



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Influência da Lixeira Municipal do Bairro Padeiro na Cidade de Quelimane na  
Qualidade de Água Subterrânea.

Autor:

Nilton Florêncio Nhantumbo

Quelimane, Outubro 2017



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Influência da Lixeira Municipal do Bairro Padeiro na Cidade de Quelimane na  
Qualidade de Água Subterrânea.

**Autor:**

Nilton Florêncio Nhantumbo

**Supervisor:**

Lúcio José Tomas Jasse (Msc)

Quelimane, Outubro 2017

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho:

Em memória do meu pai, Florêncio Nhantumbo e do grande amigo Nelson Constantino.

A minha Família e a todos que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos da vida, pois, para mim constituíram uma fonte inesgotável de inspiração, à vocês dedico esse trabalho.

## **Agradecimentos**

A Deus, por me ter dado a oportunidade de estar neste mundo e pela sua protecção;

Ao meu Supervisor Lúcio José Tomas Jasse, pela confiança, orientação, apoio, dedicação, preocupação e cumplicidade para a realização do presente trabalho, com todas minhas forças agradeço do fundo de coração;

A minha mãe Maria Amélia Massango Madaugy, que sem ela não teria conseguido chegar até onde estou, o apoio, amor, instinto protector e pelas orações que me tem dado;

Aos técnicos do laboratório do FIPAG, Oliveira Lembrança e Cláudio Brajae pela ajuda mútua nos ensaios laboratoriais;

Agradeço ao Gulamo Bonga, Joaquim Manguengue e Octávio Machava por terem me ajudado na abertura de poços e colecta das amostras;

Ao senhor Chanfo Norte e Flávio Gumias por disponibilizarem o seu espaço para abertura de poços;

Ao senhor Eugénio Kolete, por disponibilizar chapas de zinco para a protecção dos poços e controlar para que não fossem destapados;

A minha gratidão é extensiva ao Abdul Mugabe, Jerminio Massango, Rafael Soto e Roda Madala, pela cumplicidade, paciência e por terem disponibilizado o seu tempo para me ajudarem na execução deste trabalho;

À minha prima Lucrécia Nataniel por me ter emprestado o telefone para obtenção das imagens do trabalho de campo;

A todos que directa ou indirectamente contribuíram para o sucesso desta monografia.

## **Declaração de Honra**

Declaro por minha honra que o presente trabalho de monografia é resultado da minha investigação pessoal, com auxílio do meu supervisor, nunca foi e não será apresentado em qualquer outra instituição de ensino para obtenção de qualquer grau académico, as contribuições dos outros autores neste trabalho foram citados e referenciados.

Autor

---

(Nilton F. Nhantumbo)

Quelimane, Outubro de 2017

## Resumo

A lixeira municipal da cidade de Quelimane situa-se no bairro Padeiro na zona baixa da cidade. Estimando-se que em média por dia, na cidade produz-se pouco mais de 60 toneladas de resíduos sólidos urbanos e que são depositados ao céu aberto (no solo) podendo deste modo ameaçar a qualidade da água subterrânea uma vez que a recarga das águas no subsolo é na maioria dos casos, devido à infiltração da água no solo. Portanto o objectivo geral desse trabalho, foi avaliar a influência da lixeira municipal na qualidade de água subterrânea, localizada no bairro Padeiro na cidade de Quelimane, por meio de parâmetros físico-químicos de qualidade da água subterrânea. Foram feitas abertura de três poços para a colecta das amostras, onde para a sua caracterização baseou-se no método de observação directa. As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos foram colectadas no dia 23 de Maio e 23 de Junho e analisados no laboratório do FIPAG. Para a análise da condutividade eléctrica e de sólidos totais dissolvidos utilizou-se condutivímetro digital e para amónia e nitrato usou-se o Espectrofotometro Portátil DR900. Os resultados mostraram que o nível do lençol freático nos poços estudados está muito próximo à superfície com uma profundidade média de 1,40m e registou-se aumento nas concentrações de nitrato, condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos, tendo em conta a normalidade destes parâmetros nas águas subterrâneas que geralmente apresentam concentrações baixas. Sendo assim, a lixeira municipal influencia na alteração da qualidade de água subterrânea resultante da parte solúvel dos resíduos sólidos e pela decomposição da matéria orgânica.

**Palavras-chave:** Lixeira municipal. Qualidade de água subterrânea.

## **Abstract**

The municipal wastebasket of the city of Quelimane is located in the district Baker in the downtown area. Estimating that on average a day in the city produces little more than 60 tons of urban solid waste and that they are deposited in the open sky (in the ground) being able to threaten the quality of the groundwater once the water recharge underground is in most cases due to infiltration of water into the soil. Therefore, the general objective of this work was to evaluate the influence of the municipal wastewater in the quality of groundwater, located in the district of Padeiro in the city of Quelimane, through physicochemical parameters of groundwater quality. Three wells were opened for the collection of the samples, where their characterization was based on the direct observation method. The samples for physical-chemical parameters analysis were collected on May 23 and June 23 and analyzed in the FIPAG laboratory. For the analysis of electrical conductivity and total dissolved solids, a digital conductivity meter was used and the DR900 Portable Spectrophotometer was used for ammonia and nitrate. The results showed that the groundwater level in the studied wells is very close to the surface with an average depth of 1.40m and there was an increase in nitrate concentrations, electrical conductivity and total dissolved solids, taking into account the normality of these parameters in the groundwater, which usually have low concentrations. Thus, the municipal waste bin influences the alteration of groundwater quality resulting from the soluble part of the solid waste and the decomposition of the organic matter.

Keywords: Municipal trash. Groundwater quality.

## Índice

<b>Capítulo I</b>	1
Introdução	1
Hipóteses	3
Objectivos	4
Geral	4
Específicos	4
<b>Capítulo II</b>	5
Revisão Bibliográfica	5
Descrição da Agua Subterrânea	5
Formação da água subterrânea: infiltração no solo	5
Factores que influenciam na infiltração da agua no solo	5
Tipos de reservatórios da água subterrânea (Aquíferos)	6
Composição da água subterrânea	7
Processos que influenciam na qualidade da agua Subterrânea	7
Contaminação da água subterrânea	8
Parâmetros físico-químicos da qualidade da água subterrânea e Métodos de determinação.	9
Parâmetros físicos	9
Parâmetros químicos	10
Relação entre os parâmetros de qualidade de água em estudo	12
<b>Capítulo III</b>	13
Metodologia	13
Descrição geral da área em estudo	13
Amostragem	13
Abertura de poços	14
Recolha de amostra	14
Caracterização dos poços	14

Procedimentos e análise Laboratorial de amostras de água Subterrânea	15
Determinação de Condutividade Eléctrica e sólidos totais dissolvidos	15
Determinação de nitrato e amónio	15
Análise de dados	15
<b>Capítulo IV</b>	16
Resultados e Discussão	16
Caracterização dos poços	16
Determinação dos parâmetros físicos químicos da qualidade da água subterrânea	18
<b>Capítulo V</b>	20
Conclusão	20
Recomendações	21
Referencias Bibliográficas	22
Anexo	25
Apêndice	27

