



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Estudo do aquífero costeiro na zona de Chuabo Dembe usando a broca de recolha.



Autor:

Jordão Adonias Tsamba



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Estudo do aquífero costeiro na zona de Chuabo Dembe usando
Brocas de recolha.**

Autor:

Jordão Adonias Tsamba

Supervisor:

Noca Bernardo Furaca da Silva (MSc.)

Quelimane, Dezembro de 2017

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Cacilda Carlos Mandlate pelo companheirismo, pelos conselhos e apoio nos momentos alegres e tristes e como minha força motriz.

A minha mãe Suzana Julio Tsamba por ser mãe e pai ao mesmo tempo, pelo amor, carinho, compreensão, ensinamento transmitidos e pelo apoio incondicional em todas as etapas decisivas da minha vida.

Ao meu avô pelos conselhos e ensinamentos transmitidos que contribuíram para a minha maturidade, crescimento e para a pessoa que hoje sou.

Ao Msc. Noca Bernardo Furaca pela supervisão.

Dinis Nhassengo pelo suporte nas técnicas de abertura de furos.

Eng^a. Reginaldo por ter ajudado no laboratório

Aos meus irmãos Hórorio Raimundo Mula, Inalda Mariana Mutuque e Becas João Mutuque, Oduvaldo Mutuque e Samanta Mutuque aos meus primos Natacha T. Manhique, Lina J. Matusse Tânia Flora A. Massango e Thando kulhe e Martinha A. Condo.

Aos meus colegas e amigos Erasnes Honwane, Alberto Sibie, Ernesto Tembe, Balbina Siteo, Mércia Manuel, Paulo Nota, Norton Cossa, Jonas Chambo, Justino Chipanga, Nilton Nhantumbo, Algi Charamadane, Moisés Muholove, Jordão Tsamba, Salvador Pedro (informática) e a todos os colegas do curso de Geologia Marinha, Química Marinha, Biologia Marinha e Oceanografia. E a todos aqueles que me apoiaram directamente ou indirectamente.

Em último lugar agradeço ao grandioso meu Sr. Deus por ter tornado tudo isso possível.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha querida mãe Suzana Júlio Tsamba pela força que me deu nos momentos de alegria, angustia e mesmo quando estava prestes a desistir de todo.

Ao meu tio Alberto Júlio Tsamba por ter garantido que eu desse continuidade aos estudos, e ao meu avô Júlio Languene Tsamba pelos conselhos que sempre mi dá.

Declaração de Honra

Declaro, por minha honra, que este trabalho intitulado “*Estudo do aquífero costeiro na zona de Chuabo Dembe usando Brocas de recolha*”, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção de qualquer grau académico e que, o mesmo constitui resultado da minha inteira investigação pessoal, estando indicadas no texto e na lista de referências bibliográficas todas as fontes consultadas para a sua elaboração.

Quelimane, Dezembro 2017

(Jordão Adonias Tsamba)

Abreviaturas

C.E......Condutividade eléctrica

STD.....Sólidos totais dissolvidos

Alcan..... Alcanidade

F1Primeiro furo de pesquisa

F2..... Segundo furo de pesquisa

F3Terceiro furo de pesquisa

Lista de Tabelas

Tabela1.....Localização geográfica dos furos de pesquisa

Tabela2.....Resultados das análises da qualidade das águas subterrâneas Chuabo Dembe

Gráficos

Gráfico.....,Variação de carga hidráulica em Chuabo Dembe Outubro no f1, f2 e f3

Gráfico2.....Variação de potencial hidráulico em Outubro Chuabo Dembe

Gráfico3.....Variação Condutibilidade hidráulica

Gráfico4Variação de transmissividade em Outubro Chuabo Dembe

Lista de Figuras

Figura1.....Área de estudo Chuabo Dembe

Figura 2.....Sistema de tranca de Broca de Recolha

Figuro 3..... Brocas de recolhas com peso e sem peso

Figura 4 Sistema de funcionamento de Broca de recolha

Resumo

O bairro de Chuabo Dembe esta localizado na zona costeira. Um dos maiores problemas que se tem registado e a captação de água potável nos poços aliada a intrusão salina influenciada pelo estuário Bons Sinais. Com o objectivo de caracterizar o aquífero costeiro de Chuabo Dembe na possibilidade de melhorar as técnicas de extracção e o uso da água do aquífero costeiro de Chuabo Dembe, foram construídas duas brocas de recolha com objectivo de abrir furos de pesquisa nos quais foram colocados sensor de pressão e salinidade durante 15 dias. Para relacionar com a variação da maré foi ancorado um marégrafo (TWR-2050) no estuário Bons Sinais, calibrado a mesma frequência dos sensores colocados nos furos de pesquisa. Para complementar foram colhidas amostras de sedimentos em função das profundidades dos furos de pesquisa. Resultados encontrados indicam que o aquífero costeiro do Chuabo Dembe é constituído por areia muito fina, argílias e silte e também se encontra matéria orgânica e fragmentos de organismo na sua composição (conchas e plantas), apresenta uma baixa e alta permeabilidade, porosidade que diminui a medida que se aproxima do estuário devido a maior presença de argila na sua estrutura geológica. Em termos de movimento de água o aquífero de Chuabo Dembe apresenta uma condutividade média de 7.26 m/s, capacidade de transmitir a água é de 10.2 m/d em média, o potencial hidráulica mostra que o aquífero drena águas em direcção ao estuário e por vezes do estuário para a costa e essa variação do fluxo varia de acordo com a carga hidráulica e influências de maré. Em média o nível freático varia 1,2m durante o ciclo de maré. Apresenta água amarelada na região mais aproxima do estuário e turva com cheiro devido a presença de matéria orgânica. Em relação a dureza da água no primeiro furo não é recomendável o uso da água devido maior concentração de carbonato de cálcio.

Palavra-chave: Aquífero costeiro, Chuabo Dembe

Índice

Capítulo I	1
1. Introdução	1
2. Objectivos	3
2.2 Objectivo geral	3
2.2 Objectivos específicos.....	3
2.3 Justificativa.....	3
Capítulo II	4
3. Revisão Bibliográfica	4
3.1 Águas subterrâneas.....	4
3.2 Reservatórios de águas subterrâneas	4
3.3 Porosidade	5
3.4 Qualidade de águas subterrâneas.....	5
3.5 Movimentos das águas subterrâneas	6
3.5.1 Potencial hidráulico	6
3.5.2 Carga hidráulica.....	6
3.5.3 Condutibilidade hidráulica ou fluxo subterrâneo	6
3.5.4 Transmissividade	7
Capítulo III.....	8
4. Metodologia.....	8
4.1 Área de estudo.....	8
4.2 Projecção e construção de Brocas de recolha.....	8
4.3 Abertura de furos de pesquisa	9
4.4 Princípio de funcionamento das brocas de recolha	9
4.5 Coleta de amostras	10
4.6 Processamento de dados.....	11
4.6.1 Análise granulométrica.....	11
4.7 Movimento e armazenamento de água no aquífero	11
4.7.1 Potencial hidráulico	11
4.7.2 Determinação da qualidade de água.....	12
4.7.4 Determinação de Condutividade Eléctrica e sólidos totais dissolvidos	12
Capítulo IV.....	13
5. Resultados e discussão.....	13
5.1 Caracterização gerais do aquífero	13
5.5 Qualidade de águas no aquífero de Chuabo Dembe.	18

