da altura conjugada do ressalto *Cálculo da profundidade no final do trecho divergente*

$$Y_3 = \frac{y_1}{2} * \sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1$$

$$Y_3 = \frac{0.174}{2} * \sqrt{1 + 8 * 3.91^2} - 1$$

$$Y_3 = 0.879\text{m}$$

$$Y_2 = (y_3 - N + K)$$

$$Y_2 = (0.879 - 0.229 + 0.076)$$

$$Y_2 = 0.726\text{m}$$

Cálculo da velocidade na saída do trecho divergente

$$V_2 = \frac{Q}{2} = \frac{Q}{y_2 * C}$$

$$V_2 = \frac{1.71}{0.726 * 1.525}$$

$$V_2 = 1.54 \text{ m/s}$$

Cálculo de perda de carga no ressalto hidráulico

$$H_a + N = y_3 + \Delta H \Rightarrow \Delta H = (H_a + N) - y_3$$

$$\Delta H = (0.857 + 0.229) - 0.879$$

$$\Delta H = 0.207 \text{ m}$$

Cálculo do tempo de residência médio no trecho divergente

$$\theta_h = \frac{G_{parshall}}{V_m} = \frac{G_{parshall}}{(v_1 + v_2)/2}$$

$$\theta_h = \frac{0.915}{(5.11 + 1.54)/2}$$

$$\theta_h = 0.28 \text{ S}$$

Cálculo do gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta_h}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0.207}{1.003 * 10^{-3} * 0.28}}$$

$$G = 858.59 \text{ S}^{-1}$$

Dimensionamento do Canal de Água Coagulada

Hipóteses

Velocidade = 1.5 m/s

Profundidade da lâmina líquida = 0.75 m

$$B = \frac{Q}{V_c * h}$$

$$B = \frac{1.71}{1.5 * 0.75}$$

$$B = 1.52 \text{ m}$$

Cálculo do raio Hidráulico

$$R_h = \frac{B * h}{(B + 2 * h)}$$

$$R_h = \frac{1.52 * 0.75}{(1.52 + 2 * 0.75)}$$

$$R_h = 0.377 \text{ m}$$

Cálculo da perda de carga unitária

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{2/3} * j^{1/2}$$

$$J = \left(\frac{Q^* n}{A^* RH^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$J = \left(\frac{1.71 * 0.012}{1.83 * 0.377^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$J = 4.62 * 10^{-4}$$

Cálculo do gradiente de velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma^* \nu^* j}{\mu}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 1.5 * 4.62 * 10^{-4}}{1.003 * 10^{-3}}}$$

$$G = 26.29 \text{S}^{-1}$$

Dimensionamento dos floculadores hidráulicos de fluxo vertical

Parâmetros de Projeto

Tempo de detenção hidráulico=30 minutos

Sistema de floculação composto por três câmaras em série, com gradientes de velocidade escalonados (70 s^{-1} , 50 s^{-1} e 20 s^{-1})

Profundidade da lâmina líquida=4,5 m

Número de decantadores=6

Largura do decantador = 16 m

Cálculo do Volume do floculador

$$V_f = Q * \theta h$$

$$V_f = 0.285 \text{m}^3/\text{s} * 30 \text{min} * 60 \text{s}/\text{min}$$

$$V_f = 513 \text{m}^3$$

Cálculo da Área superficial do Floculador

$$A_s = \frac{v_f}{h}$$

$$A_s = \frac{513}{4.5}$$

$$A_s = 114 \text{m}^2$$

Cálculo da Largura do Floculador

$$B_f = \frac{A_s}{Bd}$$

$$B_f = \frac{114}{16}$$

$$B_f = 7.13 \text{m}$$

Portanto, será admitido um floculador com largura total de 7.13 m, tendo cada canal uma largura individual de 2,4 metros.

Cálculo do número de espaçamentos entre chicanas em cada câmara de floculação

n = número de espaçamentos
 L=comprimento do floculador em metros
 G=gradiente de velocidade em s⁻¹
 a = largura do canal do floculador em metros
 Q=vazão em m³/s
 θh = tempo de detenção hidráulico em minutos

$$n=0.045 * \sqrt[3]{\theta h * \left(\frac{a * L * G}{Q}\right)^2}$$

$$n=0.045 * \sqrt[3]{\theta h * \left(\frac{a * L * G}{Q}\right)^2}$$

$$n=0.045 * \sqrt[3]{\theta h * \left(\frac{a * L * G}{Q}\right)^2}$$

$$n=0.045 * \sqrt[3]{30 * \left(\frac{2.4 * 7.13 * 70}{0.285}\right)^2}$$

$$n=0.045 * \sqrt[3]{30 * \left(\frac{2.4 * 7.13 * 50}{0.285}\right)^2}$$

$$n=0.045 * \sqrt[3]{30 * \left(\frac{2.4 * 7.13 * 20}{0.285}\right)^2}$$

n= 36 n= 29 n= 16

Cálculo do espaçamento entre as chicanas

$$e = \frac{L}{n}$$

$$e_{70} = \frac{7.13}{36}$$

$$e_{70} = 0.20 \text{ m}$$

$$e = \frac{L}{n}$$

$$e_{50} = \frac{7.13}{29}$$

$$e_{50} = 0.25 \text{ m}$$

$$e = \frac{L}{n}$$

$$e_{20} = \frac{7.13}{16}$$

$$e_{20} = 0.45 \text{ m}$$

Cálculo das velocidades nos trechos retos e curvas 180º

$$V_1 = \frac{Q}{Bf * e}$$

$$V_1 = \frac{Q}{Bf * e}$$

$$V_1 = \frac{Q}{Bf * e}$$

$$V_1 = \frac{0.285}{7.13 * 0.20}$$

$$V_1 = \frac{0.285}{7.13 * 0.25}$$

$$V_1 = \frac{0.285}{7.13 * 0.45}$$

V₁ = 0.19 m/s V₁ = 0.16 m/s V₁ = 0.09 m/s

$$V_2 = \frac{2}{3} * V_1$$

$$V_2 = \frac{2}{3} * V_1$$

$$V_2 = \frac{2}{3} * V_1$$

$$V_2 = \frac{2}{3} * 0.19$$

$$V_2 = \frac{2}{3} * 0.16$$

$$V_2 = \frac{2}{3} * 0.09$$

V₂ = 0.13 m/s V₂ = 0.11 m/s V₂ = 0.06 m/s

Tabela 19: Resultados de espaçamento entre as chicanas e velocidades nos trechos

Canal	G (s-1)	n	e (m)	V ₁ (m/s)	V ₂ (m/s)
1	70	36	0.20	0.19	0.13
2	50	29	0.25	0.16	0.11
3	20	16	0.45	0.09	0.06

