



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

**DIVISÃO DE AGRICULTURA**

**CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL**

Monografia Científica

**Análise da variabilidade hidroquímica da água subterrânea usada para o consumo humano em Mapapa, Chiaquelane e Posto Administrativo de Lionde no Distrito de Chókwè**

**Autora:** Sarifa Francisco Biza

**Tutor:** Eng<sup>o</sup> Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

**Co-tutor:** Eng<sup>o</sup> João Manuel Felisberto Chivambo

Lionde, Junho de 2021



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Projecto de licenciatura de monografia científica sobre a análise da variabilidade hidroquímica da água subterrânea para o consumo humano em Mapapa, Chiaquelane, Posto Administrativo de Lionde no distrito de Chókwè apresentado ao curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Presidente: Paulo Sérgio Lourenço Saveca, MSc

---

Avaliador1: Fernando Brazão Tembe, MEng

---

Avaliador2: Cesário Manuel Cambaza, MSc

---

Lionde, Junho de 2020

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
DECLARAÇÃO.....	iv
AGRADECIMENTOS .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema e justificação.....	2
1.2. OBJECTIVOS .....	3
1.2.1. Geral.....	3
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Definição das Hipóteses de Estudo .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Hidrologia.....	4
2.2. Água subterrânea e sua composição.....	4
2.3. Reservatórios de água subterrânea .....	5
2.3.1. Aquíferos .....	6
2.3.2. Aquífero livre .....	6
2.3.3. Aquífero confinado.....	6
2.4. Hidroquímica.....	7
2.5. Composição da água subterrânea .....	8
2.6. Qualidade de água subterrânea .....	8
2.7. Parâmetros de qualidade de água para o consumo humano .....	9
2.7.1. Ferro e Manganês .....	9
2.7.2. Sódio.....	9
2.7.3. Cloretos.....	10
2.7.4. Nitrato.....	10
2.7.5. pH.....	10
2.7.6. Condutividade eléctrica .....	11
2.8. Causas de salinidade nas águas subterrâneas .....	11

2.9. Variabilidade da qualidade de água em Chókwe.....	12
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1. Descrição da área de estudo.....	13
3.2. Descrição geológica do distrito do Chókwe.....	14
3.2.1. Relevo.....	15
3.2.2. Tipos de sedimentos geológicos.....	15
3.3. Colecta de amostras.....	16
3.4. Número de amostras colectadas.....	17
3.5. Análise de parâmetros hidroquímicos da água.....	17
3.6. Identificação da abundância dos iões principais nas águas subterrâneas.....	17
3.7. Classificação da qualidade de água.....	18
3.8. Análise e interpretação de dados.....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
4.1. Parâmetros hidroquímicos da água subterrânea.....	19
4.1.1. Variação da concentração dos cloretos.....	20
4.1.2. Variação da concentração do Cálcio.....	21
4.1.3. Variação da concentração do Magnésio.....	22
4.1.4. Variação da concentração dos sulfatos.....	23
4.1.5. Variação espacial de STD.....	24
4.1.6. Variação da Condutividade eléctrica (CE).....	25
4.1.7. Variação da concentração do ferro (Fe).....	25
4.1.8. Variação do Potencial hidrogénio (pH).....	26
4.1.9. Variação da concentração do amónio (NH <sub>4</sub> ).....	27
4.2. Identificação da ordem de abundância dos principais iões na água subterrânea.....	31
4.3. Classificação da qualidade de água usada para o consumo.....	35
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>8. APÊNDICES.....</b>	<b>41</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Valores máximos permitidos.....	11
<b>Tabela 2:</b> Resumo dos resultados do balanço iônico dos sete pontos do estudo.....	34
<b>Tabela 3:</b> Classificação das águas/ faces hidroquímicas. ....	35
<b>Tabela 4:</b> Resultados das análises microquímicas dos pontos de estudo. ....	42
<b>Tabela 5:</b> Relatório do distrito de Chókwè em relação a saneamento e água. ....	43
<b>Tabela 6:</b> Tabela da norma de qualidade da água para consumo humano (Portaria 1469, de 29/12/2000). .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Disposição dos aquíferos livres e confinados.....	6
<b>Figura 2:</b> Representação esquemática da distribuição da água subterrânea.....	8
<b>Figura 3:</b> Mapa do distrito de Chókwè.....	13
<b>Figura 4:</b> Mapa geológico do distrito de Chókwè.....	14
<b>Figura 5:</b> Locais que foram abrangidos pelo estudo.....	16
<b>Figura 6:</b> Resultados hidroquímicos, colhidos por cada um dos furos.....	19
<b>Figura 7:</b> Variação da concentração dos cloretos.....	21
<b>Figura 8:</b> Variação da concentração do cálcio.....	22
<b>Figura 9:</b> Variação da concentração do Magnésio.....	23
<b>Figura 10:</b> Variação da concentração dos sulfatos.....	23
<b>Figura 11:</b> Variação de STD.....	24
<b>Figura 12:</b> Variação da condutividade eléctrica.....	25
<b>Figura 13:</b> Variação da concentração do ferro (Fe).....	26
<b>Figura 14:</b> Variação do potencial hidrogenico (pH).....	27
<b>Figura 15:</b> Variação da concentração do amónio (NH <sub>4</sub> ).....	28
<b>Figura 16:</b> Variação da turbidez.....	29
<b>Figura 17:</b> Variação da temperatura.....	30
<b>Figura 18:</b> Variação da concentração do ião bicarbonato HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	31
<b>Figura 19:</b> Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões do Ponto 1, 2 e 3.....	32
<b>Figura 20:</b> Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões de Gadjane e ISPG-Lionde.....	33
<b>Figura 21:</b> Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões de Mapapa e Lionde.....	34
<b>Figura 22:</b> Faces hidroquímicas representadas diagrama do Piper.....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS

Cm	Centímetro
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CE	Conductividade Eléctrica
ET <sub>0</sub>	Evapotranspiração de referência
Fe <sup>2+</sup>	Ferro ferroso
Fe <sup>3+</sup>	Ferro férrico
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ião bicarbonatos
Ca <sup>2+</sup>	Ião Cálcio
Mg <sup>2+</sup>	Ião Magnésio
K <sup>+</sup>	Ião Potássio
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ião Sulfatos
Na <sup>+</sup>	Ião Sódio
LNHAA	Laboratório Nacional de Higiene de Alimentos e Água
Mn <sup>2+</sup>	Manganês
m	Metro
mg/l	Miligrama por litro
MAE	Ministério da administração Estatal
OMS	Organização mundial da saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
%	Porcentagem
pH	Potencial hidrogénio
PRONASAR	Programa Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento Rural
STD	Sódios totais dissolvidos



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

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

Lionde, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

(Sarifa Francisco Biza)

## **AGRADECIMENTOS**

*Em primeiro lugar, ao poderoso e glorioso Jesus de Nazaré juntamente com o pai de Céu pela vida e amparos do dia-a-dia.*

*Aos meus pais, Francisco Mazena Biza e Cacilda Azarias Mabumda, pelo apoio incondicional e pela confiança demonstrada antes e ao decurso da minha formação pessoal e profissional.*

*Aos meus tutores, Paulo Sérgio Lourenço Saveca e João Manuel Felisberto Chivambo, pelo grande apoio incondicional e pela orientação no presente trabalho.*

*Aos meus amigos e colegas de turma, por esses anos de parceria, amizade, apoio e suporte durante a caminhada.*

*Ao Engenheiro Alves Fernando Nhumaio, meu cunhado, pai e a sua esposa Gloria Francisco Biza, sempre me incentivaram que continuasse com o sonho que Deus me concedeu desde criança.*