6. Conclusão e Recomendações.....	21
7. Referencias Bibliográficas.....	24

Capítulo I

1. Introdução

A água subterrânea é a principal reserva de água doce mundial e representa um enorme potencial para o abastecimento futuro, além de influenciar directamente sobre a saúde e a diversidade de espécies vegetais, animais (incluindo o homem) e seus ecossistemas, sendo a única fonte de água potável para muitas cidades e países. Glasser *et al.* (2007). Geralmente as águas subterrâneas constituem uma fonte imediata de abastecimento de água potável porém, os esforços tendentes ao aumento do acesso pelos seus habitantes têm sido constringidos pelo alto custo de abertura de furos (Ball, 2004).

A água subterrânea é originada predominantemente da infiltração das águas das chuvas, sendo este processo de infiltração de grande importância na recarga da água no subsolo. A recarga depende do tipo de solo, cobertura vegetal, topografia. A utilização desta água é feita em várias escalas até em poços caseiros, Marangon, (2009). É preciso ter o material adequado e conhecer a qualidade da água para a exploração das águas subterrâneas, existe vários métodos de exploração de águas subterrâneas mas o mesmo acarretam muito custos, isto é, a utilização de maquinaria e o seus respectivos equipamentos de apoio em caso de manutenção acarretam elevados custos de perfuração, o que resulta na abertura de poucos furos nas comunidades Ball, (2004), ainda na execução dos furos enfrentam se grandes problemas por falta de acessórios visto que estes são importado de países vizinhos ou mesmo fora do continente, desta forma se agravando cada vez mais os custo de abertura de furos consequentemente mau saneamento do próprio meio devido a escassez de agua potável não basta abrir os poços ou furo tem de fazer estudo ou avaliar a qualidade da água.

Neste âmbito o presente trabalho é muito importante uma vez que tem como objectivo construir brocas de recolha para abertura de furo para fins de estudo do aquífero costeiro de Chuabo Dembe mas os mesmo instrumento (Brocas de Recolha) serve como um método de baixo custo para extracção de águas subterrâneas.

Broca de recolha é um instrumento construído com material de fácil para a extracção de aguas subterrâneas especificamente nas zonas com solos não consolidado ou solo que não apresenta afloramento de rochas pois funcionamentos da broca que consiste em um movimento vertical onde a broca de recolha é puxada para cima e para baixo o que permitira a broca de esmagar o solo e recolhendo a parte desagradada para fora.

O estudo de parâmetros hidrológicos e litológicos dos aquíferos costeiros e seus recursos hídricos tem-se desenvolvido ao longo dos anos. Desta forma, há necessidade crescente de aprimorar metodologias de estudo, buscando uma melhor compreensão dos aquíferos costeiros. O limitado conhecimento de seus aspectos hidrológicos e legais e um baixo controle e fiscalização das condições do uso e protecção desses mananciais nas comunidades acarretam problemas sobre o seu uso (Rebouças, 2006)

Aquíferos costeiros São aquíferos que se situam próximo do mar ou de lagos e por isso as suas águas são fortemente influenciadas pelas águas salgadas que lhes conferem características diferenciadas. Nestes locais o fluxo subterrâneo de água doce, que se dirige do continente, confronta o fluxo subterrâneo de água salgada que progride no aquífero a partir do mar Ferreira, (2012) onde o nível da água subterrânea está sujeito a oscilações por influência das marés. A amplitude dessas oscilações o ponto de observação e a linha da costa depende de outros factores com a conexão hidráulica entre o aquífero e o mar, bem como a distância entre os furos e o estuário (Eduardo, 2003).

As regiões litorâneas mantêm-se, em geral, sob condições de equilíbrio dinâmico. São ambientes extremamente complexos, diversificados e de alta transição ecológica, interligando os ecossistemas marinho e terrestre e são susceptíveis às alterações antrópicas que podem ou não ser reversíveis. Ambientes costeiros sofrem muitas pressões antropogénicas, sejam elas por especulação imobiliária, aumento populacional e contaminações de diversos tipos Suguio, (2003). Sendo assim a importância e os riscos sobre aquíferos costeiros devem ser identificados nos planos de gestão, para que medidas sejam tomadas garantindo a sua protecção e o uso sustentável.

Neste vertente Surge o estudo intitulado construção de brocas de recolha para estudo do aquífero costeiro de Chuabo Dembe que é de extrema importância porque visa caracterizar a litologia dos aquíferos, os parâmetros hidrológicos, avaliarem a qualidade de água e as influências das marés nestes aquíferos.

2. Objectivos

2.2 Objective geral

Caracterizar o aquífero costeiro de Chuabo Dembe usando brocas de recolha.

2.2 Objectivos específicos

- ✓ Construir brocas de recolha;
- ✓ Identificar a litologia do aquífero;
- ✓ Analisar parâmetros hidrodinâmicos do aquífero;
- ✓ Avaliar a qualidade da água do aquífero.

2.3 Justificativa

Na comunidade Chuabo Dembe os recursos hídricos subterrâneos constituem a principal fonte para abastecimento de água para a comunidade local (actividades domesticas) e a descarga dessas águas é um importante factor de equilíbrio para o ecossistema estuarino Bons Sinais.

A caracterização do aquífero usando brocas de recolha constitui um conhecimento importante pois o método aplicado é uma inovação de baixo custo o que torna acessíveis os custos de abertura de furos de água, permitindo que as comunidades Chuabo Dembe possam aderir a essa tecnologia de forma individual ou colectiva, contribuindo de forma significativa ao acesso à água.

Por outro lado, com a construção de brocas de recolha, o estudo contribui para o melhoramento do conhecimento das técnicas de exploração das águas subterrâneas. A comunidade científica vai beneficiar de um instrumento auxiliar para estudos de análise e a avaliação granulométrica de solos profundos, visto que também pode ser usado como amostrador de solo. Esta tecnologia vai impulsionar mais inovações e estudos relacionados com geotecnia.

A caracterização dos aspectos geológicos do aquífero de Chuabo Dembe bem como a verificação da qualidade das águas frente ao desconhecimento de boas técnicas de extracção e seu uso é de grande relevância para actividades como exploração do aquífero costeiro local, diagnóstico de monitoramento ambiental e a verificação da sensibilidade a contaminação das águas subterrâneas.