Cálculo da extensão dos canais

$$L_t = \theta h.V1$$

$$L_t = 30\text{min} * 60\text{s/min} * 0.19\text{m/s}$$

$$L_t = 114\text{m}$$

$$L_t = \theta h.V1$$

$$L_t = 30\text{min} * 60\text{s/min} * 0.16\text{m/s}$$

$$L_t = 96\text{m}$$

$$L_t = \theta h.V1$$

$$L_t = 30\text{min} * 60\text{s/min} * 0.09\text{m/s}$$

$$L_t = 54\text{m}$$

Cálculo do raio hidráulico

$$R_h = \frac{B * e}{2 * (B + e)}$$

$$R_h = \frac{7.13 * 0.20}{2 * (7.13 + 0.20)}$$

$$R_h = 0.097$$

$$R_h = \frac{B * e}{2 * (B + e)}$$

$$R_h = \frac{7.13 * 0.25}{2 * (7.13 + 0.25)}$$

$$R_h = 0.121$$

$$R_h = \frac{B * e}{2 * (B + e)}$$

$$R_h = \frac{7.13 * 0.45}{2 * (7.13 + 0.45)}$$

$$R_h = 0.212$$

Cálculo das perdas de carga distribuídas

$$J = \left(\frac{Q * n}{A * RH^{2/3}} \right)^2$$

$$J = \left(\frac{0.285 * 36}{114 * 0.097^{2/3}} \right)^2$$

$$J = 0.0001\text{m/m}$$

$$J = \left(\frac{Q * n}{A * RH^{2/3}} \right)^2$$

$$J = \left(\frac{0.285 * 29}{114 * 0.121^{2/3}} \right)^2$$

$$J = 0.00005\text{m/m}$$

$$J = \left(\frac{Q * n}{A * RH^{2/3}} \right)^2$$

$$J = \left(\frac{0.285 * 16}{114 * 0.212^{2/3}} \right)^2$$

$$J = 0.000007\text{m/m}$$

$$\Delta H_d = j * L$$

$$\Delta H_d = 0.0001 * 114$$

$$\Delta H_d = 1.14\text{cm}$$

$$\Delta H_d = j * L$$

$$\Delta H_d = 0.00005 * 96$$

$$\Delta H_d = 0.48\text{cm}$$

$$\Delta H_d = j * L$$

$$\Delta H_d = 0.000007 * 162$$

$$\Delta H_d = 0.12\text{cm}$$

Cálculo das perdas de carga localizadas

$$\Delta H_1 = \frac{n * V_1^2 + (n-1) * V_2^2}{2 * g}$$

$$\Delta H_1 = \frac{36 * 0.19^2 + (36-1) * 0.13^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta H_1 = 9.6\text{ cm}$$

$$\Delta H_1 = \frac{n * V_1^2 + (n-1) * V_2^2}{2 * g}$$

$$\Delta H_1 = \frac{29 * 0.16^2 + (29-1) * 0.11^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta H_1 = 5.5\text{cm}$$

$$\Delta H_1 = \frac{n * V_1^2 + (n-1) * V_2^2}{2 * g}$$

$$\Delta H_1 = \frac{16 * 0.09^2 + (16-1) * 0.06^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta H_1 = 0.9\text{cm}$$

$$\Sigma \Delta H_T = \Delta H_d + \Delta H_1$$

$$\Sigma \Delta H_T = 1.14 + 9.6$$

$$\Sigma \Delta H_T = 10.74\text{cm}$$

$$\Sigma \Delta H_T = \Delta H_d + \Delta H_1$$

$$\Sigma \Delta H_T = 0.48 + 5.5$$

$$\Sigma \Delta H_T = 5.98\text{cm}$$

$$\Sigma \Delta H_T = \Delta H_d + \Delta H_1$$

$$\Sigma \Delta H_T = 0.12 + 0.9$$

$$\Sigma \Delta H_T = 1.02\text{ cm}$$

Cálculo do Gradiente de Velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta h}}$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta h}}$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \Delta h}{\mu * \theta h}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 10.54}{1.003 * 10^{-3} * 30 * 60}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 5.98}{1.003 * 10^{-3} * 30 * 60}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 1.02}{1.003 * 10^{-3} * 30 * 60}}$$

$$G = 76.4$$

$$G = 57.5$$

$$G = 23.7$$

Tabela 20: Resultados de câmaras de floculação, Gradiente de Velocidade

Canal	G (s ⁻¹)	L (m)	R _h	ΔH _d (cm)	ΔH _i (cm)	ΔH _r (cm)	G (s ⁻¹)
1	70	114	0.097	1.14	9.6	10.74	76.4
2	50	96	0.121	0.48	5.5	5.98	57.5
3	20	54	0.212	0.12	0.9	1.02	23.7

Dimensionamento das unidades de sedimentação

Parâmetros de Projeto

Vazão: 1.71 m³/s

Velocidade de sedimentação dos flocos: 60 m/dia

Número de unidades de sedimentação: 6

Profundidade da lâmina líquida=4,5 m

Dimensionamento dos decantadores convencionais de fluxo horizontal

Cálculo da área superficial do decantador

Uma vez que deverão ser previstas um total de seis unidades de sedimentação, a vazão de projecto de cada unidade deverá ser de 0,285 m³/s.

$$V=q = \frac{Q}{As}$$

$$As = \frac{Q}{q} = \frac{24624m^3 / dia}{60m^3 / m^2 / dia}$$

$$As = 410.4m^2$$

Verificação do tempo de detenção hidráulico

Admitindo que cada unidade de sedimentação tenha uma altura útil de 4,5 metros, tem-se que:

$$\Theta h = \frac{V_{dec}}{Q} = \frac{410.4 m^2 * 4.5 m}{0.285 m^3/s * 3600 s/hora} = 1.8 \text{ horas}$$

Definição da geometria do decantador

Admitindo uma relação entre o comprimento do decantador e sua largura igual a 6, tem-se que:

$$\begin{aligned} A_S &= B * L \\ 410.4 \text{ m}^2 &= 6 * B^2 \\ B &= 8.12 \text{ m} \end{aligned}$$

Portanto, vamos adotar:

$$\begin{aligned} B &= 8 \text{ m} \\ L &= 49 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_S &= B * L \\ A_S &= 8 \text{ m} * 49 \text{ m} \\ A_S &= 392 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Cálculo da taxa de escoamento superficial

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

$$q = \frac{24624 m^3/dia}{392 m^2}$$

$$q = 62.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

Cálculo da Velocidade horizontal

$$V_h = \frac{Q}{A_h}$$

$$V_h = \frac{0.285 m^3/s}{4.5 m * 8 m}$$

$$V_h = 0.792 \text{ cm/s}$$

Cálculo do Raio Hidráulico

$$R_h = \frac{B * h}{(B + 2 * h)}$$

$$R_h = \frac{8 * 4.5}{(8 + 2 * 4.5)}$$

$$R_h = 2.12 \text{ m}$$

Dimensionamento das calhas de colecta de água decantada

A vazão nas calhas de colecta de água decantada pode ser estimada como:

$$ql \leq 0,018 * H * q$$

ql = vazão linear nas calhas de colecta de água decantada (l/s/m)