*Aos meus filhos Hector Alves Nhumaio e Cleyton Atanásio Sitõe, que de todas as formas me deram mais motivos para lutar durante este tempo todo mesmo quando tudo parecia difícil.*

*Ao, meu irmão Fausto Franciso Biza que sempre dedicou incansavelmente na concretização do futuro que hoje se tornou realidade.*

*A todos que, de alguma forma directa ou indirecta, contribuíram para a conclusão desta monografia.*

## RESUMO

A água é um recurso indispensável para a vida na terra. O seu valor tem-se intensificado ainda mais nos últimos anos com o crescimento demográfico. Este facto é principalmente influenciado pelas mudanças climáticas, intensificando assim o uso da água subterrânea para o consumo humano principalmente nas regiões áridas e semiáridas como é o caso do distrito de Chókwè. O objectivo do presente trabalho é analisar a variabilidade hidroquímica da água subterrânea nas comunidades de Mapapa, Chiaquelane no Posto Administrativo de Lionde. Este trabalho traz uma abordagem totalmente relacionada ao estado situacional da água subterrânea usada para o consumo humano. Um total de 7 amostras de água subterrânea foi colectado em 7 furos, a uma profundidade variada de 8 a 15 m durante um mês, para a determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Ca, Mg, Fe,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , sólidos totais dissolvidos (STD). A determinação dos parâmetros físico-químicos foi, no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos (LNHAA) e no laboratório IGS na África de Sul, usando os métodos de *Inductively Coupled Plasma* (ICP) para catiões e *Ion Chromatography* (IC) para aniões. Os resultados da pesquisa mostram que a variabilidade hidroquímica da água subterrânea apresenta valores acima do limite máximo permissível pelo diploma ministerial 180/2004 do ministério de saúde para STD em Mapapa (2940mg/L) e Lionde (1100 mg/L). No mesmo âmbito, foram igualmente registados os valores dos cloretos, sendo o valor mais baixo de 145.35 e o mais alto de 1031mg/l, que acabou superando os padrões da OMS. Para o parâmetro amoníaco, em todos os pontos analisados, encontra-se dentro dos limites aceitáveis de potabilidade com o valor máximo registado de 1.50 mg/L em Mapapa. Diferentemente do amoníaco, o ferro apresentou valores elevados (0.57mg/L) acima do limite permissível (0.3mg/L). Na ordem de abundância dos principais iões, o sódio combinado com potássio ocupa maior percentagem seguida de magnésio, cálcio, cloro, sulfato e por fim ião bicarbonato. A classificação da qualidade de água subterrânea nos pontos 1, 2, 3, Gadjane, Lionde e Mapapa pertencem as faces hidroquímicas Magnésiana Cloretada e o ISPG, Lionde pertencem as faces hidroquímicas cálcica Cloretada e quanto a hidroquímica da água subterrânea, o furo de Mapapa, extremidade de Chihaquelane (ponto 3) e Lionde (Gadjane), foram os furos que contribuíram em maior concentração no elevado teor encontrado nas águas consumidas nos pontos estudados.

**Palavras-chave:** Variabilidade hidroquímica, qualidade de água subterrânea, consumo humano.

## ABSTRACT

The water is an indispensable resource for life on earth. Its value has intensified even more in recent years with demographic growth. This fact is mainly influenced by climate change, thus intensifying the use of groundwater for human consumption mainly in arid and semi-arid regions such as the district of Chókwè. The aim of this work is to analyze the hydrochemical variability of groundwater in the communities of Mapapa, Chiaquelane at the Administrative Post of Lionde. This work brings an approach totally related to the situational state of groundwater used for human consumption. A total of 7 groundwater samples were collected in 7 holes, at a depth varying from 8 to 15 m for one month, to determine the following physical-chemical parameters:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Ca, Mg, Fe,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , total dissolved solids (STD). The determination of the physical-chemical parameters was carried out at the National Laboratory for Food and Water Hygiene (LNHAA) and at the IGS laboratory in South Africa, using the methods of Inductively Coupled Plasma (ICP) for cations and Ion Chromatography (IC) for anions. The results of the research show that the hydrochemical variability of groundwater presents values above the maximum limit permitted by ministerial diploma 180/2004 of the Ministry of Health for STD in Mapapa (2940 mg/l) and Lionde (1100 mg/l). In the same scope, chloride values were also recorded, with the lowest value being 145.35 and the highest being 1031 mg/l, which ended up exceeding OMS standards. For the ammonia parameter, in all the analyzed points, it is within the acceptable limits of potability with the maximum registered value of 1.50 mg/l in Mapapa. Unlike ammonia, iron showed high values (0.57 mg/l) above the allowable limit (0.3 mg/l). In the order of abundance of the main ions, sodium combined with potassium occupies a higher percentage followed by magnesium, calcium, chlorine, sulfate and finally bicarbonate ion. The classification of the quality of groundwater in points 1, 2, 3, Gadjane, Lionde and Mapapa belong to the hydrochemical faces of Magnesian Chloride and the ISPG-Lionde belongs to the hydrochemical faces of Chlorinated calcium and as to the hydrochemistry of groundwater, the Mapapa hole, Chihaquelane end (point 3) and Lionde (Gadjane), were the holes that contributed in greater concentration to the high content found in the waters consumed in the studied points.

**Keywords:** Hydrochemical variability, groundwater quality, human consumption.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a vida, a saúde, assim como para o desenvolvimento socioeconómico e o ambiental. Ela ocupa uma posição única na história do planeta (ALMEIDA, 2010).

A possibilidade da escassez de água doce é a grande ameaça à sobrevivência do homem, para além de comprometer o desenvolvimento económico e a estabilidade política do mundo nas próximas décadas (BEZERRA, 2008).

Devido a uma gestão não sustentável dos recursos hídricos, segundo Mizuno (2012), a Organização das Nações Unidas (ONU) estima que daqui a 15 anos, cerca de 2,7 bilhões de pessoas, em todo o mundo, enfrentarão a falta de água potável se a população continuar a tratá-la como um bem inesgotável.

Segundo Ricardoa (2008), mais de 97% da água doce disponível na terra encontra-se no subsolo, e portanto, menos de 3% da água potável disponível no planeta provém das águas de superficiais.

No período de 1970-1995 foram perfurados no mundo cerca de 300 milhões de poços (UNESCO, 1992). As águas provenientes desses poços abastecem mais de 50% da população do planeta e para a irrigação de aproximadamente 90 milhões de hectares.

Com isso mostra-se que o conhecimento sobre as águas subterrâneas está se tornando cada vez mais importante nos dias de hoje, principalmente pela actual demanda hídrica nas zonas rurais e urbanas (RICARDOA, 2008).

O uso da água subterrânea como meio de abastecimento de água para o consumo humano tornou-se numa das alternativas mais viáveis para suprir a necessidade hídricas do meio rural e urbano. Assim sendo existe a necessidade de conhecer a hidroquímica da água fornecida para o consumo humano. Desta forma com o presente trabalho pretende-se analisar a variação hidroquímica da água subterrânea do distrito de Chókwè, concretamente nas comunidades de Mapapa, Chiaquelane no Posto Administrativo de Lionde para efeitos de abastecimento e consumo humano.

## **1.1. Problema e justificação**

Em regiões áridas e semiáridas, onde os índices de evaporação de água são elevados (superior a 5mm/dia) como no caso do distrito de Chókwè, a disponibilidade de água nos cursos superficiais torna-se difícil e a única fonte viável para o abastecimento humano é a subterrânea. Mas com factores como o aumento da população, urbanização e industrialização acelerada, a água subterrânea encontra-se em um grande perigo de escassez e contaminação (LEAL, 1999).

Estudos apontam que o uso e ocupação do solo contribui bastante na contaminação das águas subterrâneas. Esse factor é verificado em Chókwè através de actividades agrícolas (irrigação e uso de fertilizantes) e povoamento de áreas ou urbanização.