## **Lista de Figuras**

Figura 1: Ilustração da área de estudo,.	2
Figura 2: Esquematização do processo de contaminação da água subterrânea por resíduos sólidos depositados no solo.	7
Figura 3: Ilustração de pontos de amostragem.	13
Figura 4: Profundidade dos poços de colecta das amostras em metros.	16
Figura 5: Perfil vertical dos Poços	17

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Localização geográfica de pontos de Amostragem	14
Tabela 2: Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras da água subterrânea.	18
Tabela 3: Padrões físicos e organolepticos da qualidade da água para o consumo humano estabelecidos pelo Ministério da Saúde.	25
Tabela 4: Padrões Químicos da qualidade da água para o consumo humano estabelecidos pelo Ministério da Saúde.	26

## Capítulo I

### 1. Introdução

Historicamente na civilização humana, o solo tem sido utilizado para deposição dos resíduos gerados nas actividades quotidianas. Entretanto, com o aumento da população a quantidade e a composição dos resíduos e efluentes gerados foram alterados em grandes proporções nas últimas décadas, sendo que a capacidade do solo em reter os poluentes tem sido ultrapassada. Assim, apesar de serem mais protegidas que as águas superficiais, a qualidade das águas subterrâneas podem ser comprometida quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo (CETESB, 2017b).

Estima-se que em média por dia, na cidade de Quelimane produz-se pouco mais de 60 toneladas de resíduos sólidos urbanos e que são depositados a céu aberto no bairro padeiro (Achar, 2014). Sendo que, a deposição do lixo no solo tem sido grande ameaça nas águas subterrâneas uma vez que a sua contaminação é geralmente de carácter irreversível, visto que se os contaminantes dissolverem-se nas águas subterrâneas se moverão junto com a água, assim sendo é preferível sua protecção para garantir a utilização futura para os diversos fins.

Devido à disponibilidade limitada, a deterioração progressiva da qualidade, o aumento da demanda e a reposição limitada, a protecção da qualidade da água subterrânea vem se tornando um importante elemento de estudo e estratégia em todo o mundo (Menezes, 2012).

## 1.1. Problematização

A lixeira municipal da cidade de Quelimane situa-se no Bairro Padeiro na zona baixa da Cidade de Quelimane, ocupando uma área de aproximadamente 650 m<sup>2</sup> e é possível observar que não existe nenhum sistema de tratamento, apenas a queima dos resíduos, de tal modo não oferece segurança ao meio ambiente. Ao seu redor, a pouco menos de 50 m, localiza-se uma zona residencial. Adicionalmente observa-se a ocorrência de vários cursos de águas superficiais (paradas) e a situação é mais agravante nos períodos chuvosos, onde há escoamento do material presente na lixeira para estes cursos e, posteriormente, a infiltração dos mesmos atingindo o lençol freático.



**Figura 1:** Ilustração da área de estudo, à esquerda consta o mapa da Cidade de Quelimane e à direita a Lixeira Municipal da mesma urbe.

O nível do lençol freático para este Bairro encontra-se em profundidades menores que 1,60 m, isto em épocas chuvosas, onde a recarga das águas subterrâneas ocorrem em maioria das vezes devido à infiltração da água de chuva que fica acumulado em excesso no solo. A deposição de resíduos sólidos urbanos neste solo ameaça a qualidade da água subterrânea e constitui um atentado à saúde dos moradores. Assim sendo coloca-se a seguinte questão de pesquisa: até que ponto a lixeira municipal pode influenciar na qualidade da água subterrânea?

## **1.2. Hipóteses**

- ✓ H<sub>0</sub> -- A deposição de resíduos sólidos na lixeira municipal do bairro Padeiro influencia a qualidade da água subterrânea.
- ✓ H<sub>1</sub> – O solo da lixeira Municipal adsorve os resíduos sólidos depositados não afectando deste modo a qualidade da água subterrânea.

## **1.3. Justificativa**

A infiltração da água no solo é importante para a recarga dos aquíferos e para a manutenção do fluxo subterrâneo, sendo muito relevante para a qualidade da água subterrânea. Muitos dos problemas relacionados à baixa qualidade da água subterrânea são afectados pela infiltração de resíduos sólidos depositados no solo, pois quanto maior a capacidade do solo de adsorver poluentes/contaminantes, maior será a qualidade da água subterrânea, proporcionando, assim, uma maior disponibilidade de água de boa qualidade para o desenvolvimento e manutenção da vida (Bertoni & Lombardi, 1990, p. 355).

A população do Bairro Padeiro é dependente do sistema de abastecimento público de água potável da rede do Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água (FIPAG), sendo que esta recorre ao uso das águas subterrâneas de modo a minimizar a distância e os custos na busca deste líquido. Uma vez preservada e controlada é considerada a fonte mais segura, sendo de fácil acesso e fundamental para o desenvolvimento das actividades da população presente e futura, esta necessita de cuidados, tratamentos especiais e uso sustentável da mesma.

O presente trabalho servirá como fonte de dados que poderão ser utilizados em campanhas educativas e como base de consulta para programas de saneamento e saúde pública, dando ênfase a protecção das águas subterrâneas a fim de minimizar problemas de contaminação que possam ocasionar problemas de saúde para a população.

## **1.4. Objectivos**

### **1.4.1. Geral**

- ✓ Estudar a influência da lixeira Municipal na qualidade da água subterrânea no bairro Padeiro na cidade de Quelimane.

### **1.4.2. Específicos**

- ✓ Caracterizar os poços de colecta da água subterrânea;
- ✓ Determinar os parâmetros físico-químicos (*Condutividade eléctrica, amónia, nitrato e sólidos totais dissolvidos*) da qualidade da água subterrânea;
- ✓ Verificar a influência da lixeira sobre a qualidade da água subterrânea

## Capítulo II

### 2. Revisão Bibliográfica

#### 2.1. Descrição da Água Subterrânea

A água subterrânea corresponde à 97% da água doce disponível na terra, sendo a parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui a principal reserva de água. As águas subterrâneas ocorrem preenchendo espaços formados entre os grânulos minerais e nas fissuras das rochas, que se denominam aquíferos (Tundisi, 2003).

##### 2.1.1. Formação da água subterrânea: infiltração no solo

A infiltração é o processo pelo qual a água penetra nas camadas superficiais do solo, se move para baixo através dos espaços vazios pela ação da gravidade, até atingir uma camada impermeável, formando um lençol de água, isto é, quanto maior for o nível de infiltração da água no solo, maiores deverão ser as reservas subterrâneas hídricas (Antenor, 2004).