Capítulo II

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Águas subterrâneas

Em geologia considera-se água subterrânea toda água que ocupa todos os espaços vazios de uma formação geológica designada aquífero (Zimbres, 2007).

As águas subterrâneas constituem o maior reservatório de água doce do planeta Terra. Formam-se, essencialmente, a partir da infiltração da água da chuva, uma vez no subsolo formam lençóis de água quase imóveis, que alimentam as fontes e os poços ou então circular por entre as fissuras das rochas. (infopedia, 2013-2017)

3.2 Reservatórios de águas subterrâneas

Um reservatório de água subterrânea, também designado por aquífero é definido como toda a formação geológica com capacidade de armazenar e transmitir a água e cuja exploração seja economicamente rentável. Inúmeras classificações têm sido propostas para os aquíferos mas as classificações mais difundidas são aquífero livre, aquífero confinado e aquífero diacordo com Verweij, (2000) e diacordo com Carla Midões, aquífero livre, aquífero confinado, aquífero aquitardo, aquífero aquícludo e aquífero aquífugo. Existem essencialmente 2 tipos de aquíferos embora há casos que as formações geológicas que não são designadas aquíferos por tanto

Aquífero livre é uma formação geológica permeável e parcialmente saturada de água. É limitado na base por uma camada impermeável e o nível da água no aquífero está à pressão atmosférica.

Aquífero confinado é uma formação geológica permeável e completamente saturada de água, é limitado no topo e na base por camadas impermeáveis e a pressão da água no aquífero é superior à pressão atmosférica.

Se as formações geológicas não são aquíferas então podem ser definidas como:

Aquífero aquitardo é uma formação geológica que pode armazenar água mas que a transmite lentamente sendo que não é rentável o seu aproveitamento.

Aquicludo é uma formação geológica que pode armazenar água mas não a transmite (a água não circula).

Aquífero é uma formação geológica impermeável que não armazena nem transmite água.

As classificações dos aquíferos têm a ver com outros dois aspectos chaves, isto é, a capacidade de armazenar e transmitir a água e essas características são definidas pela porosidade e permeabilidade.

3.3 Porosidade

Porosidade de uma rocha refere-se à quantidade de poros ou espaços vazios que a rocha pode ter e essa porosidade é expressa por frações decimal ou percentagens (Verweij, 2000). A porosidade informa sobre a quantidade de água que o aquífero é capaz de armazenar, pois a acção da gravidade é incapaz de retirar de um material toda a sua água da saturação, uma parcela desta água ficará retida nos interstícios devido à atracção molecular da película que envolve os grãos, isto tem a ver com a porosidade *efectiva* de um material granular e justamente a percentagem de sua água de saturação que se liberta pela acção da gravidade (Barbosa, 2004).

Porosidade de um aquífero para ser considerado bom deve apresentar valores elevados de porosidade total tanto para porosidade efectiva. Assim, a argila apresenta uma elevada porosidade total (média variando em torno de 35 a 45%) mas possui reduzida porosidade efectiva (valores médios em torno de 3%) e não tem representatividade como os aquíferos, já uma mistura de areia e pedregulho apresenta uma porosidade total um pouco menor (valores médios entre 20 e 35%) porém apresenta um valor elevado de porosidade efectiva (em média em torno de 29%) e forma um bom aquífero. (Barbosa, 2004)

3.4 Qualidade de águas subterrâneas

As características naturais das águas dependem do material que constitui o aquífero porém podem ser alteradas em função do uso e ocupação do meio físico, isto é, a disposição inadequada de resíduos domésticos, industriais de mineração, a utilização de pesticidas e fertilizantes constituem as principais fontes de poluição ou contaminação dos recursos hídricos, afectando ou diminuindo a sua qualidade, desta feita para a determinação da qualidade de águas faz-se partir de Parâmetros Físicos, Propriedades Iónicas e propriedade de material que constitui o seu espaço de armazenamento, ainda a respeito da qualidade de águas subterrâneas pode-se avaliar outras características como:

Condutividade eléctrica (CE) que é a medida da facilidade da água em conduzir a corrente eléctrica e é directamente proporcional a quantidade de sólidos dissolvidos sob a forma de íon. **Cor** que é resultante da presença de substâncias dissolvidas na água, provenientes principalmente da lixiviação de matéria orgânica. **Dureza** – é a medida ou capacidade da água em consumir sabão e formar incrustações deve-se principalmente à presença de compostos de cálcio e magnésio, em geral sob a forma de carbonatos, sulfatos e cloretos. Segundo Custódio & Llamas (1983). **Sólidos totais dissolvidos** (STD) - refere-se à concentração de íon dissolvidos presentes nas águas. Sódio é considerado um dos metais mais abundantes e importantes nas águas subterrâneas. A concentração de sódio em águas subterrâneas varia de 0,1 a 100mg/L (Borges, 2015)

3.5 Movimentos das águas subterrâneas

3.5.1 Potencial hidráulico

Potencial hidráulico é quantidade física, capaz de ser medida em cada ponto do escoamento, cujas propriedades são tais que o escoamento sempre ocorre dos pontos com maior potencial para os pontos com menor potencial, independentemente da direcção do espaço. (Hubbert, 1990).

Para o cálculo do potencial hidráulico e preciso termos em conta a pressão a capacidade hidráulica dos aquíferos. a pressão e dada por $P_0 = d.g(h-z)$ e como na hidrogeologia considera se P_0 (pressão atmosférica) como nula o potencial hidráulica é dada simplesmente por aceleração de gravidade multiplicado por carga hidráulica isso em aquíferos livres caso contraio deve se optar por outras forma diacordo com o tipo do aquífero.

3.5.2 Carga hidráulica

A carga hidráulica é dada simplesmente pela profundidade total do furo subtraído pelo nível da água no fura isso porque trata se de um aquífero livre onde a pressão exercida sobre o aquíferos é considerada nula ou zero.

3.6 Condutibilidade hidráulica ou fluxo subterrâneo

Condutibilidade hidráulica é a velocidade aparente por gradiente hidráulico unitário ou é facilidade da formação aquífera de exercer a função de um condutor hidráulico. a condutibilidade hidráulica depende

de características do fluido (viscosidade) e das características litológica do aquíferos (porosidade e permeabilidade).

3.5.4 **Transmissividade**

Segundo Filho (2000) transmissividade é a capacidade que um aquífero tem de transmitir uma certa quantidade de água horizontalmente por toda espessura saturada do aquíferos e esse parâmetro pode se usar para calcular o coeficiente de armazenamento.

Capítulo III

4. Metodologia

4.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no bairro de Chuabo Dembe, cidade de Quelimane Província de Zambézia (ver na figura 1) nas seguintes coordenadas: 17°52'19.87"S e 36°51'31.21"E. Os dados foram colhidos em 4 posições geográficas (ver tabela 1). O bairro de estudo cobre uma área de 5.88km² e tem mais de 13000 habitantes e mais de 253 poços foram registrado com uma profundidade mínima de 2.5m e máxima de 10m.