Segundo, a PRONASAR (2012), a principal fonte de abastecimento de água no distrito de Chókwè no Posto Administrativo de Lionde, nas comunidades de Mapapa e Chiaquelane é a subterrânea. Mas de acordo com dados históricos sobre a qualidade de água, a hidrogeologia do distrito do Chókwè (Macarretane, Lionde e Xilembene), é caracterizada por ocorrência de fontes salobres, com teores de salinidade de 250 mg/l e lençol freático variável. Em casos em que o teor de sais torna-se elevado nas fontes de captação, provoca gosto desagradável, podendo ser factor de restrição ao seu consumo e acarretando fontes com água potável. No entanto, a população vê-se obrigada a recorrer ao regadio e ao rio Limpopo para suprir as necessidades hídricas diárias, caso da aldeia de Cotsoane.

O estudo da qualidade das águas subterrâneas é, então, de extrema importância para o conhecimento das suas condições de salinização e contaminação. Assim Sendo, necessário realizar um estudo hidroquímico para caracterizar e avaliar a situação actual do estado da água, bem como indicar a sua viabilidade para o consumo humano.

## **1.2. OBJECTIVOS**

### **1.2.1. Geral**

- Analisar a variabilidade hidroquímica da água subterrânea usada para o consumo humano em Mapapa, Chiaquelane no Posto Administrativo de Lionde no distrito de Chókwè.

### **1.2.2. Específicos**

- Determinar os parâmetros hidroquímicos da água subterrânea;
- Identificar a ordem de abundância dos principais iões na água subterrânea;
- Classificar a qualidade de água usada para o consumo.

## **1.3. Definição das Hipóteses de Estudo**

**Hipótese nula (H<sub>0</sub>):** A água subterrânea usada para o consumo humano em Mapapa, Chiaquelane e Posto Administrativo de Lionde no distrito de Chókwè responde aos níveis de qualidade aceitáveis e fixados pelo diploma ministerial 180/2004 do MISAU e pela organização mundial da saúde (OMS).

**Hipótese alternativa (H<sub>1</sub>):** A hipótese nula não é verdadeira.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Hidrologia**

O distrito tem um grande potencial hidrológico, sendo banhado pela margem direita do Rio Limpopo e pelo Rio Mazimuchope. Possuindo ainda riachos periódicos de Ngonwane, Munhuane, Chuezi, Nhambabwe e as lagoas de Chinangue, Nhondzo, Nha-nhai, Mabalambe e Khokhotiva.

### **2.2. Água subterrânea e sua composição**

A água subterrânea faz parte do ciclo hidrológico, ocorrendo nos poros e interstícios das formações geológicas de carácter sedimentar, ou nos planos estruturais das formações geológicas de carácter ígneo ou metamórfico, representado por falhas, fendas e fissuras. Constata-se que somente 0,3% do volume total de água doce do planeta pode ser aproveitado para nosso consumo, dos quais, 0,01% encontrada em fontes de superfície e o restante, ou seja, 0,29%, em fontes subterrâneas.

Em geral a água é uma substância composta e possui estrutura molecular dipolar, o que lhe confere a característica de ser um forte solvente. Quando em contacto com os minerais constituintes dos solos e rochas nos quais circula, é capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias presentes nos mesmos (MESTRINHO, 2005).

A água subterrânea é a água que ocorre abaixo da superfície Terrestre e fica armazenada através das falhas e fissuras das rochas compactas assim como em depósitos geológicos não consolidados, desempenhando um papel de manutenção da humidade do solo, do fluxo dos rios e lagos. As águas subterrâneas dependem das condições climatológicas, uma vez que fazem parte do ciclo hidrológico. A quantidade de água armazenada depende da porosidade da rocha (MARIM, 2006).

Segundo Santos (2008), os elementos químicos presentes nas águas subterrâneas variam em quantidade e tipo de sais dependendo de uma multiplicidade de factores, quais sejam:

- ✓ Composição inicial da água;
- ✓ Tipo de minerais com os quais a água entra em contacto e a natureza da rocha armazenadora da água;
- ✓ Interação das águas de aquíferos distintos;
- ✓ Tempo de circulação nos reservatórios, definido pelo tipo de regime de fluxo;
- ✓ Espessura e características físicas da zona não-saturada;
- ✓ Volumes de precipitação pluviométrica.

### **2.3. Reservatórios de água subterrânea**

Segundo Bezerra (2008), os aquíferos são imensos reservatórios subterrâneos de água doce. Eles representam mais de 90% do total de água doce líquida existente no planeta. Daí que os aquíferos desempenham um papel fundamental no abastecimento público e privado de água em todo o mundo, satisfazendo a necessidade de aproximadamente 1,5 bilhões de pessoas.

A disponibilidade de fluxo de água renovável, segundo Marim (2006), é dependente e é obtida pela diferença entre as precipitações e evaporações médias. Neste sentido, há uma distribuição muito irregular em todas as regiões do mundo. Alguns lugares possuem enormes quantidades de água enquanto em outros a disponibilidade é muito baixa. O equilíbrio entre a procura (consumo) e a oferta (recursos) começa a deixar de existir. Mais de 30 países sofrem de uma séria de crise crônica pela insuficiência de água e a subterrânea é cada vez mais usada para fazer face à procura (Antunes, 2006).

A litologia do aquífero, ou seja, a sua constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade e a sua quantidade como reservatório. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fracturadas) e metamórfica (rochas calcárias), determinando os diferentes tipos de aquíferos. Quanto à porosidade, existem três tipos de aquífero: poroso, fissural e cárstico (LEAL, 1999).

A água subterrânea é, sem dúvida, fonte abundante e imprescindível para o abastecimento público e para fins industriais. Dessa forma, é importante que os resíduos sólidos, os resíduos líquidos e os resíduos gasosos, provenientes de atividades agro-pecuárias, industriais, comerciais ou de qualquer natureza, só possam ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas (CETESB, 1996).

As águas subterrâneas são vulneráveis as diferentes formas de contaminação química e biológica, quer seja pelo lançamento inadequado de fertilizantes, agro-tóxicos, pela disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos e industriais e por microorganismos peptógenos que proliferam durante a decomposição de cadáveres (CETESB, 1996).

### 2.3.1. Aquíferos

É uma formação geológica (ou grupo de formações) que contém água e permite que a mesma se movimente em condições naturais e em quantidades significativas (formações permeáveis como areias e arenitos). Existem essencialmente dois tipos de aquíferos (ANTUNES, 2006).