##### 2.1.1.1. Factores que influenciam na infiltração da água no solo

A infiltração da água no solo pode ser rápida ou lenta e com isso pode agravar ou minimizar o processo de contaminação. Segundo Antenor (2004) a quantidade de infiltração dependerá de seguintes factores:

- Porosidade do solo, a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- Cobertura vegetal, um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- Inclinação do terreno, em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- Tipo de chuva, chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

### **2.1.2. Tipos de reservatórios da água subterrânea (Aquíferos)**

Formação geológica subterrânea que armazena água e permite a sua circulação de forma que a água possa ser extraída pelo homem em condições economicamente rentáveis e sem impactos ambientais negativos (Najovite et al, 2011). Estas formações dividem-se em 2 tipos de aquíferos principais:

#### ***Aquífero livre***

Formação geológica limitada na base por uma camada permeável (ex. camada de argila), permitindo o armazenamento da água. A água dos aquíferos livres atravessa várias camadas que são:

- Zona de aeração ou zona não saturada, é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água. Nesta zona, pequenas quantidades de água distribuem-se uniformemente, sendo que as suas moléculas se aderem às superfícies dos grãos do solo (Tucci & Cabral, 2003).
- Zona de saturação, é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fracturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. Nesta zona, a água corresponde ao excedente de água da zona não saturada que se move em velocidades muito lentas (Tucci et al, 2007).
- Franja de capilaridade, é a região mais próxima ao nível de água do lençol freático, onde a humidade é maior devido à presença da zona saturada logo abaixo (Tucci & Cabral, 2003).

Neste tipo de aquífero a água está à pressão atmosférica, ou seja em contacto com o ar podendo este ser designado por aquífero superficial ou subsuperficial, o que é vantajoso pois a sua exploração e recarga é mais fácil embora a sua contaminação também o seja pois as zonas de recarga correspondem às zonas superficiais (Tucci & Cabral, 2003).

#### ***Aquífero confinado ou cativo***

Formação geológica completamente saturada de água, onde tanto na base como na parte superior a formação é impermeável. Esta é delimitada em todo o seu redor por material rochoso, não estando exposto a uma pressão atmosférica, sendo a sua pressão superior à da atmosfera fazendo com que seja mais fácil a extracção da água, onde se esta for captada através de furos a água subirá rapidamente até atingir o seu nível freático devido à diferença de pressão de uma zona para a outra (CETESB, 2017b). Neste tipo de aquíferos as recargas são feitas mais lentamente, pois esta não é feita da mesma forma que a dos aquíferos livres onde a sua recarga é feita a partir das zonas subjacentes onde a água é armazenada, e circula sendo feita a recarga lateralmente (CETESB, 2017b). O nível em que a água está acumulada em baixo do solo é chamado de nível freático. Quando ele é baixo, é necessária a realização de uma intervenção mais profunda para a obtenção de água, mas quando ele se eleva, o acesso torna-se mais fácil (Tundisi, 2003).



### **2.1.5. Contaminação da água subterrânea**

As águas subterrâneas podem ficar contaminadas quando a água superficial que infiltra no solo absorvem substâncias perigosas que alteram a sua qualidade original de tal forma que a mesma torna-se menos adequada para uso pelo homem (ABAS, 2007). O Potencial da contaminação da água subterrânea depende:

#### ***Das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo.***

Quanto maior for a persistência ou menor for a capacidade de degradação e maior a sua mobilidade no meio solo e água subterrânea, maior será o potencial de poluição. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas, pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos (CETESB, 2017b).

#### ***Da vulnerabilidade intrínseca do aquífero.***

A vulnerabilidade de um aquífero pode ser entendida como o conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afectado pela carga de poluentes. São considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre a confinado), a profundidade do nível de água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia de argila a cascalho (CETESB, 2017b).

#### **2.1.5.1. Factores que controlam a infiltração de contaminantes a qualidade das águas subterrâneas**

Os processos de acumulação e transporte de contaminantes através do solo dependem da natureza do contaminante e do tipo do solo em questão. Os processos de contaminação no solo ocorrem lentamente e, frequentemente, sem consequências trágicas imediatas, porém em longo prazo, podem ter efeitos sérios e possivelmente irreversíveis (Dyminski, 2006). A migração de contaminantes em solos é controlada por diversos factores que são:

- Advecção

“É o mecanismo de transporte ocasionado pelo fluxo de água, uma vez que com o deslocamento da água, os contaminantes (soluto) presentes na mesma se movem na direcção das linhas de fluxo” (Roberta, 2014, pp. 18-35).

- Difusão

“Transporte que ocorre mesmo que a água estivesse parada. A substância tende a migrar das regiões de maiores concentrações para as de menores concentrações” (Dyminski, 2006, pp. 2-5).

- Dispersão

“Substância percorre uma distância com a velocidade média da água e além disso se espalha, porque a velocidade da água não é sempre igual à média” (Roberta, 2014, pp. 18-35).

- Adsorção

Este processo é resultante no fenómeno de retardamento da frente de contaminação, devidas às características dos solos em reter substâncias. Isto ocorre principalmente em solos argilosos, pois estas partículas possuem grande superfície específica e capacidade de atracção de iões. A Taxa de retenção diminui com o tempo (Dyminski, 2006, pp. 2-5).

- Absorção

“Processo pelo qual ocorre a retenção de substâncias nos poros do solo” (Dyminski, 2006, pp. 2-5).

## **2.2. Parâmetros físico-químicos da qualidade da água subterrânea e Métodos de determinação.**

Conforme Cremonese (2014) a caracterização das águas subterrâneas através de parâmetros físico-químicos torna-se indispensável para a definição da qualidade da água subterrânea, bem como inferir a fonte poluidora e o nível de alteração da qualidade de água do local. Cita-se como parâmetros físico-químicos importantes na caracterização de águas subterrâneas: temperatura, condutividade eléctrica, turbidez, oxigénio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos na água, cloreto, amónia, nitrato, fluoreto, sulfato e sódio.

### **2.2.1. Parâmetros físicos**

#### **Temperatura**

A temperatura exerce um papel importante, pois as reacções químicas são por ela governadas, em altas temperaturas, por exemplo, há maior desagregação mineral e os fenómenos reprodutivos dos microrganismos são intensificados. Naturalmente, este parâmetro pode ser afectado pela incidência de luz solar, sombreamento das árvores, profundidade da coluna de água (Pedrozo & Kapusta, 2010).

## **Condutividade Eléctrica (C.E)**

A condutividade de uma água traduz-se pela capacidade da mesma para conduzir corrente eléctrica, resultante do teor de iões dissolvidos na água. A condutividade depende da quantidade de iões dissolvidos na água (Mendes & Oliveira, 2004). A origem dos referidos iões pode resultar de processos de percolação dos solos (cloretos, nitratos, cálcio, entre outros), ou podem também resultar de resíduos sólidos. Embora em concentrações admissíveis não representa por si só um problema a saúde pública (Mendes & Oliveira, 2004). A determinação da condutividade eléctrica é feita através do método electrométrico, utilizando-se para isso um condutivímetro digital, medida da condutância entre dois eléctrodos (Santos, 2011).