H = altura útil do decantador (m)

q = taxa de escoamento superficial no decantador (m³/m²/dia)

$$ql \leq 0,018 * 4,5 * 62.8$$

$$ql \leq 5.09 \text{ L/s/m}$$

Cálculo do comprimento total de vertedor

$$ql = \frac{Q}{L_v} \Rightarrow L_v = \frac{Q}{ql} = \frac{285 L/s}{5.09 L/s/m} = 56 \text{ m}$$

Admitindo que o comprimento da calha de coleta de água de lavagem não exceda a 20% do comprimento do decantador, tem-se que:

$$L_{calha} = 48 \text{ m} * 0,2 = 9.6 \text{ m}$$

Cálculo do número de calhas

$$N_{\text{calhas}} = \frac{Lv}{2 * L_{\text{calha}}}$$

$$N_{\text{calhas}} = \frac{56m}{2 * 9.6m}$$

$$N_{\text{calhas}} = 2.9$$

Portanto, vamos adotar um total de 3 calhas, com 9 metros de comprimento. Logo,

$$L_v = 3\text{calhas} * 9m * 2 = 54 \text{ m}$$

$$q_l = \frac{Q}{L_v} = \frac{285L/s}{54m} = 5.27l/s/m$$

Cálculo do espaçamento entre as calhas

$$\text{Esp} = \frac{8m}{3\text{calhas}} = 2.67 \text{ m}$$

Dimensionamento da cortina difusora de passagem do sistema de floculação para o decantador

Será admitida uma velocidade na passagem de 0,2 m/s. Logo, tem-se que:

$$Q = V * A_{\text{furos}}$$

$$A_{\text{furos}} = \frac{Q}{V} = \frac{0.285m^3}{0.2m/s} = 1.43m^2$$

Serão adotados furos com geometria quadrada, tendo os mesmos largura de 0,1 m.

Cálculo do número de orifícios

$$N_{\text{orifícios}} = \frac{1.43}{0.01} = 143$$

Disposição das passagens na cortina difusora

Cálculo da área individual de influência de cada orifício

$$A_{\text{ind}} = \frac{8*4.5}{143} = 0.252m^2$$

Cálculo do número de fileiras horizontais e verticais

$$N_{\text{fileiras horizontais}} = \frac{4.5m}{0.72m} = 6.25$$

$$N_{\text{fileiras verticais}} = \frac{8m}{0.72m} = 11.11$$

Portanto, serão adotadas 6 fileiras horizontais e 11 verticais, tendo um total de 66 furos.

Cálculo da Velocidade de escoamento nos orifícios

$$V_h = \frac{Q}{A_{orificios}} = \frac{0.285m^3/s}{66 * 0.01m^2} = 0.432m/s$$

Verificação do Gradiente de Velocidade nos orifícios

$$D_h = 4 * R_h$$

$$R_e = \frac{V_h * D_h}{\nu}$$

$$D_h = \frac{4 * B * h}{2 * (B + h)}$$

$$R_e = \frac{0.432 * 0.1}{1 * 10^{-6}}$$

$$D_h = \frac{4 * 0.1 * 0.1}{2 * (0.1 + 0.1)}$$

$$R_e = 43200$$

$$D_h = 0.1 \text{ m}$$

A cortina difusora será construída em madeira, de modo que pode-se adotar um valor de rugosidade equivalente a 0,5 mm.

Cálculo do factor de atrito

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\epsilon}{3.7 * D_h} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.035$$

Cálculo da perda de carga unitária

$$j = \frac{f * V^2}{D_h * 2 * g}$$

$$j = \frac{0.035 * 0.00071^2}{0.1 * 2 * 9.81}$$

$$j = 0.00071m/m$$

Cálculo do Gradiente de Velocidade

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * \nu * j}{\mu}}$$

$$G = \sqrt{\frac{1000 * 0.2 * 0.00071}{1.003 * 10^{-3}}}$$

$$G = 12S^{-1}$$

O valor do Gradiente de velocidade nas passagens é inferior ao gradiente de velocidade na última câmara de floculação. Assim sendo, o dimensionamento da cortina está ótimo.

Dimensionamento das unidades de filtração

Parâmetros de Projeto

Vazão: 1.71 m³/s

Filtro descendente rápido de camada simples (areia).

Taxa de filtração: 280 m³/m²/dia

Lavagem com ar seguido de água em contra-corrente

Taxa de filtração constante com variação de nível

Número de decantadores: 6
Largura do decantador: 16 m

Cálculo da área total de filtração

$$q = \frac{Q}{At_f}$$

$$A_{tf} = \frac{Q}{q}$$

$$A_{tf} = \frac{147744}{280}$$

$$A_{tf} = 528 \text{ m}^2$$

Cálculo aproximado do número de filtros

Utilizando a formula empírica de KAWAMURA.

$$N = 1,2 * Q^{0,5} \rightarrow 1.2 * 39.03^{0,5} = 7.5$$

N=número de filtros

Q=vazão em mgd (1 mgd = 3785 m³/dia)

Em função do número de decantadores, serão admitidos um total de 10 filtros, sendo 2 filtros associados a cada decantador.

Cálculo da área de cada filtro

$$A_f = \frac{A_{tf}}{N}$$

$$A_f = \frac{528}{10} = 52.8 \text{ m}^2$$

Definição das dimensões básicas de cada filtro

Cada decantador apresenta uma largura individual de 16 metros e, admitindo-se que a cada um esteja associado 2 filtros, tem-se que:

$$1m + X = 8$$

$$X = 7m$$

$$X * Y = 52.8 \text{ m}^2$$

$$7 * Y = 52.8 \text{ m}^2$$

$$Y = 7.5 \text{ m}$$

Características do material filtrante

Os filtros serão do tipo descendentes rápidos de simples camada, constituídos de areia. As suas características granulométricas a serem adoptadas estão apresentadas na abaixo:

Tabela 21: Características granulométricas do material filtrante

Material	Altura (m)	Diâmetro efetivo (mm)	C.Unif.	d60 (mm)	Massa específica (kg/m ³)	Porosidade	Coef. Esfericidade
Areia	0,3	0,5	1,5	0,75	2.750	0,45	0,80

Verificação da grandeza l/d_{ef}.