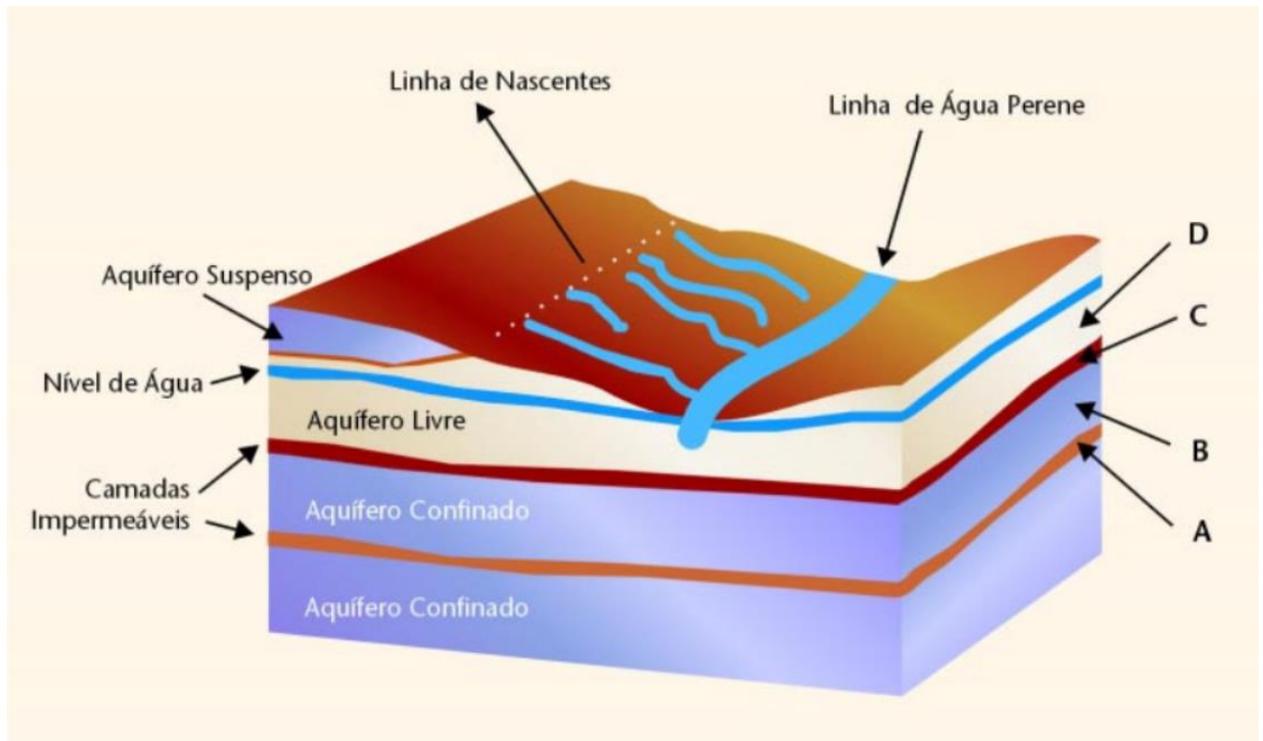
### 2.3.2. Aquífero livre

É uma formação geológica permeável e parcialmente saturada de água. É limitado na base por uma camada impermeável e o nível de água está à pressão atmosférica (ANTUNES, 2006).

### 2.3.3. 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 é superior à pressão atmosférica (ANTUNES, 2006).

A figura 2 ilustra a disposição dos aquíferos acima mencionados na natureza.



**Figura 1:** Disposição dos aquíferos livres e confinados, Antunes (2006).

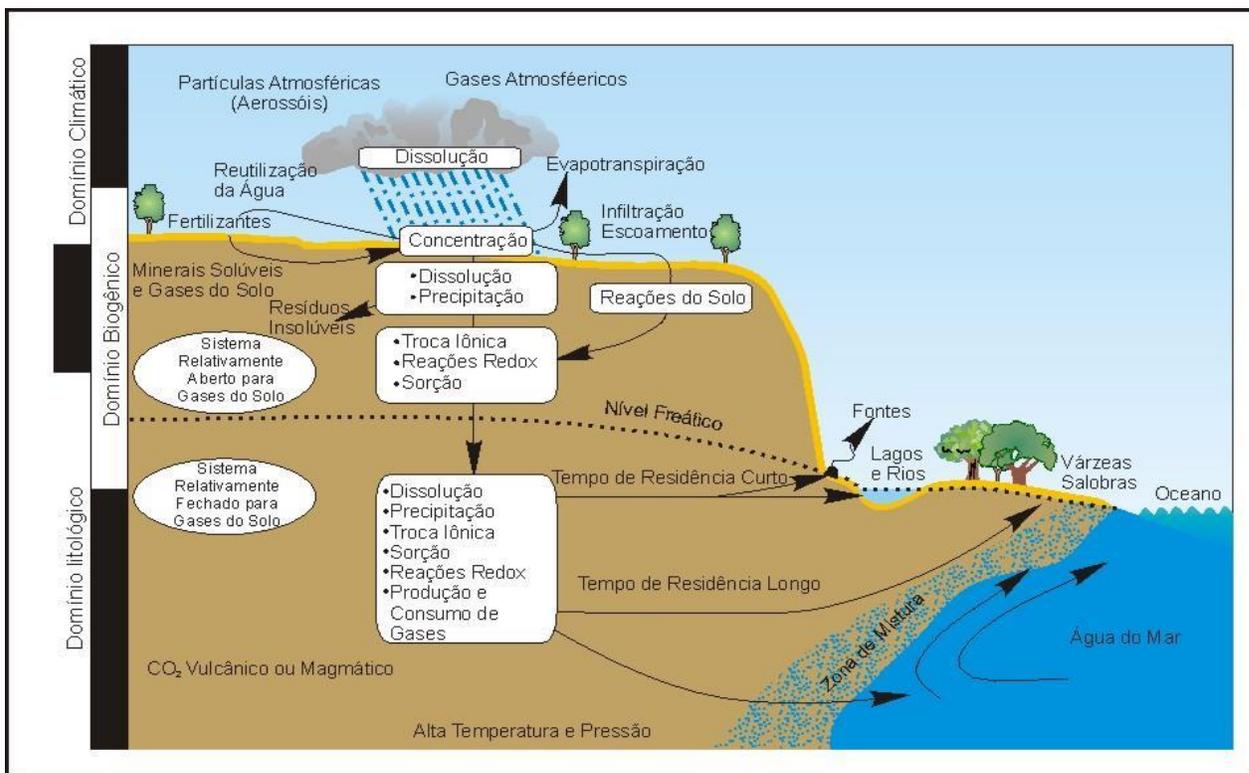
Nos aquíferos livres ou com recarga local, durante os movimentos descendentes e ascendentes na zona não saturada, a água se enriquece em elementos lixiviados das rochas e produtos da superfície do solo. Em função das características hidrogeológicas da zona não saturada (espessura, mineralogia das argilas, permeabilidade/porosidade etc.), os processos bio-físico-químicos podem transformar ou retardar a infiltração de elementos no subsolo. Nestes casos, a zona não saturada representa a mais importante defesa natural contra o risco de contaminação da água na zona saturada (CETESB, 1996).

O quadro climático também deve ser associado à origem dos constituintes nas águas, principalmente, nos sistemas não confinados. Nas regiões áridas e semiáridas, a medida que a evaporação cresce, não há excedente para infiltração e os mecanismos bio-físico-químicos promovem o aumento dos sólidos dissolvidos nas camadas mais superficiais. Com a chuva, águas de infiltração lixiviam os sais para a água subterrânea e, por consequência, a água apresenta maiores valores de salinidade. Na relação entre a hidroquímica natural e os aspectos ambientais, aliados ao tipo de rocha e clima, ainda devem ser consideradas a influência do relevo, vegetação, tempo de contacto rocha-água e as condições hidrológicas locais (GRANJEIRO, 2008).

#### **2.4. Hidroquímica**

A hidrogeoquímica é uma ciência multidisciplinar, com enfoque voltado para a compreensão da origem dos constituintes presentes na água subterrânea e da evolução química que ocorre nos sistemas de fluxos subterrâneos (MESTRINHO, 2005).

Segundo Mestrinho (2005), os principais componentes do ciclo hidrogeoquímico compreendem uma complexa sequência de processos e reacções que ocorre entre os domínios litogénico, biogénico e climático conforme ilustra a figura 3.



**Figura2:** Representação esquemática da distribuição da água subterrânea.

**Autor:** Mestrinho (2005).

## 2.5. Composição da água subterrânea

A composição química da água subterrânea, inicialmente, depende da ocorrência do tipo de gases atmosféricos e em seguida após o equilíbrio químico são comandados pela infiltração da água do solo e reacções biogeoquímicas, entre as fases sólida, líquida e gasosa da zona não saturada. Em seu percurso a água evolui como resultado da interacção água-rocha e das características físico-químicas na zona saturada, sendo os silicatos, carbonatos, sulfatos e cloretos os principais minerais formadores das rochas (SILVA, 2008).