Figure 1: Área de estudo Chuabo Dembe. **Fonte:** Google Earth (2017).

4.2 Projecção e construção de Brocas de recolha

Para a construção de Brocas de recolha será usado: tubo de ferro galvanizado de 9cm de diâmetro e 1.70m de comprimento, um varão 16 com 60cm de comprimento; um varão 6 com 60cm de comprimento; duas ou três porcas de tamanho 13 com seu devido parafuso, escolheu-se esse material por ser de fácil acesso e por acarretar baixo custos, pois pode se adquirir nas ferragens locais bem como nas fábricas de reciclagem do ferro (sucataria), as brocas não sofrem corrosão e nem contaminam os sedimentos porque o material usado é galvanizado e a broca foi construído tendo em conta as projecções que se seguem na figura 2 e 3.

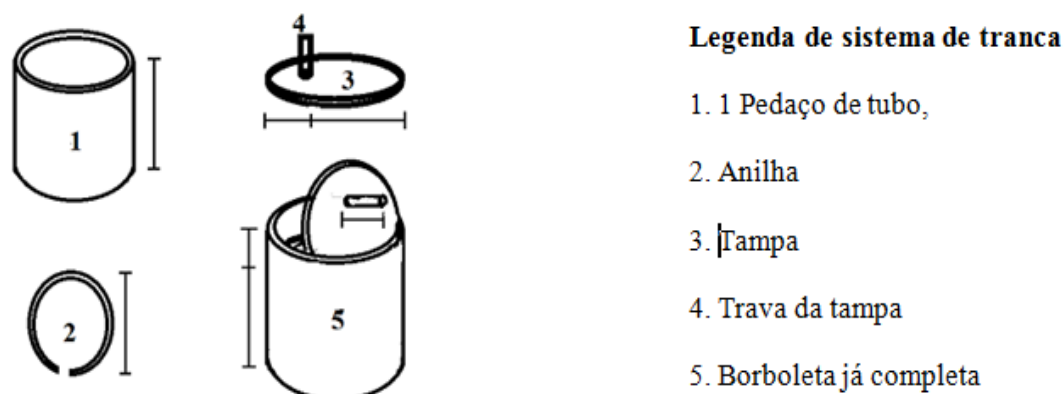


Figure 2: Sistema de tranca de Broca recolha.

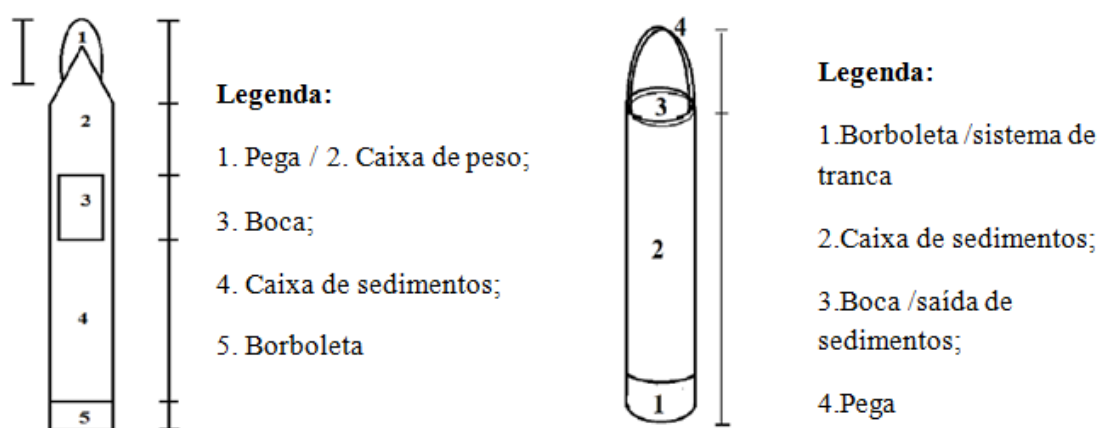


Figure 3: Brocas de recolhas com peso e sem peso

4.3 Abertura de furos de pesquisa

Para a abertura do furo de pesquisa foram usadas brocas de recolha que consiste e um método mais simples e barato e exclusivamente aplicado em solo arenosos argilosos ou seja é aplicado quase em todos os solos menos aqueles que apresentam afloramento de rochas no sob solo, para mais conteúdo a cerca do método visite o anexo A. Abriu se 3 furos nos pontos distintos em termos de aproximação ao estuário, os furos de pesquisa estão perpendicularmente em relação ao estuário e foram posicionadas de acordo com a topografia da área de estudo que dita a direcção do fluxo de água subterrânea e o nível médio do mar em relação aos furos, a selecção de locais de abertura dos furos dependeu da acessibilidade do local contudo o quadro abaixo contem mais detalhe acerca dos locais onde foram aberto os furos.

4.4 Princípio de funcionamento das brocas de recolha

A abertura de furo com brocas de recolha consiste esmagamento e recolha imediata dos sedimentos para dentro da broca. Faz-se um movimento vertical (sobe desce de forma progressiva) da broca suspensa numa roldana por uma corda. Alternadamente deve-se puxar a corda para baixo e relaxando para cima o que permitira a broca esmagar e recolher os sedimentos, a medida que o peso da broca aumentava era puxada para fora e retirado os sedimentos dentro da mesma.

Figura 4: Sistema de funcionamento de Broca de recolha

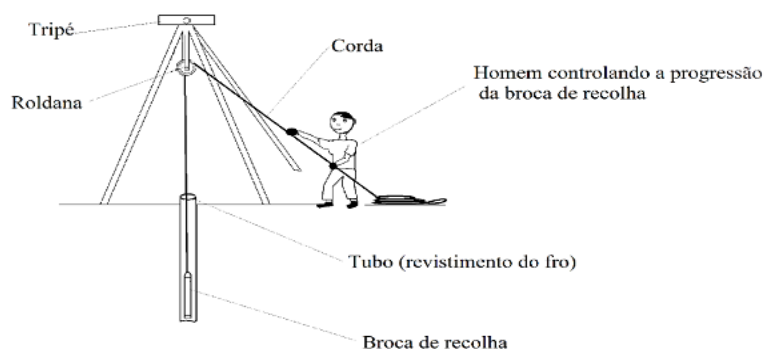


Tabela 1: Localização geográfica de furos de pesquisa.