$$\frac{L}{def} = \frac{300}{0.5} = 600$$

Cálculo da velocidade mínima de fluidificação

$$d_{90} = d_{10} * [10^{(1.67 * \log(CU))}]$$

$$Ga = \frac{d_{90}^3 * \rho * (\rho_p - \rho) * g}{\mu^2}$$

$$d_{90} = 0.5 * [10^{1.67 * \log 1.5}]$$

$$Ga = \frac{0.000984^3 * 1000 * (2750 - 1000) * 9.81}{0.001^2}$$

$$d_{90} = 0.984 \text{mm}$$

$$Ga = 16356.6$$

$$d_{90} = 0.000984 \text{m}$$

$$Re_{mf} = \sqrt{33.7^2 + 0.0408 * Ga} - 33.7$$

$$Re_{mf} = \frac{V_{mf} * d_{90}}{\nu}$$

$$Re_{mf} = \sqrt{33.7^2 + 0.0408 * 16356.6} - 33.7$$

$$V_{mf} = \frac{Re_{mf} * \nu}{d_{90}}$$

$$Re_{mf} = 8.762$$

$$V_{mf} = \frac{8.762 * 10^{-6}}{0.000984}$$

$$V_{mf} = 8.905 * 10^{-3}$$

Cálculo da vazão de água de lavagem

Será adoptada uma velocidade ascensional de água de lavagem igual a 1,4 cm/s.

$$Q_{AL} = v * Af = 1.4 * 10^{-2} \text{ m/s} * 52.8 \text{m}^2$$

$$Q_{AL} = 0.739 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo do volume de água de lavagem

Admitindo que a duração da lavagem do meio filtrante seja de 10 minutos, tem-se que:

$$\text{Volume} = Q_{AL} * t$$

$$\text{Reservação} = 2 * \text{Vol}$$

$$\text{Volume} = 0,739 \text{m}^3/\text{s} * 10 \text{min} * 60 \text{s}/\text{min}$$

$$\text{Reservação} = 2 * 443.4$$

$$\text{Volume} = 443.4 \text{m}^3$$

$$\text{Reservação} = 887 \text{m}^3$$

Dimensionamento da tubagem de água de lavagem

Será adotada uma velocidade igual a 2.5 m/s. Portanto, tem-se que:

$$Q_{AL} = V * \frac{\pi * \varnothing^2}{4} \Leftrightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{4 * Q_{AL}}{\pi * 2}} \Leftrightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{4 * 0.739}{\pi * 2.5}} = 0.613 \text{m}$$

$$\varnothing_{comercial} = 600 \text{mm}$$

Cálculo da vazão de ar

Será adotado uma vazão de ar durante a lavagem de 15 l/s/m². Deste modo, tem-se que:

$$Q_{AR} = 15l/s/m^2 * 52.8m^2$$

$$Q_{AR} = 792 l/s$$

Dimensionamento da unidade de desinfecção

Parâmetros de Projecto

$$\text{Vazão: } 1.71 m^3/s$$

$$\text{Dosagem mínima de cloro: } 0.8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Dosagem média de cloro: } 1.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{Dosagem máxima de cloro: } 2.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{Tempo de contacto: } 30 \text{ minutos}$$

$$\text{Profundidade da lâmina líquida } 4.5 \text{ m}$$

Cálculo do volume do tanque de contacto

$$\theta_h = \frac{Vol}{Q}$$

$$Vol = Q * \theta_h$$

$$Vol = 1.71m^3/s * 30min * 60s/min$$

$$Vol = 3078 m^3$$

Definição da geometria do tanque de contato

$$A_s = \frac{Vol}{H} \Leftrightarrow A_s = \frac{3078}{4.5} = 684 m^2$$

Admitindo uma relação entre o comprimento e sua largura entre 4 e 5, tem-se que:

$$A_s = B * L = 4 * B^2 = 684 m^2$$

$$A_s = B * L$$

Portanto, teremos:

$$B = 13.08 \text{ m}$$

$$684 = 13.08 * L$$

$$B = 13 \text{ m}$$

$$L = 52.29 \text{ m}$$

$$L = 53 \text{ m}$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

Verificação da velocidade nas passagens e canal principal

$$V_h = \frac{Q}{Ah} \Leftrightarrow \frac{1.71m^3/s}{4.5m * 3.25m} = 0.117m/s$$

Cálculo do consumo diário de cloro

$$\text{Massa} = Q * C * \Delta t$$

$$\text{Massa}_{\text{mínima}} = \frac{\frac{147744m^3}{\text{dia}} * 0.8g/m^3}{1000g/kg} = 118.19Kg/\text{dia}$$

$$\text{Massa}_{\text{média}} = \frac{\frac{147744m^3}{\text{dia}} * 1.5g/m^3}{1000g/kg} = 262.17Kg/\text{dia}$$

$$\text{Massa}_{\text{maxima}} = \frac{\frac{147744\text{m}^3}{\text{dia}} * 2.5\text{g}/\text{m}^3}{1000\text{g}/\text{kg}} = 369.36\text{Kg}/\text{dia}$$

Dimensionamento do sistema de reservação

Será admitido que o sistema de reservação tenha uma autonomia de 20 dias.

$$\text{Massa} = 369.36 \text{ kg}/\text{dia} * 20\text{dias} = 6727.2 \text{ kg}$$

Hipoclorito de sódio

Concentração da solução: 12% em peso como Cl₂

Massa específica da solução: 1220 kg/m³

$$\text{Concentração da solução} = \frac{M_{\text{produto}}}{M_{\text{solução}}}$$

$$\text{Vol} = \frac{M_{\text{solução}}}{\rho_{\text{solução}}}$$

$$0.12 = \frac{6727.2\text{Kg}}{M_{\text{solução}}}$$

$$\text{Vol} = \frac{56060\text{kg}}{1220\text{kg}/\text{m}^3}$$

$$M_{\text{solução}} = 56060 \text{ Kg}$$

$$\text{Vol} = 49.9 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol} = 50 \text{ m}^3 \text{ (Adoptado)}$$

APÊNDICE 3: Dimensionamento do Reservatório

Pré-dimensionamento do reservatório

Consumo médio diário (Qmd)

Dados:

Lig Font= 30L/Hab/dia

Lig T.Q= 50L/Hab/dia

Lig Dom= 125L/Hab/dia

P₂₅= 131365Hab

Nr agregados= 5

Nr casas = 3166 Casas

Escala entre casas=30*30

Área da comunidade= C→2.59Km*L→1.10Km=2.849Km²=2849000m²= 284.9ha

$$\begin{aligned} Q_{\text{md}_f} &= Q_{\text{md}_{\text{hab}_f}} * n^{\circ}\text{hab} * n^{\circ}\text{casas} \\ Q_{\text{md}_f} &= 30 * 5 * 3166 = 474900 \text{ L}/\text{dia} \end{aligned}$$