## 2.6. Qualidade de água subterrânea

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, procurando estabelecer-se uma relação com o meio físico rochoso (MESTRINHO, 2005).

Os processos e factores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de

substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros factores interferem, tais como: o clima, a composição da água da recarga, o tempo de contacto/meio físico entre outros, além da contaminação antrópica (FENZEL, 1986).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo da mesma. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA & FILHO, 1997).

## **2.7. Parâmetros de qualidade de água para o consumo humano**

A avaliação de parâmetros físicos-químico fornece uma ideia da qualidade da água subterrânea de um determinado local. A estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), obtida através da condutividade eléctrica dá uma ideia da potabilidade da água. Quando a estimativa for igual ou maior que 1000 mg/L, as águas são salobras e/ou podem estar contaminadas. Segundo Feitosa & Filho (1997), na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade eléctrica da água, gera uma boa estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água (MESTRINHO, 2005).

Os elementos químicos estão distribuídos em quantidade, qualidade como mostram os parâmetros abaixo para as águas subterrâneas (MESTRINHO, 2005).

### **2.7.1. Ferro e Manganês**

Águas recém-tiradas de poços artesianos podem conter formas não oxidadas de ferro e manganês que reagem com o ar atmosférico escurecendo-a em poucos minutos deixando-a cor de barro e com problemas de aparência e de uso tanto para beber como para uso industrial. O primeiro passo para retirada do ferro é transformar as formas não oxidadas em formas oxidadas ( $\text{Fe}^{2+}$ ). De acordo com o diploma ministerial 180/2004 do ministério da saúde, são só admissíveis 0.1mg/l e 0.3mg/l, como valores máximos admissíveis de manganês e ferro respectivamente, para o caso de água para o consumo humano.

### **2.7.2. Sódio**

O sódio é o mais abundante dos metais alcalinos, apresenta o estado de oxidação  $\text{Na}^+$ , e em rochas ígneas é levemente mais abundante do que o potássio. O íon sódio nas rochas apresenta solubilidade muito elevada e é muito difícil de precipitar. A concentração de sódio precisa ser determinada na

água a ser utilizada na indústria, agricultura e uso doméstico, pois em grandes quantidades ele é bastante prejudicial.

### **2.7.3. Cloretos**

Do grupo dos halogénios, o cloro é o elemento mais abundante. Mais de três quartos da quantidade total de cloro presente na crosta terrestre, atmosfera e hidrosfera estão em solução no oceano. Embora ocorra em vários graus de oxidação, a forma mais significativa é o íon  $\text{Cl}^-$ .

Os padrões de potabilidade, geralmente, limitam o teor de cloreto em 250 mg/L, pois quando esse valor é ultrapassado confere um sabor salgado à água. Os cloretos podem funcionar como indicadores de poluição por esgotos sanitários ou por intrusão salina em aquíferos costeiros.

### **2.7.4. Nitrato**

As concentrações de nitrato nas águas naturais estão na faixa de 0,1 a 10 mg/L; porém, em águas muito poluídas podem chegar a 200 mg/L, e em alguns casos de áreas influenciadas por aplicações excessivas de fertilizantes, as concentrações podem ser maiores que 600 mg/L. Independente da sua origem, que também pode ser mineral, os nitratos em concentrações acima de 45 mg/L, provocam em crianças a *cianose* ou *metahemoglobinemia*, condições mórbidas associadas à descoloração da pele, em consequência de alterações no sangue.

### **2.7.5. pH**

O pH é a medida da concentração do íon hidrogénio ou de sua actividade, e é definido como o logaritmo negativo da concentração de íões de hidrogénio. De um modo geral, águas de pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto, enquanto águas de alto pH tendem a formar incrustações na maior parte das águas naturais, o pH é controlado pelo sistema de equilíbrio do gás carbónico – bicarbonatos – carbonatos.

### 2.7.6. Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica expressa quantitativamente a capacidade da água conduzir corrente eléctrica, depende da concentração total das substâncias dissolvidas ionizadas e de sua mobilidade que, por sua vez, depende da temperatura na qual a medida é realizada.

**Tabela 1:** Valores máximos permitidos.

Parâmetro	VMP (mg/L)	Parâmetro	VMP (mg/L)
Sódio	200	Cloreto	250
Nitrato	45	Sulfato	250
Alumínio	0.2	STD	1000

**Fonte:** Adaptado de Mestrinho (2005)

### 2.8. Causas de salinidade nas águas subterrâneas

Para CUSTÓDIO e LLAMAS (2010), o conhecimento desenvolvido sobre o problema mostra que há várias maneiras de um aquífero vir a sofrer intrusão salina e, de uma maneira generalista esta pode ocorrer:

- a) Devido ao excesso de exploração em regiões de irrigação de pastagens que sejam abundantemente adubadas ou pulverizadas com defensivos químicos (neste caso pode ocorrer a salinização e poluição);
- b) Devido ao bombeamento muito forte em regiões que possuem águas salgadas antigas, jurássicas, que foram depositadas em épocas muito antigas quando o mar invadiu algumas partes continentais, fato este de ocorrência geologicamente já comprovada;
- c) Devido ao bombeamento acima da capacidade de reposição nos aquíferos próximos a costa, que leva a uma diminuição no gradiente da terra em direcção ao mar, gerando um desequilíbrio de forças na interface água doce / água salina, levando esta a avançar na direcção do aquífero na terra;
- d) Ocorre ainda em regiões áridas e semiáridas, onde os solos possuem uma tendência à salinização muito forte devido à desagregação das rochas que são lavadas pelas águas das precipitações, carreando os sais da decomposição que se acumulam no subsolo em terrenos de aluvião, principalmente nos mais rasos que têm altos índices de evapotranspiração. Se a exploração destes aquíferos for muito forte, pode levar a um aumento na salinização destes.

A qualidade e quantidade das águas subterrâneas não são apenas afectadas pela super-exploração, mas também pela poluição das mesmas. A poluição pode ocorrer devido a práticas agrícolas, fossas

sépticas, infiltração de efluentes industriais, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, poluição por água salina proveniente do mar em aquíferos costeiros, por aterros sanitários, lixeiras entre outros (PEREIRA, 2004; GUN, 2012). Em muitas zonas urbanas de Moçambique as águas subterrâneas são uma importante fonte de água para o uso doméstico devido à baixa taxa de precipitação e clima árido e nestas zonas, como na cidade de Maputo, o mau sistema de saneamento, a falta de infraestruturas de abastecimento de água, a perfuração desordenada de furos e sem seguir as regras básicas de posicionamento, as profundidades de perfuração têm elevado o potencial de degradação da qualidade das águas subterrâneas (MUIUANE, 2005).

## **2.9. Variabilidade da qualidade de água em Chókwè**

A maior parte dos aquíferos do distrito do Chókwè são profundos (mais de 100 metros), variando de alta produtividade e boa qualidade de água (numa parte de Chókwè, Lionde e maior parte de Macarretane), a baixa produtividade e a qualidade medíocre da água (numa parte de Macarretane).

A parte oriental (Chilembene) possui aquíferos até 20 metros com alta produtividade e boa qualidade de água. Mais de 2/3 do território do distrito tem áreas com ocorrência de água salobra. A água no distrito de Chókwè, incluindo a cidade de Chókwè, é obtida principalmente através de furos que existem nas localidades. As áreas que estão fora do sistema de regadio não tem acesso a fontes melhoradas de água e, durante a estação seca, os seus residentes são obrigados a percorrer grandes distâncias à procura de água (Ministério de Administração Estatal, 2005).