Furos	Descrição do local de amostragem	Distância em relação ao estuário.	Longitude	Latitude
F1	E.S.C.M.C	490.27m	36°51'36.42"E	17°52'24.88"s
F2	Zona dos pescadores	37.61m	36°51'35.41"E	17°52'39.75"S
F3	Mercadinho	11,43.66m	6°51'42.78"	17°52'7.36"S
Marégrafo	Estuário Bons Sinais	No estuário	36 ° 51'31.21" E,	17 ° 52'19.87 "S

4.5 Coleta de amostras

No acto de abertura do furo coletou-se amostra de solo em profundidade, isto é, a medida que se abria os furos de pesquisa o material litológico mudava de cor em profundidade. Colheu-se dado de (nível da água, densidade, sólidos totais dissolvidos, condutibilidade eléctrica pressão, temperatura e salinidade) com os CTDs e sensor HOB0 durante 15 dias no intervalo de 15 a 31 de Outubro, e no mesmo período coletou-se amostra de água 3 vez em cada furo no intervalo de uma semana e por fim foi feita experiências para obtenção de porosidade efectiva.

4.6 Processamento de dados

Para caracterização litológica do aquífero fez-se análise granulométrica para a identificação de tipo do solo que constitui o aquífero, porosidade e permeabilidade que serviu para avaliação de qualidade do aquífero.

4.6.1 Análise granulométrica

Secou-se a amostra a 105-110 °C em seguida fez-se o esqueteamento que consiste em dividir a amostra em quatro partes e levar as partes opostas, depois pesou-se a massa total (massa que se usou para o ensaio) de amostra antes de se por nas peneiras, colocou-se as peneiras no agitador eléctrico acompanhados de recipiente do fundo e uma tampa para que no momento de agitação não se perca nenhum material, colocou-se a amostra na peneira á cima e tampou, colocados a mostra nos peneiros agitou-se durante 1min. Depois de ser agitados foram pesados e registados dados de todas amostras retidas em cada peneira e com o seu diâmetro e depois prosseguiu-se para análise estática que consiste em calcular a percentagem de massa retida em cada peneira.

4.7 Movimento da água no aquífero

Para o movimento da água no aquífero foi inferido a partir de cálculos de parâmetros hidrodinâmicos do aquífero (carga hidráulica, potencial hidráulico, condutividade hidráulica, transmissividade do aquífero).

4.7.1 Potencial hidráulico

Para o cálculo do potencial hidráulico foi necessário o cálculo de carga hidráulica dada pela diferença entre a cota do furo e nível estático da água, menosprezando a pressão e o potencial hidráulica resultou do produto de aceleração de gravidade e carga hidráulica e esses cálculos indicam a direcção do fluxo subterrâneo.

Carga hidráulica

Potencial hidráulico

$$h = CB - NE$$

$$\varphi = g \cdot h$$

Onde: φ - Potencial hidráulico; g - aceleração gravitacional; h -carga hidráulica, CB -profundidade do furo; NE - Nível da água dentro do furo.

4.7.2 Condutibilidade e Transmissividade hidráulica

Para a capacidade do aquífero em transmitir e conduzir água calculou-se condutibilidade hidráulica que é dado pelo produto de coeficiente de permeabilidade e aceleração gravitacional

dividido por viscosidade cinemática, transmissividade hidráulica que é dada por produto de condutibilidade hidráulica e especula saturada do aquífero.

$$K = \frac{kpg}{\mu} = \frac{kg}{v} \quad T = K \cdot m$$

Onde: K - Condutividade hidráulica, k - permeabilidade específica, g - Aceleração de gravitacional, μ e p - viscosidade do fluido que pode ser dado por $v = \mu/p$

T - transmissividade; k - coeficiente de permeabilidade; m - espessura saturada do aquífero.

4.7.2 Determinação da qualidade de água

Para a qualidade da água foi determinado as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade, pH e condutividade eléctrica da água e essas análises foram feitas na FIPAGUE de Quelimane.

4.7.4 Determinação de Condutividade Eléctrica e sólidos totais dissolvidos

Para a determinação da condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos usou-se o condutivemetro CON200 Lovibond, ligou-se o instrumento durante meia hora antes da sua utilização, e calibrou-se conforme as instruções recomendados por Santos (2011). Após a sua calibração lavou-se o sensor de condutividade com água destilada. Em seguida mergulhou-se na água da amostra com movimentos rotativos para retirar as bolhas de ar e efectuou-se a leitura directa no aparelho para a condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos.

Capítulo IV

5. Resultados e discussão

5.1 Caracterização geral do aquífero

O aquífero costeiro do Chuabo Dembe, sofre grande influência do estuário pois está cercado por uma planície de maré com mais de 5km² de perímetro e com um braço de estuário com mais de 1km comprimento e o terreno local apresenta uma porosidade normal e pouca resistência a infiltração das águas, portanto para a recarga desse aquífero acontece que o rios situam-se muito longe desse aquífero restando apenas a precipitação (chuvas) que é a principal fonte de recarga, nos tempos de estiagem os poços menos profundos chegam a secar enquanto os mais profundo ficam mais salinizados (salinização dos poços / intrusão salina dos poços).

A qualidade desse aquífero em termo de exploração é muito bom porque apresenta uma porosidade e permeabilidade efectiva respectivamente... porem deve se conhecer a profundidade óptima de interface de água doce e salgado para se regular a profundidade dos furos ou poços de exploração de águas. Os furos perfurados nesse aquífero são rasos devido a espessura do aquífero que é reduzido e foram abertos 3 furos de pesquisa com método que consiste no uso de broca de recolha e teve-se a profundidade mínima de 4.00m e uma máxima de 6.20m sendo profundidade media de 4.88m, foram revestido com tubos PVC 110 com diâmetro de 9cm e a recarga dos aquíferos é a partir vários que processos como infiltração directa das águas, precipitação da atmosfera, sobre a superfície do terreno; a recarga dos rios contribui muito pouco porque ficam longe da área de estudo. **Litologia do aquífero Chuabo Dembe**

Após a realização granulométrica verificou -se que o aquífero Chuabo Dembe esta inteiramente constituído por areia muito fina, argilas e silte e registou -se restos orgânicos (fragmentos de conchas e plantas) á uma profundidade de 5m isso no f3, isto esta relacionado com o facto de estar perto do um ambiente marinho (estuário Bons Sinais).