Q_{mdhab}: volume consumido por hab. em um dia
n^ohab: número de habitantes
n^ocasas: número de casas

$$\begin{aligned} Q_{\text{md}_{\text{tq}}} &= Q_{\text{md}_{\text{hab}_{\text{tq}}}} * n^{\circ}\text{hab} * n^{\circ}\text{casas} \\ Q_{\text{md}_{\text{tq}}} &= 50 * 5 * 3166 = 791500 \text{ L}/\text{dia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{md}_{\text{Dom}}} &= Q_{\text{md}_{\text{hab}_{\text{Dom}}}} * n^{\circ}\text{hab} * n^{\circ}\text{casas} \\ Q_{\text{md}_{\text{Dom}}} &= 125 * 5 * 3166 = 1978750 \text{ L}/\text{dia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{\text{md}} &= Q_{\text{md}_f} + Q_{\text{md}_{\text{tq}}} + Q_{\text{md}_{\text{Dom}}} \\ \Sigma Q_{\text{md}} &= 474900 + 791500 + 1978750 \\ \Sigma Q_{\text{md}} &= 3245150 \text{ L}/\text{dia} \end{aligned}$$

Consumo médio (qm)

$$qm = \frac{Qmd_{\text{annual}}}{365 * n^{\text{hab}}}$$

$$qm = \frac{3245150 * 365}{365 * 131365}$$

$$qm = 25 \text{ L/hab/dia}$$

Coefficientes de variação

Variações diárias

$$K_1 = 1.1$$

Variações de horário

$$K_2 = 1.1$$

Vazão (Q) em 24h de funcionamento

$$Q_s = \frac{Qmd * K_1 * K_2}{86400}$$

$$Q_s = \frac{3245150 * 1.1 * 1.1}{86400}$$

$$Q_s = 45.45 \text{ L/s}$$

Dimensionamento do reservatório

$$V_{\text{reservatório}} = 86400 * Q_s$$

$$V_{\text{reservatório}} = 86400 * 45.45$$

$$V_{\text{reservatório}} = 3926880 \text{ L}$$

$$V_{\text{reservatório}} = 3926.88 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{reservatório}} = 3927 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{inferior}} = \frac{3}{5} * V_{\text{reservatório}}$$

$$V_{\text{inferior}} = \frac{3}{5} * 3927$$

$$V_{\text{inferior}} = 2356 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{superior}} = \frac{2}{5} * V_{\text{reservatório}}$$

$$V_{\text{superior}} = \frac{2}{5} * 3927$$

$$V_{\text{superior}} = 1571 \text{ m}^3$$

Reservatorio Inferior

Reservatório Circular "Inferior" (h=4m)

$$V_{\text{inferior}} = h * A_b$$

$$2356 = 4 * \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = 27.38 \text{ m}$$

A_b : área da base

D= diâmetro

Área de reservação

$$A_r = \frac{V_r}{Laguna}$$

$$A_r = \frac{2356 \text{ m}^3}{3.5}$$

$$A_r = 673.14 \text{ m}^2$$

Dimensão dos extravasores

Os extravasores, tanto do RS quanto do RI, não precisam ser dimensionados. Deve-se adotar para os mesmos um diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da alimentação dos reservatórios.

Peso da tampa (espessura=6cm)

$$\gamma_{\text{concreto}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$N_{sk} = 25 * 0.06 * \pi * 13.69^2 = 883.2 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = N_{sk} * 1.4$$

Peso parede (espessura=18cm)

$$N_{sk} = 25 * \{[\pi * (13.69 + 0.18)^2 - \pi * (13.69)^2] * 4\}$$

$$N_{sk} = 1558.63 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = N_{sk} * 1.4$$

$$Nsd = 883.2 * 1.4 = 1236.48 \text{ kN}$$

$$Nsd = 1558.63 * 1.4 = 2181.87 \text{ kN}$$

Peso laje de fundo (espessura=12cm)

$$Nsk = 25 * 0.12 * \pi * 13.69^2 = 1766.36 \text{ kN}$$

Peso água

$$Nsk = 10 \text{ kN/m}^3 * Ab * h$$

$$Nsk = 10 \text{ kN/m}^3 * \pi * 13.69^2 * 4 = 23551.4 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 1766.36 * 1.4 = 2472.9 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 23551.4 * 1.4 = 32971.96 \text{ kN}$$

Reservatório Superior

Reservatório "Superior" (h=4m)

Área de reservação

$$V_{\text{inferior}} = h * Ab$$

Ab: área da base

$$Ar = \frac{Vr}{Lagua}$$

$$1571 = 4 * \frac{\pi D^2}{4}$$

D= diâmetro

$$Ar = \frac{1571 \text{ m}^3}{3.5}$$

$$D = 22.36 \text{ m}$$

$$Ar = 448.86 \text{ m}^2$$

Dimensão dos extravasores

Os extravasores, tanto do RS quanto do RI, não precisam ser dimensionados. Deve-se adoptar para os mesmos um diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da alimentação dos reservatórios.

Peso da tampa (espessura=6cm)

$$\gamma_{\text{concreto}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$Nsk = 25 * 0.06 * \pi * 11.18^2 = 589.01 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 589.01 * 1.4 = 824.61 \text{ kN}$$

Peso parede (espessura=18cm)

$$Nsk = 25 * \{ [\pi * (11.18 + 0.18)^2 - \pi * (11.18)^2] * 4 \}$$

$$Nsk = 1274.61 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 1274.61 * 1.4 = 1784.45 \text{ kN}$$

Peso laje de fundo (espessura=12cm)

$$Nsk = 25 * 0.12 * \pi * 11.18^2 = 1178.02 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 1178.02 * 1.4 = 1649.23 \text{ kN}$$

Peso água

$$Nsk = 10 \text{ kN/m}^3 * Ab * h$$

$$Nsk = 10 \text{ kN/m}^3 * \pi * 11.18^2 * 4 = 15707.01 \text{ kN}$$

$$Nsd = Nsk * 1.4$$

$$Nsd = 15707.01 * 1.4 = 21989.81 \text{ kN}$$

$$Nsd_{\text{total}} = \Sigma Nsd = 824.61 \text{ kN} + 1784.45 \text{ kN} + 1649.23 \text{ kN} + 21989.81 \text{ kN}$$

$$\Sigma Nsd = 26248.1 \text{ kN}$$

$$\text{Para 1 pilar: } \frac{\Sigma Nsd_{\text{total}}}{8 \text{ pilares}} = 3281.01 \text{ kN}$$

Dimensionamento de estação elevatória

A NBR 5626 recomenda o uso da fórmula de FORSCHHEIMMER para o dimensionamento da tubulação de recalque. $Dr = 1.3 * \sqrt{Q} * \sqrt[4]{X}$

Dimensionamento da tubulação de recalque

$$Q = \frac{CD}{h} = \frac{67142090.5L}{12h} * \frac{1}{1000*3600} = 1.55m^3/s \quad X = \frac{12}{24} = 0.5$$

$$Dr = 1.3 * \sqrt{Q} * \sqrt[4]{X}$$

$$Dr = 1.3 * \sqrt{1.55} * \sqrt[4]{0.5}$$

$$Dr = 1.360 \text{ m}$$

$$Dr = 1360\text{mm}$$

$$Dr_{\text{comercial}} = 1200\text{mm}$$

$$Ds_{\text{comercial}} = 1500\text{mm}$$

Dr = diâmetro do recalque - m

Q = vazão de recalque – m³/s

X = h/24 horas

h = nr de horas de funcionamento da bomba/dia.