### 3.2.1. Relevo

A topografia do terreno do distrito do Chókwè é pouco acidentada podendo ser considerada plana, com altitude compreendida entre 3 a 100 m. As zonas altas elevam-se até 70 m no Sul e ultrapassam 80 m no Norte.

### 3.2.2. Tipos de sedimentos geológicos

A figura 4 a cima descreve a geologia do distrito de Chókwè e os locais do estudo de onde obteve-se a seguinte descrição de geologia: Para o posto administrativo de Macarretane os solos são membro de arenito superior arenito conglomerático; cascalho e areia do terraço fluvial; membro médio do arenito, arenito conglomerático; areia eólica; lama da planície aluvial; areia argilosa de várzea eluvial e Aluvião, areia, lodo, cascalho. E no Posto Administrativo de Lionde e Xilembene os solos são areia argilosa de várzea eluvial; aluvião, areia, lodo, cascalho; cascalho e areia do terraço fluvial e duna interna, areia eólica vermelha.

A distribuição dos principais tipos de solo é fortemente influenciada pela geologia da zona. Os solos do distrito de Chókwè podem ser agrupados da seguinte maneira (INIA, 1995-2001):

**a) Solos dos sedimentos marinhos do Plistocénico** – Estes solos são também denominados de terraços marinhos (M1, M2, M3). Eles possuem uma camada superior (solo superficial) de areia ou areia franca e com espessura variável (20 a 80 cm). Os solos dos sedimentos marinhos possuem fraca capacidade de retenção para água e uma baixa fertilidade natural e situam-se em terrenos suavemente ondulados e relativamente elevados, sobre um subsolo fraco e argiloso de grande dureza e compacidade.

**b) Solos dos sedimentos do pleistoceno (Cm)** - São solos localizados em zonas planas, com declives geralmente inferiores a 0.5%. Estes solos são caracterizados por possuir textura argilosa e má drenagem e podem ficar inundados durante várias semanas. Em algumas áreas, a salinidade e sodicidade são mais ou menos fortes no subsolo onde a água subterrânea é fortemente salina.

**c) Solos profundos, moderadamente bem drenados, de textura média e de fertilidade natural moderada e baixa (Aa, Aag, Ab, Aj)** - Estes solos não possuem problemas de salinidade e sodicidade, onde o lençol freático está a uma profundidade superior a 10 m. Estes, localizam-se em terrenos ligeiramente ondulados a Noroeste da Cidade de Chókwè e a leste do posto de Xilembene.

**d) Solos que se desenvolveram em sedimentos recentes do rio Limpopo (*Fs, Fa*)** - Estes solos ocupam toda zona dos meados do rio, tal como a bolsa de Xilembene e a área compreendida entre as aldeias de Chiguidela e Chalucane. São solos tradicionalmente usados intensivamente pelo sector familiar (VALÁ, 1996).

### 3.3. Colecta de amostras

A pesquisa abrangeu as comunidades de Mapapa, Chiaquelane e sede do Posto Administrativo de Lionde. A análise hidroquímica englobou todas as fontes subterrâneas em uso para o consumo humano (poços artesianos quanto os sistemas de bombagem manual ou eléctrica).

A rede de monitoramento para este estudo foi composta por vários pontos de amostragem distribuídos ao longo das localidades. Estes pontos foram seleccionados tendo como base o tipo de geologia onde as fontes de água estavam localizadas, de modo a determinar as características físico-químicas da água e identificar possíveis alterações nestas águas em função de interferências antrópicas no meio físico, como mostram as figuras 5 e figura 6.



**Figura 5:** Locais que foram abrangidos pelo estudo.

### **3.4. Número de amostras colectadas**

Devido a variabilidade geológica entre os postos administrativos assim como nas localidades, a colecta das amostras seguiu critério de representatividade. Em Chiaquelane colectou-se três (03), sendo uma) no limite entre Chiaquelane e Mapapa, a segunda na sede e a terceira na zona de expansão, em Mapapa foi uma (1) amostra na rede de distribuição de FIPAG, a sede do Posto Administrativo de Lionde foram colectadas três (3), a primeira na sede, a segunda no bairro de Gadjane e a última na zona do ISPG, totalizando 7 amostras. As colectas foram realizadas no período de 30 dias na época de verão. Após a colecta, as amostras foram levados ao laboratório para a avaliação dos parâmetros hidroquímicos. Para a colecta de amostras foram usados recipientes plásticos. Após a colecta das amostras elas foram devidamente celadas e armazenadas em caixas isotérmicas até a avaliação das amostras de forma a evitar a influência do externo e minimizar os riscos de serem corrompidas.

### **3.5. Análise de parâmetros hidroquímicos da água**

A análise hidroquímica consistiu na identificação das faces hidroquímicas usando o diagrama de Piper. Nas amostras colectadas, foram analisados os parâmetros hidroquímicos como as concentrações iónicas dos catiões de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ) e dos aniões Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), e Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Estes iões são os principais componentes inorgânicos nas águas subterrâneas.

Os resultados obtidos foram comparados com a tabela de padrões de potabilidade de água para consumo humano estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde e padrões estabelecidos em Moçambique, que se encontra abaixo descrita. Diploma ministerial nº 180/2004.

### **3.6. Identificação da abundância dos iões principais nas águas subterrâneas**

Após os resultados laboratoriais dos parâmetros hidroquímicos, foi feito o cálculo do balanço iónico onde os resultados foram apresentados em diagramas de Pie e tabela de resumo da composição iónica da água. Após do cálculo da concentração dos iões em meq/L, a ordem de abundância foi identificada ordenando os catiões assim como os aniões de maior para menor valor, ou vice-versa.

### **3.7. Classificação da qualidade de água**

A classificação dos padrões de qualidade de água, consistiu na comparação dos resultados obtidos nas análises laboratoriais com os valores máximos permitidos do diploma ministerial nº 180/2004 DO MINISTERIO DE SAÚDE para o consumo humano, incluindo os padrões de potabilidade estabelecidos pela organização mundial de saúde (OMS, 2003 e OMS, 2011).

### **3.8. Análise e interpretação de dados**

Na análise e interpretação de dados fez-se a comparação entre os valores médios para aferir se há ou não diferença significativa entre a qualidade de água assim como os parâmetros físico químicos nos diferentes pontos de colecta das amostras de água. O pacote estatístico usado foi Minitab para avaliação das homogeneidades das variâncias, normalidade dos dados e a variabilidade usando-se a caixa de dispersão o mais conhecido por *Box Plot*.