## **Turbidez**

A turbidez define a quão turva esta a água, pode ter relação directa com a quantidade de sólidos totais, que dificulta a passagem do feixe de luz (Brasil, 2006a). Águas turvas são naturalmente rejeitadas pela população em geral para o consumo, inclusive é um dos únicos parâmetros juntamente com o gosto que a população julga ser importante para o consumo (Cremonese, 2014). A determinação da turbidez é feita através o método nefelométrico utilizando o turbidímetro digital.

### **2.2.2. Parâmetros químicos**

#### **Sólidos suspensos na água**

Segundo Von Sperling (2005) citado por Pedrozo & Kapusta (2010), diz que estes podem reter bactérias e resíduos orgânicos promovendo a decomposição anaeróbia na água ou até mesmo, servir de abrigo para microrganismos patogénicos impedindo o tratamento eficaz. A determinação da Sólidos suspensos na água, é feita através do método gravimétrico.

#### **Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)**

Sólidos totais dissolvidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece em solução após a filtração (Silva A. , 1997). A parte solúvel dos resíduos sólidos que pode ser encontrada nas lixeiras infiltra no solo contaminando deste modo as águas subterrâneas (Gasparotto, 2011). A determinação de sólidos totais dissolvidos é feita através do método electrométrico (Santos, 2011).

## **Oxigénio dissolvido**

O oxigénio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização de efeitos da poluição por resíduos sólidos, isto porque a decomposição da matéria orgânica é um dos 24 principais processos de decomposição de consumo de OD (Brasil, 2006a). No entanto, especificamente para águas subterrâneas as concentrações de OD são normalmente baixas visto que não existe o contacto da água com o oxigénio atmosférico (Silva A. , 1997).

## **Cloreto**

Cloretos está presente em todas as águas naturais, este facto pode estar associado naturalmente a geologia do local, normalmente é proveniente de processos associados às rochas sedimentares e ígneas. Em águas subterrâneas geralmente encontram-se teores abaixo de 100mg.L-1. No entanto, teores fora do comum podem estar associados à contaminação por água do mar, disponibilidade de resíduos sólidos (Cremonese, 2014).

## **Amónia**

Amónio nas águas subterrâneas é quase ausente com valor máximo de 1.5m/l. Nas lixeiras resulta na decomposição de matéria orgânica, onde a presença desta em elevadas concentrações indica uma contaminação recente (CETESB, 1987a). A determinação de amónio é feita através de espectrofotometria, possibilita portanto, a passagem de um feixe de luz através de uma amostra e, por meio deste processo, realiza a medição exacta da intensidade da luz a atingir o detector (Pedrozo & Kapusta, 2010).

## **Nitrato**

Nitrato nas águas subterrâneas apresentam-se em concentrações menores que 5mg/l. Em Elevadas concentrações mostra uma possível contaminação (APHA, 1999). Nas lixeiras, o nitrato resulta do último estágio da oxidação da matéria orgânica proveniente da deposição inadequada de resíduos sólidos e é altamente móvel nas camadas de solo podendo chegar até ao lençol freático. Elevados valores de nitrato mostram uma contaminação antiga (Feitosa & Manoel 2011). A determinação de nitrato é feita através de espectrofotometria (Pedrozo & Kapusta, 2010).

## **Fluoreto**

O Fluoreto, são frequentemente encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas e a principal fonte prove de rochas ígneas. A concentração de fluoreto geralmente varia de 0,1 a 1,5mg/l (Cremonese, 2014).

## **Sulfato**

A presença de *sulfatos* na água subterrânea está associada à percolação de compostos sulfatados (espécies que se originam a partir do ácido sulfúrico) e da oxidação do enxofre que compõe as rochas. As águas subterrâneas geralmente apresentam os teores abaixo de 100mg/l (Cajaseiras, 2007).

## **Sódio**

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).

### **2.2.3. Relação entre os parâmetros de qualidade de água em estudo**

A condutividade eléctrica fornece informações sobre as condições da disponibilidade de fontes poluidoras e como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos que é estimado pela medida de condutividade eléctrica (Cajaseiras, 2007). Quanto maior for a quantidade de iões dissolvidos, maior será a condutividade eléctrica da água.

Nas águas subterrâneas a amónia é ausente, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de amónia é sinal de poluição orgânica recente e os de nitrato mostram uma contaminação antiga (CETESB, 1987a).

Cremonese (2014), diz que os iões de amónia e nitrato, deve ser indispensável nos estudos da qualidade da água influenciada pela deposição de resíduos sólidos principalmente a parte da matéria orgânica depositado no solo sendo estes a maior preocupação em águas subterrâneas por ser altamente solúvel em água.

## Capítulo III

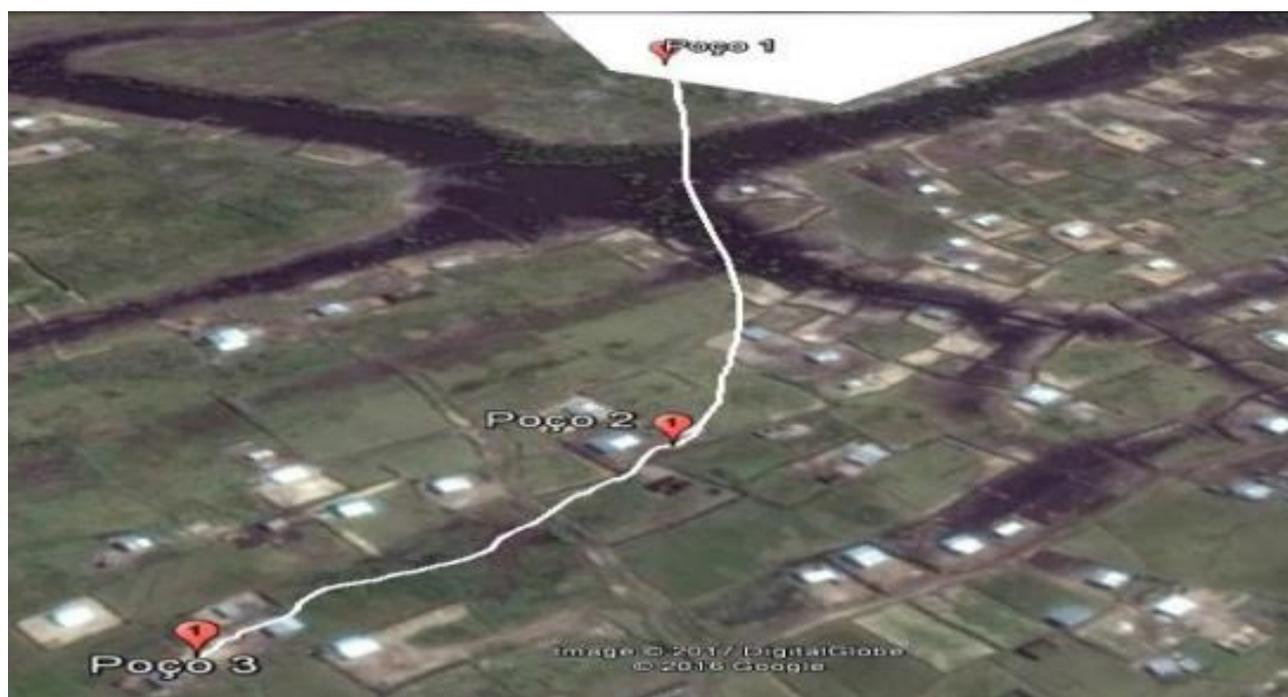
### 3. Metodologia

#### 3.1. Descrição geral da área em estudo

O presente estudo foi realizado na lixeira Municipal do Bairro Padeiro localizado na Cidade de Quelimane, Província da Zambézia situada na zona baixa da cidade.