O material que constitui o aquífero é proveniente de outras partes do continente a dentro pois essa área tem uma topografia baixa que forma planície aluvial onde a maior parte dos rios desagua trazendo o material que constitui o aquífero costeiro contudo a maior parte do material que constitui o aquífero provem descarga dos rios. Segundo Hogue (2007) os rios de Moçambique contribuem com cerca de 216.000 milhões metros cúbicos de água que drenam no

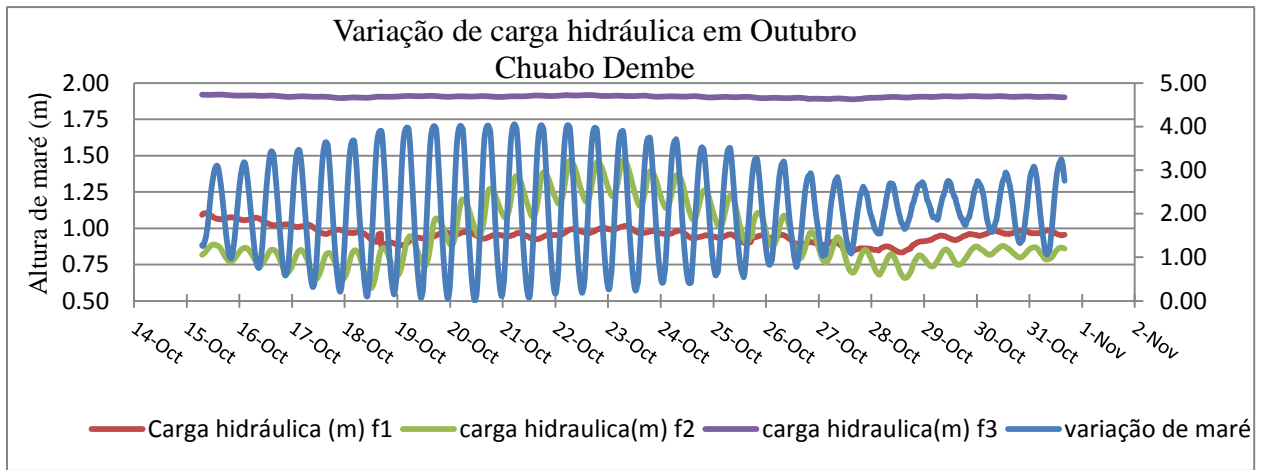
Oceano Índico anualmente, dos quais cerca de 54% provem dos países vizinhos. A maioria desses rios localiza-se na zona centro do país, e tem um regime torrencial, com o pico a ocorrer entre os meses de Novembro a Março.

Em relação permeabilidade e porosidade foram obtidos os dados a partir de análise granulométrica e o aquífero de Chuabo Dembe tem uma baixa e alta porosidade e alta permeabilidade sendo que varia com a sequência de camada aproximação ao estuário. Foi verificado alternância de areia fina e argila entre as camadas na sequência estratigráfica e com maior predominância de argila quando mais se próximo ao estuário. Ainda segundo Hogueane (2007) a linha da costa é caracterizada por extensões de praias arenosas, dunas, lagoas e baías costeiras, e no centro a costa é constituído por recifes de coral, praias rochosas e ilhas no norte. A permeabilidade dos solos diminui da costa para o interior, à medida que os solos se tornam ricos em argila e planícies aluviais que se desenvolveram ao longo dos principais rios, característicos da zona centro.

Tabela 2: Resultados das análises da qualidade das águas subterrâneas Chuabo Dembe.

Parâmetros	Característica
Granulometria dos Sedimentos	Predominante areia e Alternância de areias e argilas
Cimentação dos Sedimentos	Simplemente compacto e mais profundo Argilosa ou ausente
Material Orgânico	Fragmentos de conchas e de plantas
Angulosidade/Arredondamento dos Grãos	Sub-anguloso
Resistência à Penetração	Baixa resistência
Permeabilidade, Condutividade Hidráulica	Baixa a elevada
Coefficiente de Armazenamento ou Eficaz (aquífero livre)	Baixa a elevada
Porosidade do aquífero	Baixa a elevada

5.2 Movimento de água no aquífero



Gráfica1:Variação de carga hidráulica em Chuabo Dembe Outubro no f1, f2 e f3

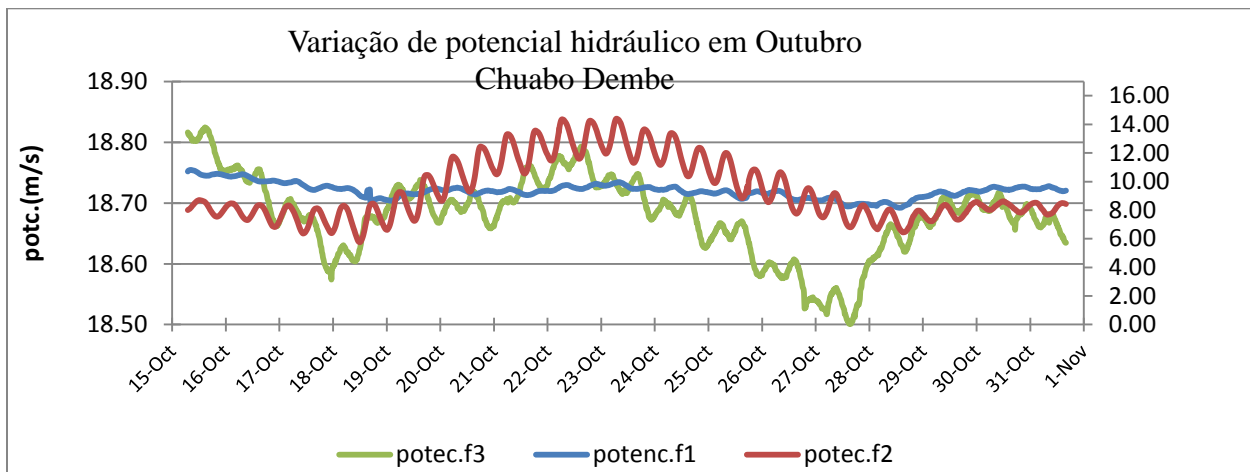


Gráfico 2: Variação de potencial hidráulico em Outubro Chuabo Dembe

O primeiro furo de pesquisa designado (f1) teve uma variação média de 1.1m de carga hidráulica, conforme ilustra o gráfico1, a maré não teve uma influência significativa na variação de carga hidráulica do f1, a carga hidráulica do f1 manteve-se constante durante o pico máxima da maré e registou-se o seu pico mínimo em coincidência com o pico mínimo da maré, a menor influência da maré no f1 é devido a sua localização pois o f1 dista se quase meio quilometro do estuário (490.27m) e tem uma profundidade muito menor de 4.43m pois o nível freático nas zonas mais baixas e nas zonas costeiras tende a estar mais a superfície enquanto o nível freático

de água salobra tende estar mais baixo isso devido as propriedades da própria água (densidade, viscosidade e compressibilidade).

Carga hidráulica de f2

Verificada a carga hidráulica do f2 em função de maré notou-se uma relação, as variações harmónicas de maré e da carga hidráulica variaram do mesmo jeito, sendo que no pico mínimo da maré registou-se baixos níveis de carga hidráulica e no pico máximo da maré também registou-se os níveis mais elevados ou máximos da carga hidráulica contudo essa relação tem a ver com localização do f2 que dista apenas 37.61m em relação ao estuário e tem uma profundidade 4m e de referir que quando a água do estuário atinge seu pico máximo durante a maré se estendem até um ponto que só restam apenas 14.28m para alcançar o f1.