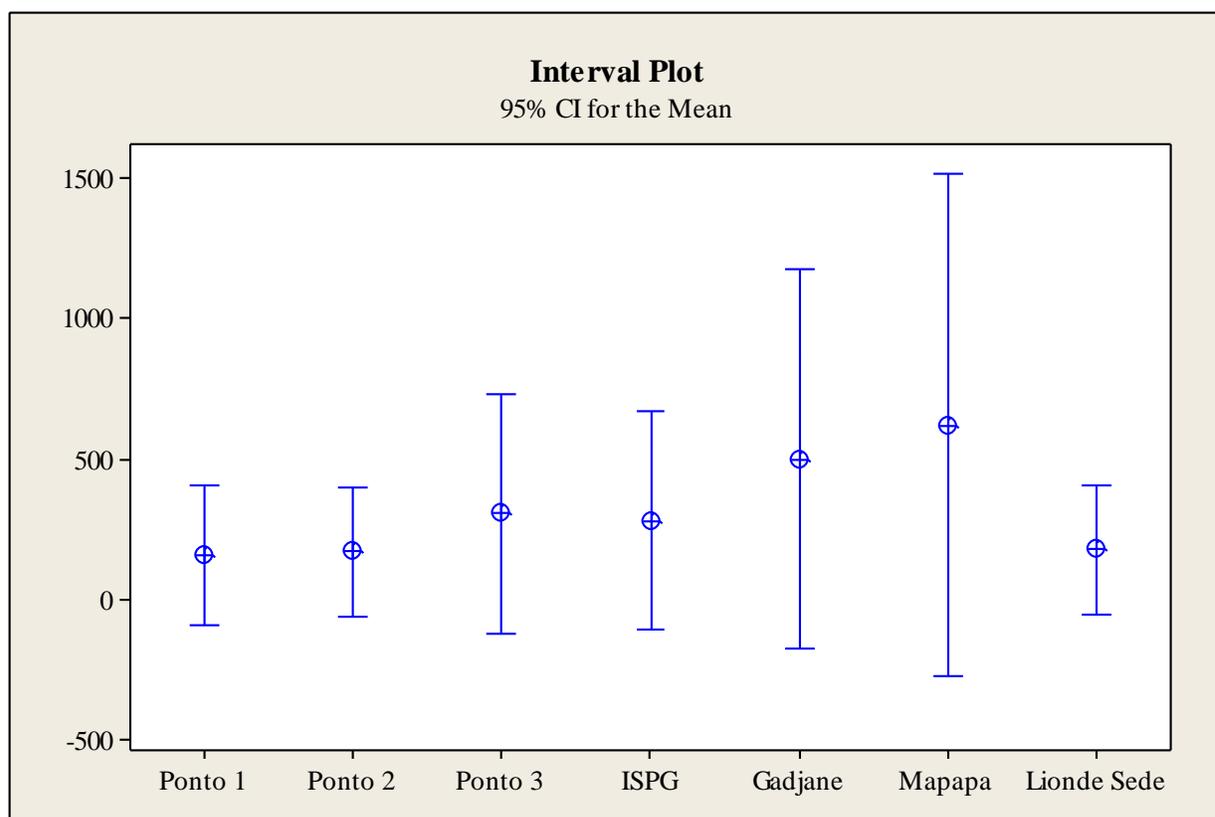
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Parâmetros hidroquímicos da água subterrânea

Em seguida vêm apresentados as figuras dos resultados analisados em sete (7) pontos dos sistemas, abrangendo doze (10) parâmetros nomeadamente: Cloretos, Amoníaco, Cálcio, Magnésio, Ferro total, Sulfatos, Bicarbonatos, Potencial hidrogénio, Condutividade eléctrica e sólidos totais dissolvidos referentes à amostragem realizada num período de um (1) mês. As figuras aduzem os resultados de acordo com os limites estabelecidos pelo regulamento n° 180/2004 de 15 de setembro sobre o regulamento da qualidade de água para o consumo humano em Moçambique.

A figura 6 indica a variabilidade da concentração dos parâmetros acima apresentados por unidade dos furos analisados, dos quais foi possível constatar que o furo de Mapapa, extremidade de Chiaquelane (ponto 3) e Lionde (Gadjane), foram os furos que contribuíram em maior concentração no elevado teor encontrado nas águas consumidas nos pontos estudados.

De acordo com o gráfico interval plot feito a 5% de significância, Mapapa apresenta maior variabilidade da concentração dos parâmetros e em seguida o Gadjane. A menor variabilidade é observada em Lionde, ponto1 e ponto2.



**Figura 6:** Resultados hidroquímicos, colhidos por cada um dos furos.

#### **4.1.1. Variação da concentração dos cloretos**

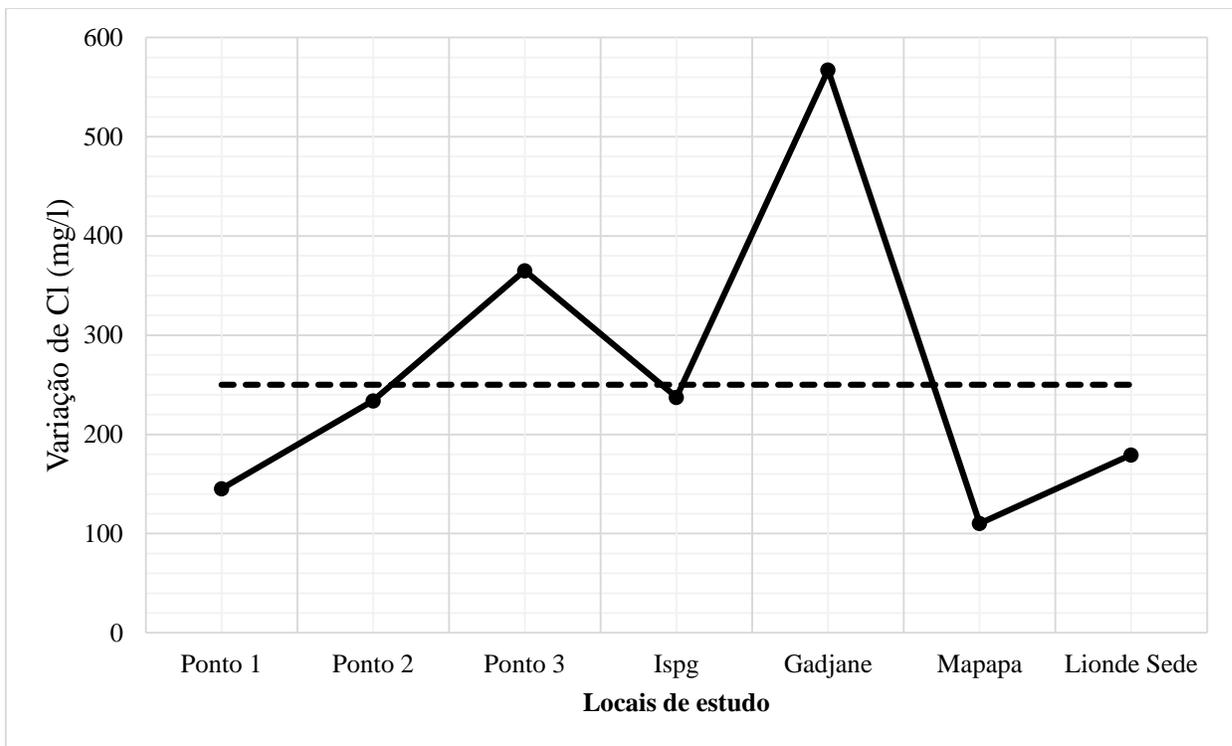
Para este parâmetro obtiveram-se os seguintes valores nos locais de colecta: Ponto1=145.35mg/l, Ponto2=233.97mg/l, Ponto3=365,14mg/l, ISPG= 237.52mg/l, Gadjane=567.2mg/l, Mapapa= 110.31mg/l e Lionde Sede=179,4mg/l. Observa-se que o Ponto 3 e Gadjane ultrapassaram o limite estabelecido pela OMS (2003-2011) que é de 250mg/l. O Ponto 1, Ponto 2, ISPG, Mapapa e Lionde Sede encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (2003-2011). Observa-se maior concentração de cloretos no Gadjane e menor concentração em Mapapa.

Para Diploma Ministerial nº 180/2004, afirma que as concentrações acima dos padrões estabelecidos de água para o consumo humano têm sabor desagradável e causa corrosão. E para legislação de água para consumo humano diz que elevadas concentrações de cloretos indicam eventual contacto com esgoto doméstico.

No estudo similar o Saveca (2017), obteve nos sete pontos estudados em Chiaquelane os seguintes resultados da concentração do cloreto 245.200mg/l, 275.00mg/l, 217.200mg/l, 198.700mg/l, 796.300mg/l, 90.500mg/l, 39.480mg/l, respectivamente. Comparando estes resultados com os resultados obtidos no Ponto 1, 2 e 3 representados na figura 7, verifica-se uma tendência similar na variação espacial do cloreto do local.