#### 3.2. Amostragem

O trabalho foi conduzido em duas saídas de campo no mês de Maio e Junho de 2017. Na qual a primeira etapa consistiu no reconhecimento, descrição da área em estudo e na definição dos três poços, nos pontos mais representativos em termos de localização da lixeira em relação as casas circunvizinhas e foram posicionadas de acordo com a topografia do terreno e considerando-se a possível direcção do fluxo de água subterrânea na qual a selecção dos pontos foi aleatória. Onde o poço 1 está localizado na lixeira municipal, o poço 2 a 250 m da lixeira nas proximidades residências e para o último a 100 m do poço 2 sendo a jusante ilustrados na figura 3 e na tabela 1. Em cada ponto amostrado foram obtidas as coordenadas geográficas com auxílio de um GPS modelo GARMIN.



**Figura 3:** Ilustração de pontos de amostragem.

Fonte: (Google Earth, 2017)

**Tabela 1:** Localização geográfica de pontos de Amostragem

Pontos	Descrição de pontos de amostragem	Latitude	Longitude
Poço 1	Lixeira Municipal	17 <sup>0</sup> 49'44.8"S	36 <sup>0</sup> 55'01.7"E
Poço 2	Zona Intermédia	17 <sup>0</sup> 49'47.5"S	36 <sup>0</sup> 55'03.5" E
Poço 3	Jusante	17 <sup>0</sup> 49'48.8"S	36 <sup>0</sup> 54'58.6" E

Fonte: Google Earth, (2017)

### 3.2.1. Abertura de poços

A segunda etapa foi a abertura dos poços com objectivo de obter a água subterrânea, que foi feita usando técnicas manuais que consistem em uso de materiais caseiros, onde primeiro limpou-se a área de escavação dos poços, para retirar a camada de solo vegetal, posteriormente começou-se a escavação e, na à medida que o poço se tornava profundo usou-se um balde para retirar o material escavado de dentro do poço até se atingir o lençol de água. Depois de alcança-lo, retirou-se a primeira água que aparentava estar turva estes procedimentos estão disponíveis no (manual técnica, para a implementação de projectos de abastecimento de água e saneamento rural, 2012).

### 3.2.2. Recolha de amostra

A terceira etapa consistiu na colecta de seis (6) amostras três (3) no mês de Maio e três (3) de Junho, para análise dos parâmetros físico-químicos, a amostra foi armazenada em frascos plásticos de 500ml e foram devidamente etiquetados: número da amostra, data e hora da colecta, na qual a colecta da água dos poços foi feita 30 minutos depois de se atingir o lençol freático de cada poço na primeira colecta e depois protegeu-se os poços com um plástico e chapas de zinco para a segunda colecta, de modo a se evitar a intervenção de factores externos. As amostras foram transportadas logo após a colecta, para a realização das análises no laboratório de FIPAG segundo as recomendações de (Metod analitic perleaque Roma, 1977).

### 3.3. Caracterização dos poços

Para a caracterização dos poços baseou-se no método de observação directa que consistiu em descrever o material que compõe cada poço, medir a profundidade, o nível de saturação do solo (observando as partículas de solo que estão mais húmidas entre os poços) e o tempo em que cada poço levou para o seu reabastecimento.

### **3.4. Procedimentos e análise Laboratorial de amostras de água Subterrânea**

Foram realizadas as seguintes análises nas amostras de água: condutividade eléctrica, sólidos totais dissolvidos, amónia e nitrato.

#### **3.4.1. Determinação de Condutividade Eléctrica e sólidos totais dissolvidos**

Para a determinação da condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos usou-se o condutivímetro onde primeiramente, ligou-se o instrumento por aproximadamente 30 minutos antes da sua utilização, e calibrou-se o condutivímetro conforme instruções recomendados por Santos, 2011. Após a calibração do condutivímetro lavou-se o sensor de condutividade com água destilada. Em seguida mergulhou-se a célula 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.

#### **3.4.2. Determinação de nitrato e amónio**

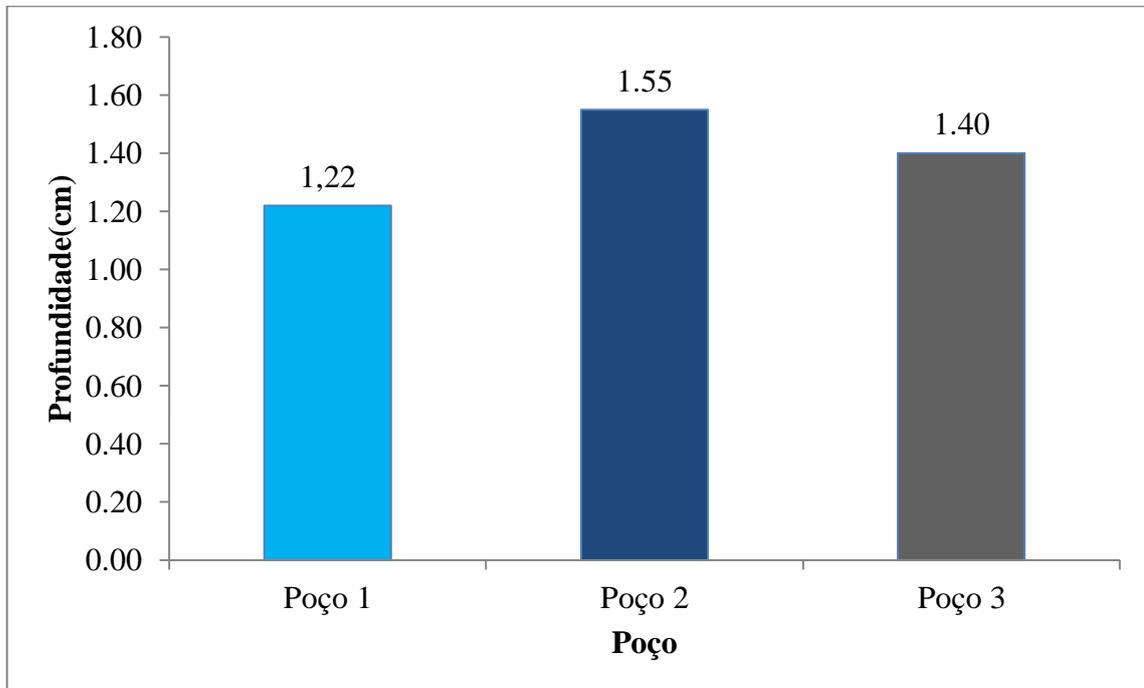
Para a determinação dos dois parâmetros acima mencionados usou-se o Espectrofotometro Portátil DR900. Foi adicionado 10 mL da amostra de água em análise para curvete, posteriormente adicionou-se um pacote de reagente de Nitrato e Amoníaco, respectivamente para nitrato e amónio em seguida agitou-se a amostra a fim de dissolver o reagente e calibrado o instrumento a zero automaticamente no Espectrofotometro, fez-se a leitura de nitrato usando o programa 361 HR AV e amónio 388N- Amoníaco livre.