Devido a essa influência o f2 apresentou elevados níveis de carga hidráulica em relação a f1 embora menor que f3, registou-se uma variação média de 1.47m, mínima de 0.59 e uma máxima de 2,9m de carga hidráulica.

Carga hidráulica de f3

A variação de carga hidráulica do f3 foi diferente de f1 e f2 que se verificou a influência de marés, para o f3 a carga hidráulica não teve nenhuma influência de maré pois o gráfico1 mostra que a variação de carga hidráulica f3 registou seu pico máximo no pico mínimo da maré um nível médio no pico máximo da maré embora seu pico mínimo coincide com o pico mínimo da maré, não há concordância com a maré deve-se ao facto de estar muito distante do estuário 1.47km, uma profundidade muito menor para se alcançar o lençol de água salgada naquele ponto, sendo estas as razões pelos quais não seguiu o padrão do f2 e f1.

Potencial hidráulico f1

O potencial hidráulico do f1 esteve quase constante porque não registou-se níveis muito variados nem elevados pois essa variação depende da carga hidráulica e verificou-se uma proporcionalidade directa entre a carga hidráulica e potencial hidráulico (tanto para o f2 e f3), isto é, quanto maior era a carga hidráulica maior era o potencial hidráulico e em relação a f2 e f3 o f1 registou valores baixos tanto que o sentido do escoamento do fluido fica em direcção a f2 ou em direcção ao estuário.

Potencial hidráulico f2

Para f2 conforme o gráfico 2 o potencial hidráulico variou de acordo com a carga hidráulica e esta foi influenciada pela maré e se registou elevados níveis de carga hidráulica que proporcionaram elevados níveis de potencial hidráulico e o sentido do seu escoamento é do estuário a terra firme. Isto porque o f1 apresenta baixos níveis de potencial hidráulico pois normalmente o potencial hidráulico toma seu sentido de pontos com maior potencial hidráulico para pontos de menor potencial hidráulico

Potencial hidráulico f3

O sentido do escoamento no f3 é da terra ao estuário seguindo o fluxo subterrâneo que a mesma influência na carga hidráulica, segundo o gráfico2, apenas numa primeira fase teve uma pequena alteração que se deu devido a interferência antrópica durante o período de mediação.

5.3 Condutibilidade hidráulica

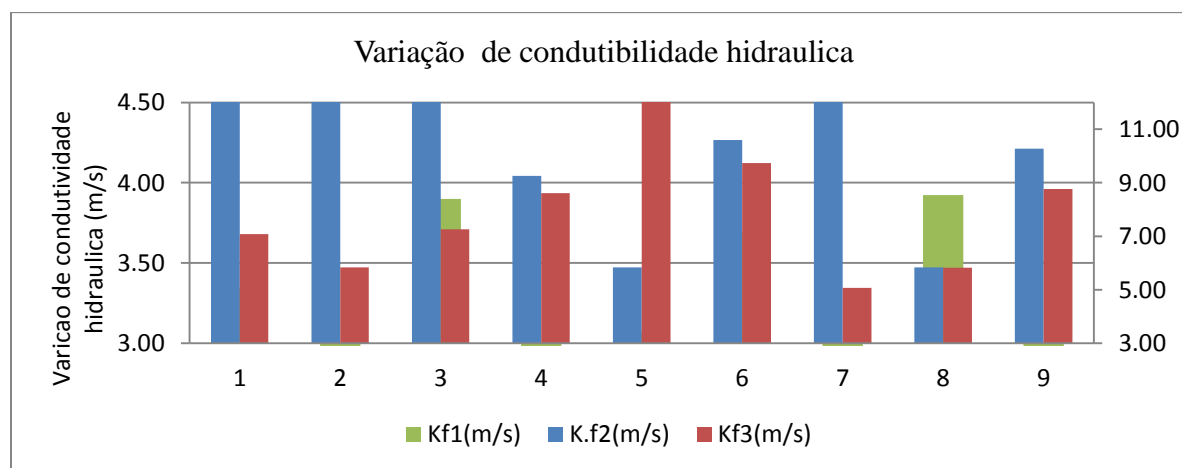


Gráfico 3: Condutibilidade hidráulica.

A condutibilidade hidráulica do aquífero mostrou resultados bem variáveis em cada furo onde o f1 apresentou valores elevados em relação a f2 tendo registou valor médio de 31.9m/d, 225.95m/d máximo e 3.57m/d como valor mínimo; seguido por f2 que registou 20.73 m/d máxima, 5,07 m/d mínimo e como media 10,1m/d e por fim o f3 que registou 10.60m/d como media, 12.77m/d máximo e 5.83 como valor mínimo conforme ilustra o gráfico asseguir.

5.4 Transmissividade hidráulica do aquífero

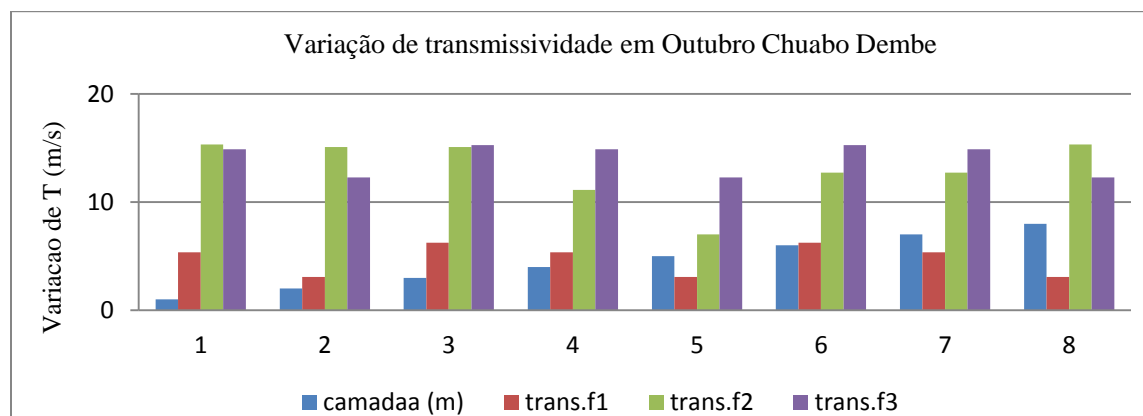


Gráfico 4: Variação de transmissividade em Outubro Chuabo Dembe

Assim com a condutibilidade a transmissividade do aquífero foi calculada em profundidade nos furos, de referir que o f3 apresentou valores evado que f1 e f2 tendo registado valores máximo de 24.87 m/d, 10.5m/d e uma mínima de 6.1m/d; O f2 apresentou um valor médio de 1271m/d e um valor máximo de 15.3m/d e um valor mínimo de 6.8m/d

5.5 Qualidade de água no aquífero de Chuabo Dembe.

Para a análise de qualidade de água fez-se a medição de três parâmetros que são: concentração de sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade eléctrica da água (C.E) e alcanidade (alcan.).