Dimensionamento da tubagem de sucção

A tubagem de sucção não é dimensionada. Adota-se para ela o diâmetro comercial disponível, imediatamente superior ao diâmetro do recalque.

Dimensionamento da tubagem de recalque

A tubagem de recalque não é dimensionada. Adota-se para ela o diâmetro comercial disponível, imediatamente superior ao diâmetro do recalque.

Dimensionamento da potência da bomba

Comprimento do recalque (D = 1200mm):

$$\text{Real (21.5m +0.5m+1500m)} = 1522$$

Equivalentes Tabelados

$$\text{Válvula de retenção pesada} = 32$$

$$\text{Tê passagem direta} = 2.2$$

$$\text{Registro de gaveta} = 1.4$$

$$\text{Curva 90} = 3.3$$

$$\text{Saída} = 6$$

$$\text{Comprimento Total} = 1566.9 \text{ m}$$

Perda de carga unitária

$$Q = 27.113 * j^{0.532} * D^{2.596}$$

$$j^{0.532} = \frac{Q}{27.113 * D^{2.596}}$$

$$j^{0.532} = \frac{1.55}{27.113 * 1.2^{2.596}}$$

$$j = 0.0019\text{m/m}$$

$$h_f = j * L$$

$$h_f = 0.0019 * 1566.9$$

$$h_f = 2.98\text{m}$$

Altura Manométrica

$$H_{\text{man(rec)}} = 21.5\text{m} + 2.98\text{m} = 24.48\text{m}$$

Comprimento da sucção (Ds = 1500mm)

$$\text{Real (0m + 1m)} = 1\text{m}$$

Equivalentes tabelados

Válvula de pé de crivo = 65

Comprimento Total = 66m

Perda de carga unitária

$$Q = 27.113 * j^{0.532} * D^{2.596}$$

$$j^{0.532} = \frac{Q}{27.113 * D^{2.596}}$$

$$j^{0.532} = \frac{1.55}{27.113 * 1.5^{2.596}}$$

$$j = 0.00064 \text{ m/m}$$

$$h_f = j * L$$

$$h_f = 0.00064 * 66$$

$$h_f = 0.042 \text{ m}$$

Altura Manométrica

$$H_{man}(\text{rec}) = 0\text{m} + 0.042 \text{ m} = 0.042 \text{ m}$$

Altura manométrica total

$$H_{man} = H_{man}(\text{rec}) + H_{man}(\text{suc})$$

$$H_{man} = 24.48\text{m} + 0.042\text{m} = 24.52\text{m}$$

Potência da bomba

$$P = \frac{Q * H_{man}}{75 * \eta} = \frac{1550 * 24.52}{75 * 0.85} = 596.17 \text{ cv}$$

APÊNDICE 4: Dimensionamento de rede distribuição

Vazão de distribuição

Para redes ramificadas, considera-se a vazão por metro linear de conduta.

$$q_m = \frac{K * Q * P}{86400 * L}$$

q_m = vazão de distribuição em marcha

$$q_m = \frac{2.2 * 125 * 131365}{86400 * 8140}$$

K = coeficiente de reforço

$$q_m = 0.0073 \frac{L}{S} \text{ m}$$

P = população a ser abastecida

Q = consumo per capita em litros por dia

L = comprimento total da rede

Sistema de distribuição de cotas de terreno

NA = 75.5 m

C = 55 m

G = 45 m

K = 15 m

O = 7.5m

R = 72 m

D = 52.5 m

H = 42.5m

L = 12.5 m

A = 57.5m

E = 50 m

I = 37.5 m

M = 10 m

B = 57.5m

F = 47.5m

J = 17.5m

N = 7.5m

Tabela 22: Resumo de dimensionamento da rede ramificada com traçado em grelha

Trecho	L	Q(L/S)	D(m)	V(m/s)	Perda de Carga		Cota Piezometrica		Cota do terreno		Presão Disponivel	
					J(m/m)	H _f (m)	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RA	15	635	700	1.65	0.0028	0.042	75.5	75.458	72	57.5	3.5	17.958
AB	100	635	700	1.65	0.0028	0.28	75.458	75.178	57.5	55	17.958	20.158
EH	395	635	700	1.65	0.0028	1.106	75.178	74.072	55	52.5	20.178	21.572
BL	2040	635	700	1.65	0.0028	5.712	74.072	68.36	52.5	50	21.572	18.36
CK	2040	424	600	1.50	0.0028	5.712	68.36	62.648	52.5	47	15.86	15.648
FM	2040	424	600	1.50	0.0028	5.712	62.648	56.936	45	37.5	17.648	19.036
DJ	2040	295	500	1.35	0.0035	7.14	56.936	49.796	37.5	30	19.436	19.796
GN	2040	295	500	1.35	0.0035	7.14	49.796	42.656	45	12.5	4.796	30.156
EI	2040	204	450	1.28	0.0029	5.916	42.656	36.74	37.5	10	32.656	26.74
HO	2040	204	450	1.28	0.0029	5.916	36.74	30.824	15	7.5	21.74	23.326

Como preencher as colunas:

Material plástico PVC C=140

Colunas 1 e 2: elementos tirados do mapa topográfico e dos dados fornecidos.

Coluna 3: preenche-se de baixo para cima em função das vazões. $Q = \frac{V \cdot \pi \cdot D^2}{4}$

Coluna 4: com os diâmetros adoptados, calcula-se as velocidades máximas. $V_{max} = 0.6 + 1.5 \cdot D$

Coluna 5: velocidade calculada pela equação da continuidade. $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$

Coluna 6: perda de carga calculada pela fórmula de Hazen-Williams. $J = \frac{10.641 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$

Coluna 7: perda de carga distribuída total. $H_f = j \cdot L$

Coluna 8 e 9: cota piezométrica inicial menos a perda de carga da coluna 7.

Coluna 10 e 11: preenchida com os dados fornecidos das cotas dos terrenos.