### **3.5. Análise de dados**

Após a obtenção de dados, estes foram digitados e compilados com auxilio da folha de calculo *Microsoft Excel 2007* e a partir deles organizou-se considerando-se as variáveis físico-químicas de parâmetros analisados e foram processados em forma de tabelas e gráficos.

### 4. Resultados e Discussão

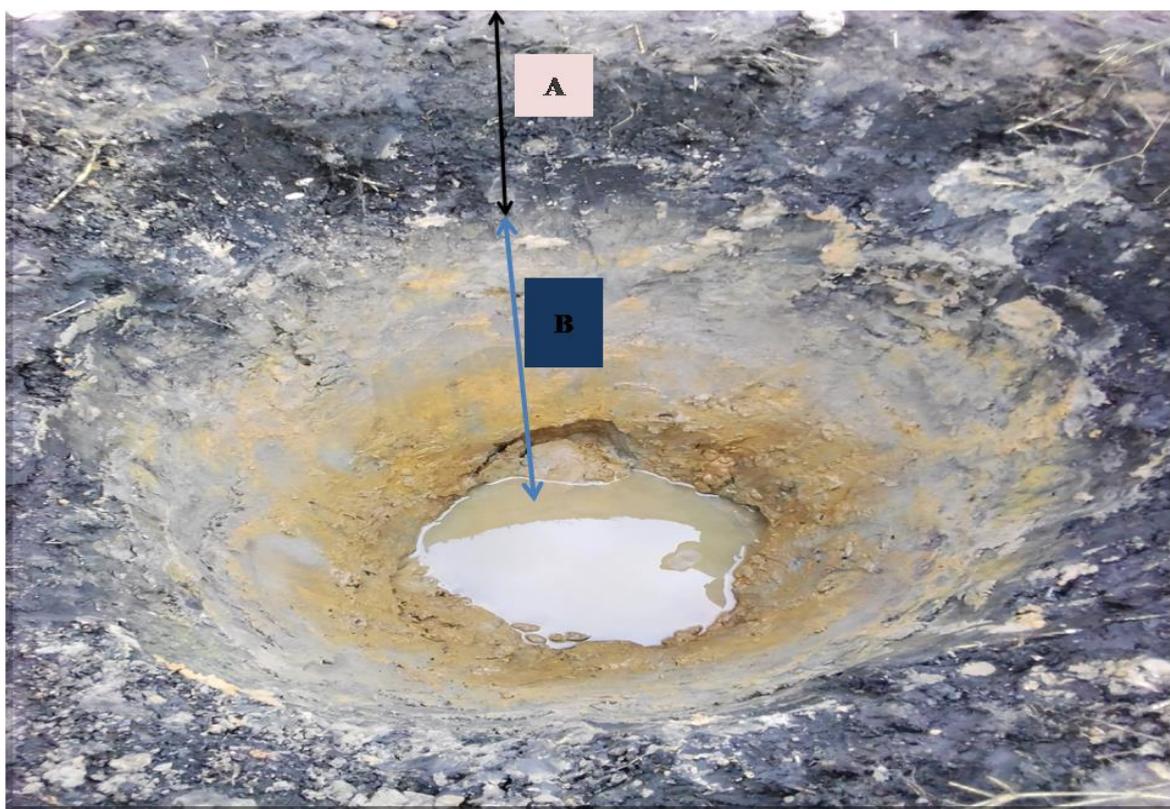
#### 4.1. Caracterização dos poços



**Figura 4:** Profundidade dos poços de colecta das amostras em metros.

A altura média dos poços de observação foi de 1,40 m e um raio de 50cm como ilustra a figura 4 e a recarga da água do lençol freático nos poços, foi lenta no poço 1 enchendo uma espessura de 30cm em 30 minutos para os outros dois poços foi rápida 50 cm em 30 minutos. Esta diferença de tempo deve-se à saturação do solo, em que os dois poços 2 e 3 estavam mais saturados em relação ao poço 1. A diferença na profundidade dos poços deve-se a topografia do terreno

#### 4.1.1. Caracterização vertical dos poços



**Figura 5:** Perfil vertical dos Poços

Adicionalmente na camada superficial apresenta solo escuro composto por matéria orgânica numa espessura que se estende até 30cm, abaixo desta espessura, todos os poços apresentam mesmas características de solo que é composto por uma camada argilosa acinzentada e amarelada (solos com baixa permeabilidade e baixos teores de retenção dos contaminantes na época chuvosa). E não se identificou nenhuma partícula indesejada no solo como exemplo (plásticos, latas e ferros) durante a abertura dos poços como mostra a figura 5.

#### 4.2. Determinação dos parâmetros físicos químicos da qualidade da água subterrânea

Através das análises realizadas os valores encontrados para os dois meses estão apresentados na tabela 2, bem como, os valores estabelecidos no Diploma Ministerial n.180/2004 pelo Ministério de Saúde para o consumo humano em Moçambique, onde todos parâmetros analisados estão dentro do padrão estabelecido.

**Tabela 2:** Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras da água subterrânea.

Valores dos parâmetros analisados											
Parâmetro medido	Poço 1			Poço 2			Poço 3			Valor padrão	Unidade
	Maior	Junho	Média	Maior	Junho	Média	Maior	Junho	Média		
Amónia	0,25	0,44	<b>0,35</b>	0,49	0,25	<b>0,37</b>	0,40	0,12	<b>0,26</b>	1,5	mg/l
Nitrato	21,9	19,9	<b>20,9</b>	22,4	15,6	<b>19</b>	19,9	15,3	<b>17,6</b>	50	mg/l
C.E	1013	1003,5	<b>1008,3</b>	1003,5	1008	<b>1005,8</b>	1012,5	1006	<b>1009,3</b>	50-2000	µS /cm
TDS	540	543	<b>541,5</b>	513,5	566,5	<b>540</b>	557	521,9	<b>539,45</b>	1000	mg/l

Do poço 1 a poço 3 verifica-se a diminuição nos valores médios do teor de amónia e nitrato, com a excepção do poço 2 para amónia. A diferença entre os valores, está relacionada com a distância entre os poços, na qual o poço 1 sofre influência directa na infiltração dos resíduos. Por outra nota-se uma variação muito menor entorno das médias dos parâmetros no poço 1 e 2, este facto deveu-se ao escoamento superficial das águas paradas provenientes da lixeira que posteriormente infiltraram-se. Já no poço 3 verificou-se uma redução nos valores médios pelo facto deste se encontrar mais distante da lixeira e por apresentar uma topografia elevada em relação ao poço 2, fazendo com que não haja maior escoamento dos resíduos.