O f1 apresentou uma concentração media de STD entre os 3 furos de pesquisa onde registou-se uma mínima de 543mg/l e uma máxima de 1211mg/l e como média 917.33mg/l. Em relação condutividade eléctrica f1 apresentou valores maiores que f1 mas menor que f3 e teve como valor mínimo 557 $\mu\text{S/cm}$, valor máximo 1217 $\mu\text{S/cm}$ e uma média de 2276 $\mu\text{S/cm}$ e em fim para alcanidade relativamente a f2 e f3 apresentou como máxima de 26mg/l , mínima de 18mg/l e como média 24mg/l.

Para o f2 os sólidos totais dissolvidos registou-se maior concentrações em relação a f1 e f3 como valor mínimo de 557mg/l, máxima de 5054mg/l e com uma média 2276mg/l, para valores de C.E registou-se uma mínima de 167 $\mu\text{S/cm}$, máxima de 1059 $\mu\text{S/cm}$ e como média registou-se 743.3 $\mu\text{S/cm}$ e já para a alcanidade registou valor mínimo de 12 mg/l, máxima de 33mg/l e uma média de 25.3mg/l, em fim o f3 apresenta valores elevados de C.E e alcanidade, em relação a f1 e f2 mas com valores baixos de STD em relação a f2 e f1 sendo assim registou 1309mg/l como

máximo de STD e 521,9mg/l como valor mínimo e como média 891.3 mg/l, para C.E apresentou valor máximo de 1059 $\mu\text{S/cm}$, valor mínimo de 970 $\mu\text{S/cm}$ e uma média de 1013.8 $\mu\text{S/cm}$.

Essas foram as variações de parâmetros de qualidade de água registado no aquífero do Chuabo Dembe, a diferença desses parâmetros nos furos de pesquisa deve-se a aproximação do mesmo no estuário e a geologia do aquífero que não é uniforme, segundo Filho (2012) diz que a composição química das águas subterrâneas, em certos elementos, depende da natureza das rochas e da solubilidade de seus minerais, bem como do tempo de contacto entre a matriz e a água.

Ainda em Filho (2012) diz que uma formação aquífera, a água circula com mais frequência ao longo de zonas mais permeáveis e muitas das vezes não é uniforme em todo terreno então este processo permite uma individualização das características química não homogeneização num aquífero. Desta feita a diferença dos parâmetros verificados no aquífero de Chuabo Dembe, pode relacionar-se com fontes de recarga e o clima local (temperatura) que produzem modificações na composição química da água.

E a aproximação do aquífero ao estuário é tido como o principal factor dessas variações, pois vários estudos indicam a medida que se aproxima da região litoral a salinidade aumenta e são indicados seguinte aspecto de acordo com Silva *et al.*(2007) a concentração salina na água geralmente varia com a proximidade do litoral, com a profundidade e com condicionantes geológico-estruturais, estratigráficos e geomorfológicos, bem como com o grau de ocupação humana e consequentes extracções e impermeabilização do terreno.

A água apresentava uma cor amarelo acastanhado e escura e um cheiro forte o que justifica a presença matéria orgânica na água proveniente do material que constitui o aquífero segundo Resolução - CNNPA nº 12 (1978) a cor amarela ou marrom é proveniente de Matéria orgânico dissolvida, substâncias úmicas do solo, turfa ou material deteriorado de plantas.

Tabela4: Resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água subterrânea.

Furos	Parâmetros analisados									Media
	F1			F2			F3			
Semana	I ⁰	II ⁰	III ⁰	I ⁰	II ⁰	III ⁰	I ⁰	II ⁰	III ⁰	X
STD (mg/L)	998	1211	543	5054	1217	557	1076	1309	521,9	1495.6
C.E(μS/cm)	1041	955	1003,5	1057	167	1006	1059	970	1012,5	893.6
Alcan. (mg/L)	26	23	18	12	15	33	28	35	29	24.7

5. Conclusão e Recomendações

De acordo com os resultados obtidos foram tomadas as seguintes conclusões:

- O aquífero costeiro do Chuabo Dembe é constituído por argila, silte e areia muito fina contendo fragmentos de organismos (conchas e plantas)
- Tem uma alta e baixa permeabilidade e porosidade que diminui à medida que se aproxima do estuário
- Apresenta água com cor amarelo acastanhado e escuro e um cheiro devido à presença de matéria orgânica, a salinidade no aquífero aumenta com a aproximação ao estuário
- Apresenta uma concentração média de TDS de 2276mg/l e uma capacidade média de condutividade eléctrica de 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Recomenda-se mais estudo do género mas, que estejam mais focado na caracterização hidrogeológica das águas subterrâneas aquífero do Chuabo Dembe para uma melhor compreensão e um uso sustentável da água contida no aquífero.

6. Referências Bibliográficas

Resolução - CNNPA nº 12. (1978).

Infopedia. (01 de Novembro de 2013-2017). Obtido de www.infoprda.pt/apoio/artgo/saguas-subterraneas.

Ball, P. (2004). Soluções para Rios Custos de Abertura de furos nas Zonas Rurais de

África Barbosa., J. A. (2004). *ÁGUA SUBTERRÂNEA / HIDRÁULICA*.

Borges, P. G. (2015). Estudo Hidroquímico Das Águas Subterrâneas Do Município De Catu-Bahia.

CS/04. (2012). Manual de Boas Práticas para Execução e Exploração de Furos de Captação de Águas

Carla Midões, J. F. hidrogeologia-Água Subterrânea. Programa Ciência Viva.

FILGUEIRAS, C. M. (2016). Caracterização Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas da Ilha De Boipeba Litoral Da Bahia - Brasil.

Filho, F. A. (2000). Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações.

Filho, F. D. (2012). Qualidade das águas superficiais e subterrâneas Da bacia hidrográfica do Iraí (Vols. 66-67).

GLASSER.S., KEELY, & TUCCI, P. (2007). Technical Guide to Managing Groundwater Resources.

Hoguane, A. M. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique.

Hubbert, M. (1990). The theory of Ground water motion. *Jornal of Geolgy*, 785-944.

Marangon, M. (2009). *HIDRÁULICA DOS SOLOS- MECANICA DOS SOLOS UNIDADE II*.

Rebouças, A. C. (2006). *Águas Subterrâneas-Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos*. São Paulo: Signus Editora.

Rodrigues, B. J. (2004). *Água Subterrânea e Hidráulica*.

Silva, G. *et al.* (2003) *A Problemática Da Intrusão Marinha Nos Aquíferos Costeiros Do Leste Fluminense*

Sugio, K. (2003). *Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável (Vol. 2)*. São Paulo.

Verweij, J. (2000). *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*.

Zimbres, E. (2007). *Ocorrência de água subterrânea*.