Coluna 12: Coluna 8 menos coluna 10 (cota piezométrica – cota do terreno)

Coluna 13: Coluna 9 menos coluna 11 (cota piezométrica – cota do terreno)

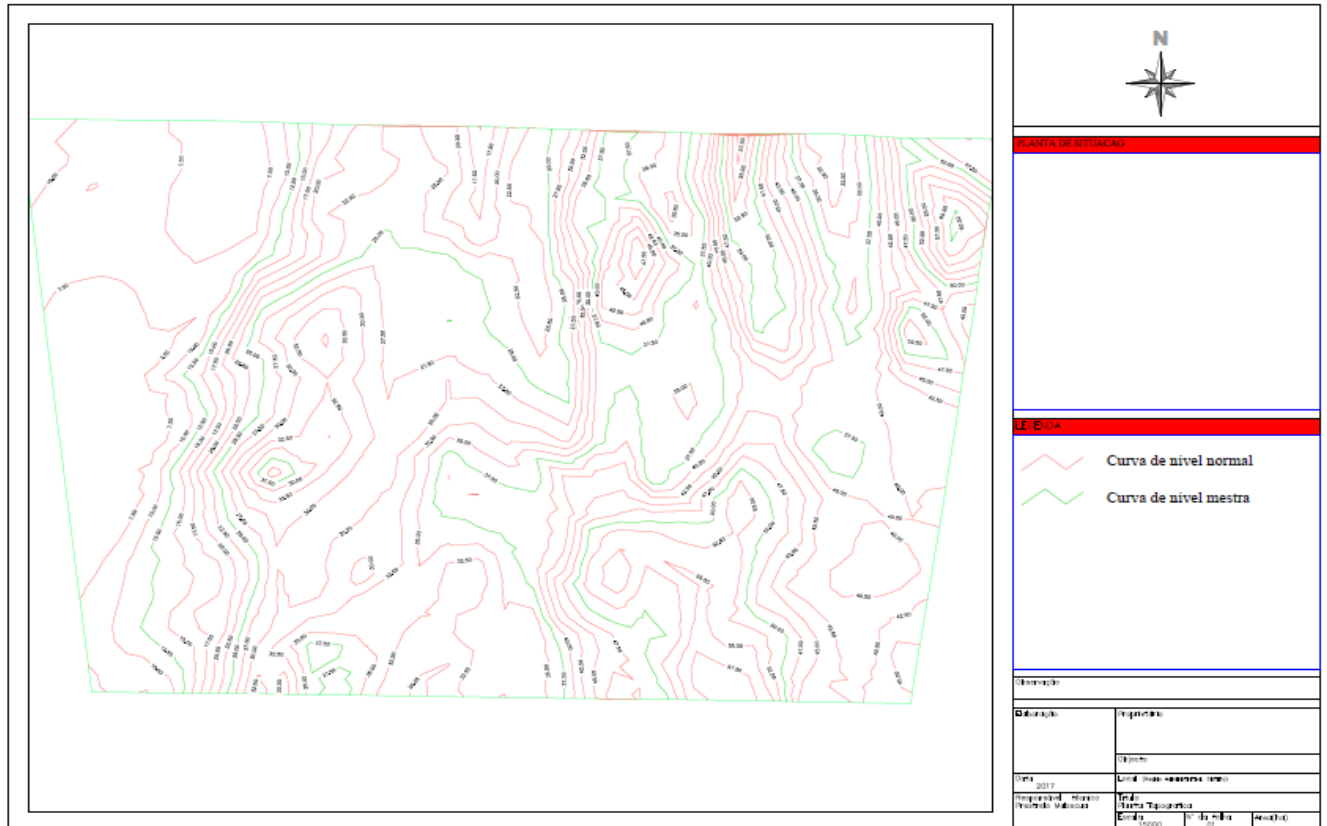


Figura 18: Curvas de Nível da area do projecto (Comunidade de Jangamo-sede)

Fonte: Autor

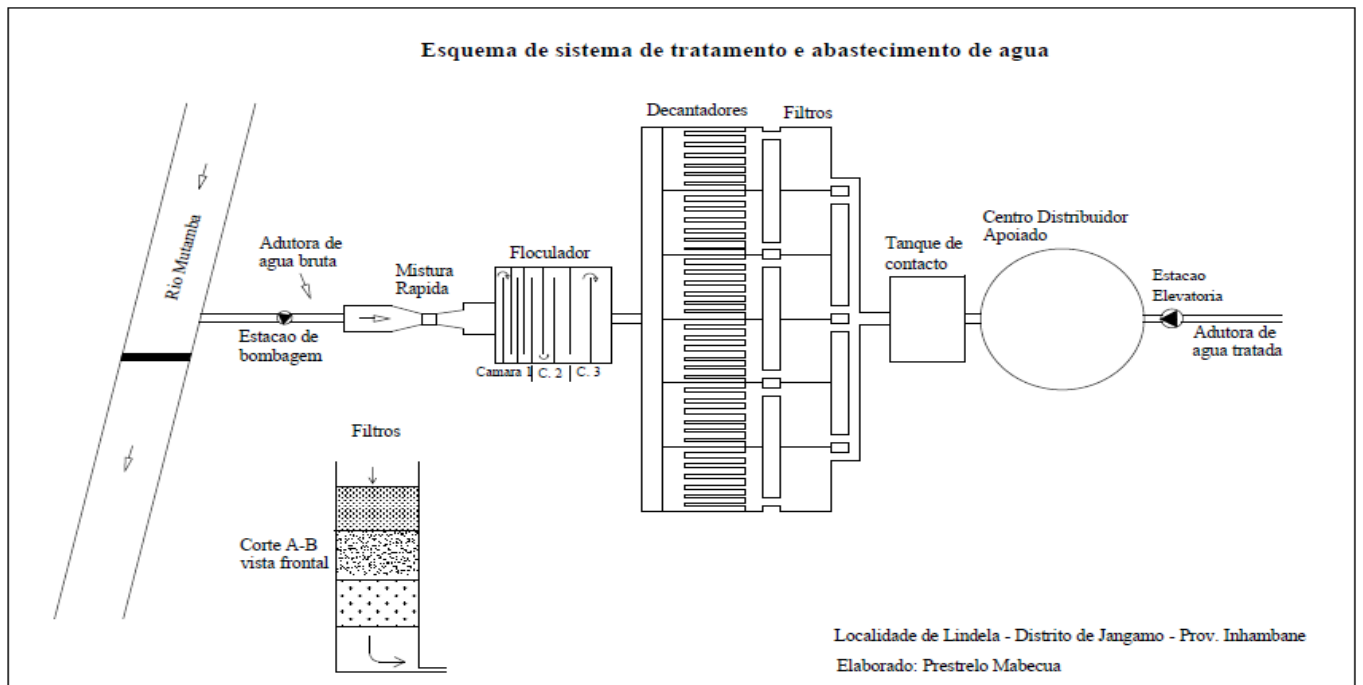


Figura 19: Esquema de sistema de abastecimento de água da comunidade de Jangamo-Sede