Cremonese (2014), ao avaliar a qualidade da água de poços localizados próximos as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná, encontrou uma média de 11.60mg/l de nitrato, este autor não determinou as concentrações de amónia. As baixas concentrações de amónia, encontradas no presente trabalho podem estar relacionadas ao facto de amónia ser rapidamente convertida em nitrato por bactérias, segundo as normas da (CETESB, 1987a). Em águas subterrâneas os teores de nitrato estão normalmente abaixo de 5mg/l, no entanto, teores acima indicam alteração na qualidade da água, tendo sido influenciado pela decomposição dos resíduos sólidos urbanos provenientes da lixeira e pela proximidade do lençol freático com a superfície.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos e condutividade eléctrica não apresentaram diferenças significativas nas suas médias em todos os poços. Para Cremonese (2014) encontrou valor médio de 77,7  $\mu\text{s}/\text{cm}$  para a condutividade eléctrica e 41,2 mg/l para sólidos totais dissolvidos. Martins (2011) ao avaliar a qualidade da água subterrânea em área de influência da lixeira inactiva no bairro Boa Esperança (Ji-Paraná) encontrou uma média de 98,4  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de condutividade eléctrica este autor não determinou os sólidos totais dissolvidos. No entanto, o presente estudo apresentou valores muito elevados quando comparados com os resultados obtidos por Cremonese (2014) e Martins (2011), Assim sendo, a grande diferença verificada esteve relacionada com a profundidade dos poços, na qual variou de 9,17 m a 6,93 m e para este trabalho variaram de 1,55 m a 1,22 m, deposição de resíduos sólidos e por ser um local costeiro que sofre processos estuarinos. Conforme Helbel, (2011), diz que valores mais altos encontrados nos períodos chuvosos e menos chuvosos podem ser atribuídos a proximidade do nível do lençol freático com a superfície, sendo que o tempo de infiltração dos sólidos é muito reduzido e por isso, a condutividade se torna mais elevada.

## Capítulo V

### 5. Conclusão e Recomendações

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que todos os parâmetros analisados apresentaram valores dentro do padrão estabelecido no diploma ministerial n.180/2004 pelo Ministério de Saúde para o consumo humano. Sendo que registou-se o aumento nas concentrações de nitrato, condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos, tendo em conta a normalidade destes parâmetros nas águas subterrâneas que geralmente apresentam concentrações baixas. Nitrato abaixo de 5mg/l e condutividade eléctrica abaixo de 100 $\mu$ S/cm que é determinado a partir do teor de sais dissolvidos. Com este aumento pode se concluir que a lixeira municipal influencia na alteração da qualidade de água subterrânea.

O nível do lençol freático por estar próximo a superfície influencia no aumento das concentrações dos parâmetros, este resultado demonstra que a infiltração da água de chuva tem um tempo reduzido para ter contacto com o lençol freático com resíduos provenientes da lixeira.

Devido a variação muito menor dos parâmetros registada no poço 1 a 2 e do poço 2 a 3 pode se concluir que a lixeira influencia pouco á pouco na alteração da qualidade através do escoamento das águas paradas para estes poços distantes da lixeira.

Neste trabalho, também pode se concluir que a condutividade eléctrica e os sólidos dissolvidos totais apresentaram comportamentos semelhantes nos dois meses de amostragem sendo que estes têm uma relação directa a medida que a concentração dos sólidos totais dissolvidos aumentam a condutividade eléctrica aumenta.

## **5.1. Recomendações**

Apesar dos resultados obtidos para os meses de Maio e Junho estarem dentro do padrão estabelecido pois, estes resultados foram observados no período menos chuvoso. Portanto, recomenda-se que sejam feitas mais estudos no período chuvoso e seca.

Sendo que os poços distantes da lixeira sofrem influência do escoamento superficial das águas paradas, recomenda-se ao município que crie uma vedação ao redor da lixeira de modo a evitar o escoamento destes resíduos de modo a garantir a qualidade futura das águas subterrâneas.

## 6. Referencias Bibliográficas

- ABAS. (2007). *Águas Subterrâneas, um recurso a ser conhecido e protegido*. Brasília: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas de petrobas.
- Achar, J. (16 de Maio de 2014). *ZAMBÉZIA - QUELIMANE Lixo periga saúde pública*. Obtido em 27 de Julho de 2017, de Jornal Noticias Online: <http://www.jornalnoticias.co.mz>
- Aguiar, R. B., & Gomes, J. R. (2004). *Projecto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Piauí*. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil.
- Antenor, B. J. (2004). *Elementos de Hidrologia Aplicada. Infiltração*.
- APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Washington DC: AWWA.
- Bertachi, M. H. (2013). *Estudos Preliminares de contaminação de águas por cemitérios. Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Londrina.
- Bertoni, J., & Lombardi, F. (1990). *Conservação do solo*. São Paulo.
- Borges, P. G. (2015). *Estudo Hidroquímico Das Águas Subterrâneas Do Município De Catu-Bahia*. Monografia Para Obtenção Do Título De Bacharel Em Geologia, Universidade Federal Da Bahia, Salvador.
- Brasil. (Portaria n. 518, de 24 mar. 2004.). *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Diário Oficial da república federativa do brasil, Brasília.
- Brasil. (2006a). *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde.
- Brasil. (2006b). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Ministério da Saúde. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde.
- Cajaseiras, C. (2007). *Qualidade E Uso Das Águas Subterrâneas E A Relação Com Doenças De Veiculação Hídrica, Região De Crajubar/Ce*. Programa De Pesquisa E Pós-Graduação Em Geologia, Universidade Federal Do Ceará, Departamento De Geologia, Fortaleza/Ce.
- CETESB. (1987a). *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo.

CETESB, .. (2017b). *Poluição da Água Subterrânea - meio ambiente pro Br*. Obtido em 19 de Setembro de 2017, de Águas Subterrâneas: <http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br>

Costa, W. D. (2004). *Contaminação Da Água Subterrânea Por Resíduo Sólido No Município De Belo Horizonte*. Serra.

Cremonese, E. R. (2014). *Avaliação Da Qualidade Da Água De Poços Localizados Próximos As Áreas De Deposição De Resíduos Sólidos Do Município De Ji-Paraná (Ro)*. Universidade Federal De Rondônia Campus Ji-Paraná, Departamento De Engenharia Ambiental, Ji-Paraná.

Dyminski, A. (2006). *Contaminação dos solos e águas subterrâneas*. UFPR - TC.

Esteves, F. A. (1988). *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: FINEP.

Feitosa, F. A. (2011). *Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM/REFO.

França et al, A. M. (2013). *Implicações Hidroquímicas da Condutividade Elétrica e do Íon Cloreto na Qualidade das Águas Subterrâneas do Semiárido Cearense*. Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Educação de Crateús, Altamira.

Gasparotto, F. A. (2011). *Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP*. Piracicaba: Universidade de São Paulo.

Helbel L, A. F. (2011). *Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de JiParaná / RO – Brasil*. Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Engenharia Ambiental, Ji-Paraná.

Martins, I. A. (2011). *Avaliação Da Qualidade Da Água Subterrânea Em Área De Influência Do Lixão Inativo No Bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/Ro)*. Universidade Federal De Rondônia, Departamento De Engenharia Ambiental, Ji-Paraná.

Mendes, B., & Oliveira, J. (2004). *Qualidade da água para consumo humano*. Lisboa.

Menezes, J. (2012). *Influência Do Uso E Ocupação Da Terra Na Qualidade Da Água Subterrânea E Sua Adequação Para Consumo Humano E Uso Na Agricultura*. Programa De Pós-Graduação Em Produção Vegetal, Universidade Federal Do Espírito Santo, Centro De Ciências Agrárias, Alegre.

Metod analitic perleaque Roma, .. (1977). IRSH.

Najovite et al, A. (Junho de 2011). *Aguas Subterraneas*. Obtido em 19 de Sembro de 2017, de Tipos de reservatórios :: Águas subterrâneas: <http://bg11ano-afa.webnode.pt/>

- Pedrozo, C. d., & Kapusta, S. C. (2010). *Indicadores Ambientais em Ecossistemas Aquáticos*. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Rio Grande Do Sul, Porto Alegre-Rs.
- Philippi et al, A. (2004). *Curso de gestão ambiental*. Barueri,SP: Manole.
- Roberta. (2014). *Transporte de contaminantes*.
- Scholten, J. (1987). *Estudo de solos ao nível de reconhecimento da faixa costeira de Quelimane*. Maputo.
- Silva, A. (1997). *Turismo e Impactos Sócio - ambientais no Litoral Sul de João Pessoa*. Argentina.
- Silva, L. (2011). *Volumetria de Precipitação*. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Química , Juiz de Fora.
- Tucci et al, C. E. (2007). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRS/ABRH.
- Tucci, C. E., & Cabral, J. J. (2003). *Qualidade da Água Subterrânea*.
- Tundisi, J. G. (2003). *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa, IIE,.
- Werneck, J. R., & Rooke, J. M. (2010). *Saneamento Básico E Sua Relação Com O Meio Ambiente E A Saúde Pública*. Universidade Federal De Juiz De Fora, Juiz De Fora.

## 7. Anexo

### Anexo A

#### Parâmetros físicos e organolepticos.

**Tabela 3:** Padrões físicos e organolepticos da qualidade da água para o consumo humano estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

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

**Fonte:** Diploma Ministerial n. 180/2004

## Parâmetros Químicos

**Tabela 4:** Padrões Químicos da qualidade da água para o consumo humano estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Amoníaco	1,5	mg/l	Sabor e cheiro desagradável
Alumínio	0,2	mg/l	Afecta o sistema locomotor e causa anemia
Arsénico	0,01	mg/l	Cancro da pele
Antimónio	0,005	mg/l	Cancro no sangue
Bário	0,7	mg/l	Vasoconstrição e doenças cardiovasculares
Boro	0,3	mg/l	Gastroenterites e eritemas
Cádmio	0,003	mg/l	Vasoconstrição urinária
Cálcio	50	mg/l	Aumenta a dureza da água
Chumbo	0,01	mg/l	Intoxicação aguda
Cianeto	0,07	mg/l	Bócio e paralisia
Cloretos	250	mg/l	Sabor desagradável e corrosão
Cloro residual total	0,2-0,5	mg/l	Sabor e cheiro desagradável
Cobre	1,0	mg/l	Irritação intestinal
Crómio	0,05	mg/l	Gastroenterites, hemorragias e convulsões
Dureza total	500	mg/l	Depósitos, corrosão e espumas
Fósforo	0,1	mg/l	Aumenta a proliferação dos microorganismos
Ferro total	0,3	mg/l	Necrose hemorrágica
Fluoreto	1,5	mg/l	Afecta o tecido esquelético
Matéria orgânica	2,5	mg/l	Aumenta a proliferação dos micro-organismos
Magnésio	50	mg/l	Sabor desagradável
Manganés	0,1	mg/l	Anemia, afecta o sistema nervoso
Mercúrio	0,001	mg/l	Distúrbios renais e neurológicos
Molibdénio	0,07	mg/l	Distúrbios urinários
Nitrito	3,0	mg/l	Reduz o O <sub>2</sub> no sangue
Nitrato	50	mg/l	Reduz o O <sub>2</sub> no sangue
Níquel	0,02	mg/l	Eczemas e Intoxicações
Sódio	200	mg/l	Sabor desagradável
Sulfato	250	mg/l	Sabor e corrosão
Selénio	0,01	mg/l	Doenças cardiovasculares
Sólidos totais dissolvidos	1000	mg/l	Sabor desagradável
Zinco	3,0	mg/l	Aparência e sabor desagradáveis
Pesticidas totais	0,0005	mg/l	Intoxicações e distúrbios de vária ordem
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	0,0001	mg/l	Sabor desagradável, intoxicações e distúrbios de vária ordem

Fonte: Diploma Ministerial n. 180/2004

## 8. Apêndice

### Apêndice A

#### Guião de observações para a caracterização dos poços

Qual é o material que existe ao longo do perfil vertical do poço \_\_\_\_\_?

Qual é a profundidade do poço \_\_\_\_\_?

Qual é o poço que está mais saturado (solo que possui mais água) \_\_\_\_\_?

Em 30 minutos, que profundidade a recarga do poço atingiria \_\_\_\_\_?

### Apêndice B

#### Procedimentos das análises laboratoriais



**Ilustração 1:** Ilustração das análises na determinação de Condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos.



**Determinação de amónio e nitrato**

**Ilustração 2:** Ilustração na determinação de amónio e nitrato

## Apêndice D

### Material usado para a realização do presente trabalho

#### Colecta de dados

- Balde;
- Fita Métrica;
- Frascos plásticos de 500ml de água mineral; e
- Pá.

#### Instrumentos de medição

- Condutivímetro;
- Espectrofotómetro Portátil DR900; e
- GPS de marca GARMIN

#### Material Laboratorial

- Balões de Erlenmeyer 100ml;
- Bureta de 250ml;
- Pipetas graduadas de 1 a 10 ml;
- Pipetas volumétricas de 25 a 100ml; e
- Proveta de 250ml.

#### Reagentes usados

- Amoníaco; e
- Nitrover