Fonte: Autor

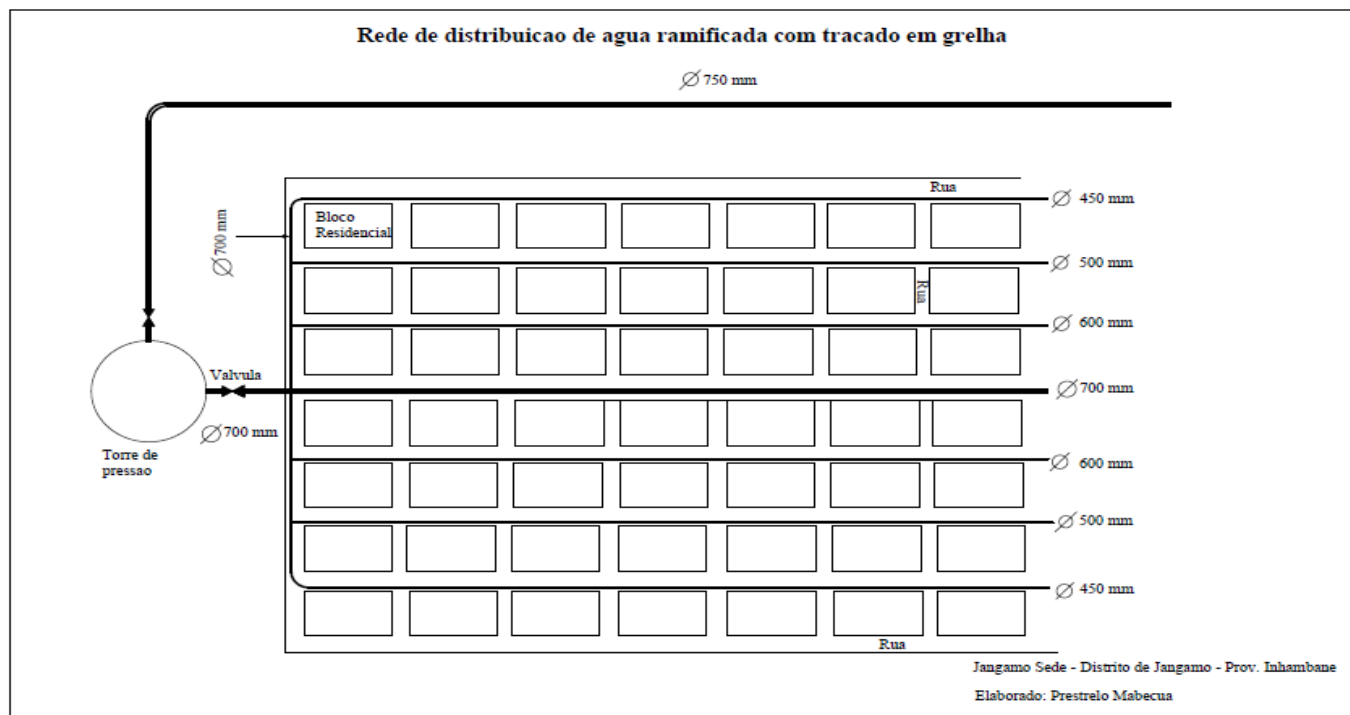


Figura 20: Esquema de rede de distribuição de água da comunidade de Jangamo-Sede

Fonte: Autor

ANEXOS

Tabela 23: Dimensões da garganta (Calha Parshall)

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
pol	cm									
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1,5'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	5,3	34,3

Fonte: Flow Master, 2008

Tabela 24: Pressão atmosférica em função da altitude

Altitude (m)	Pressão atmosférica (m)
0	10,33
300	9,96
600	9,59
900	9,22
1200	8,88
1500	8,54
1800	8,20
2100	7,89
2400	7,58
2700	7,31
3000	7,03

Fonte: Tadayuki Yanagi Jr, Escolha de bombas centrífugas

Tabela 25: Pressão de vapor da água, em m, para diferentes temperaturas

Temperatura °C	Peso específico γ (kN/m ³)	Pressão de Vapor (m)
15	9,798	0,17
20	9,789	0,25
25	9,777	0,33
30	9,764	0,44
40	9,730	0,76
50	9,689	1,26
60	9,642	2,03
70	9,589	3,20
80	9,530	4,96
90	9,466	7,18
100	9,399	10,33

Gama de trabajo

NB, NK

NB, NK, 4 polos

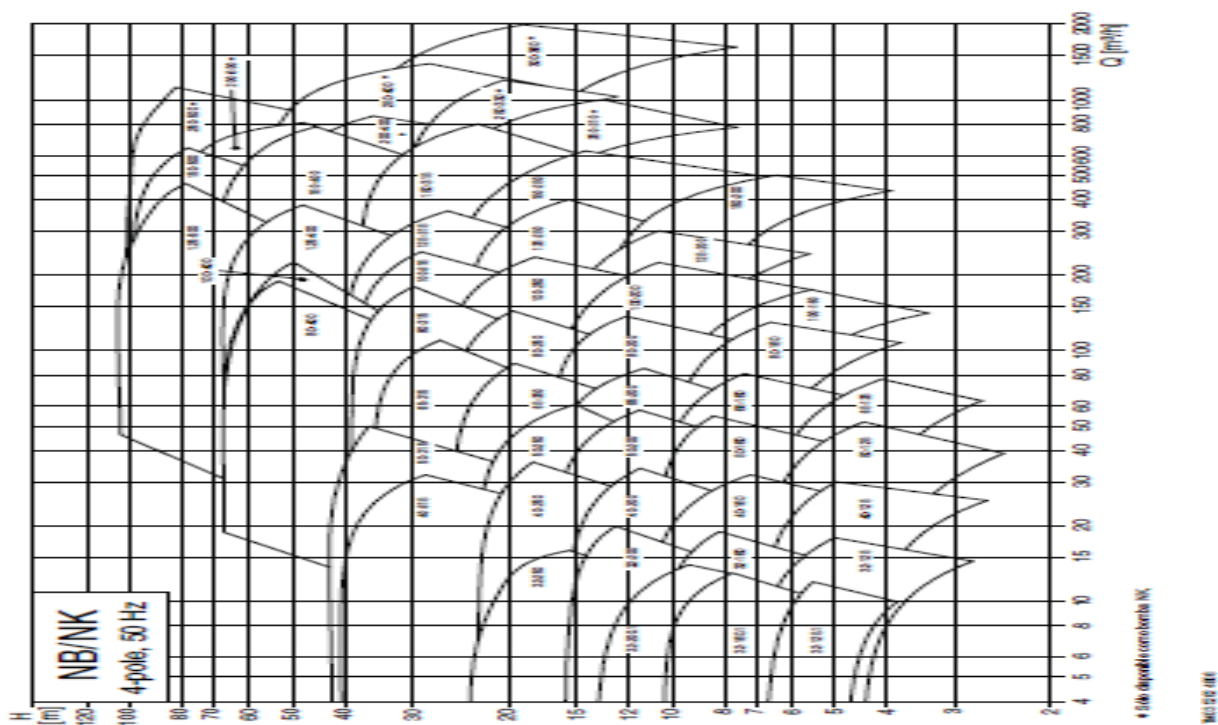


Figura 20: Diagrama de seleção de bombas

Fonte: Catálogo de Bombas Grundfos