Segundo LOIOLA (2012) em águas subterrâneas nas regiões semiáridas pode atingir valores muito altos devido a concentração de íon cloreto o que pode influenciar a má qualidade de água para o consumo humano, criando sabor desagradável e corrosão.

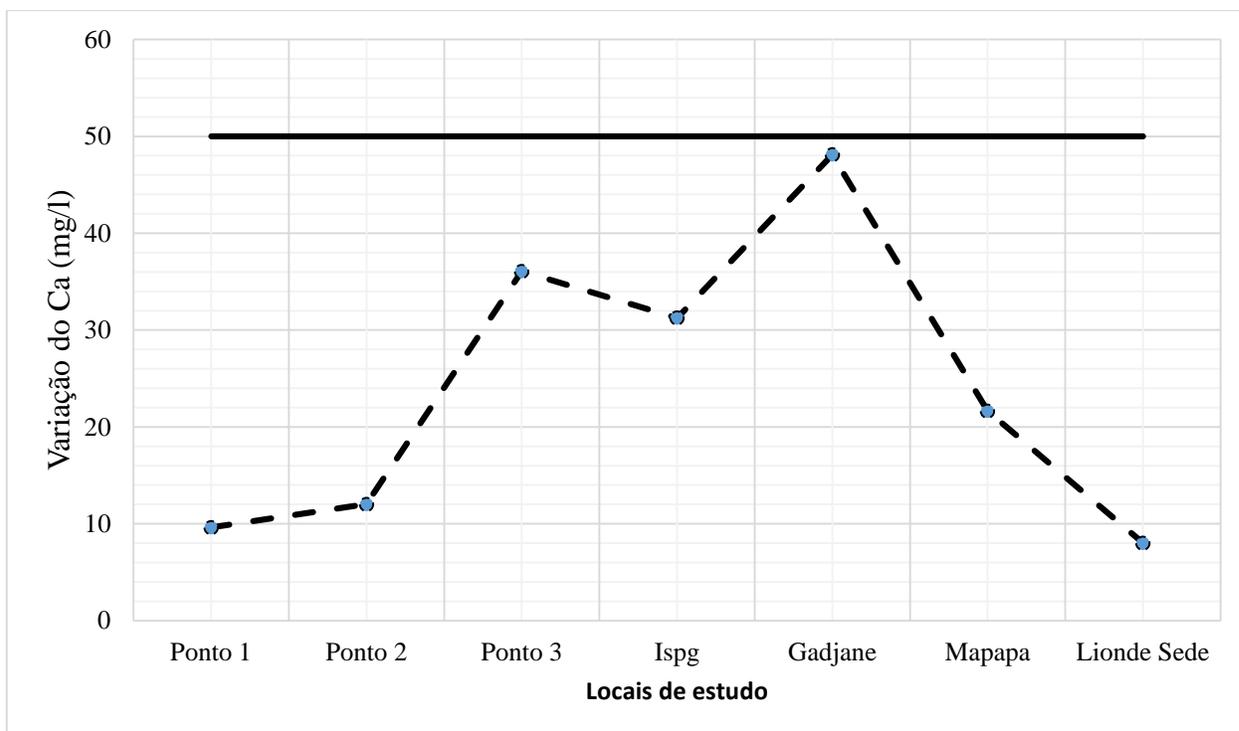
Os pontos 2 e 3 encontram-se bem próximos do limite estabelecido e apesar de ainda estarem dentro dos padrões podem apresentar um perigo futuramente.



**Figura7:** Variação da concentração dos cloretos.

#### 4.1.2. Variação da concentração do Cálcio

No que tange a concentração do cálcio na água dos sete pontos, obtiveram-se os seguintes valores por cada ponto: ponto1=9,62mg/l; ponto2=12,02mg/l; ponto3=36,07mg/l; Gadjane=48,1mg/l; ISPG=31,26mg/l; Lionde-Sede=8,02mg/l. Notou-se que em todos pontos correspondem aos padrões de potabilidade exigidos pelo diploma ministerial nº 180/2004 de 15 de setembro, o que significa que não há aumento da dureza da água nos poços. Obteve-se a concentração máxima de cálcio em Gadjane e a concentração mínima em Lionde-Sede e os valores obtidos nestes pontos são 48.1 e 8.02 mg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados encontram-se muito acima dos resultados obtidos pelo Saveca (2015), que variam de 2.14 a 20.56 mg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, em razão das épocas chuvosas e secas factores que interferem na composição de água da recarga onde as substâncias dissolvidas tendem a aumentar a medida que percola os diferentes aquíferos, cujo comportamento similar é citado por Azevedo (2014).

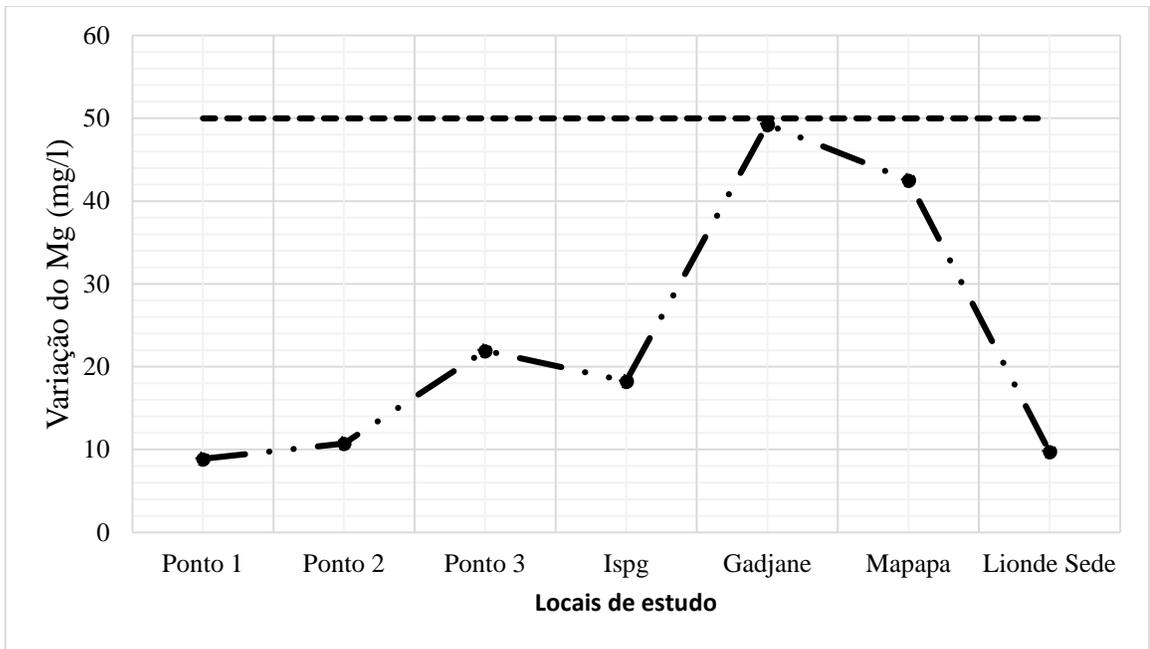


**Figura 8:** Variação da concentração do cálcio.

#### 4.1.3. Variação da concentração do Magnésio

Como resultado da análise laboratorial da concentração do magnésio, foram obtidos os seguintes valores: ponto1=8,88mg/l; ponto2=10,73mg/l; ponto3=21,94mg/l; gadjane=49,26mg/l; ISPG=18,24mg/l; Lionde-sede=10,00mg/l. Este parâmetro, como pode se notar na figura 10 abaixo, as suas concentrações encontram-se abaixo do limite máximo admissível nas condições propostas pelo DM180/2004 do MISAU, tendo atingido o pico simplesmente em Gadjane.

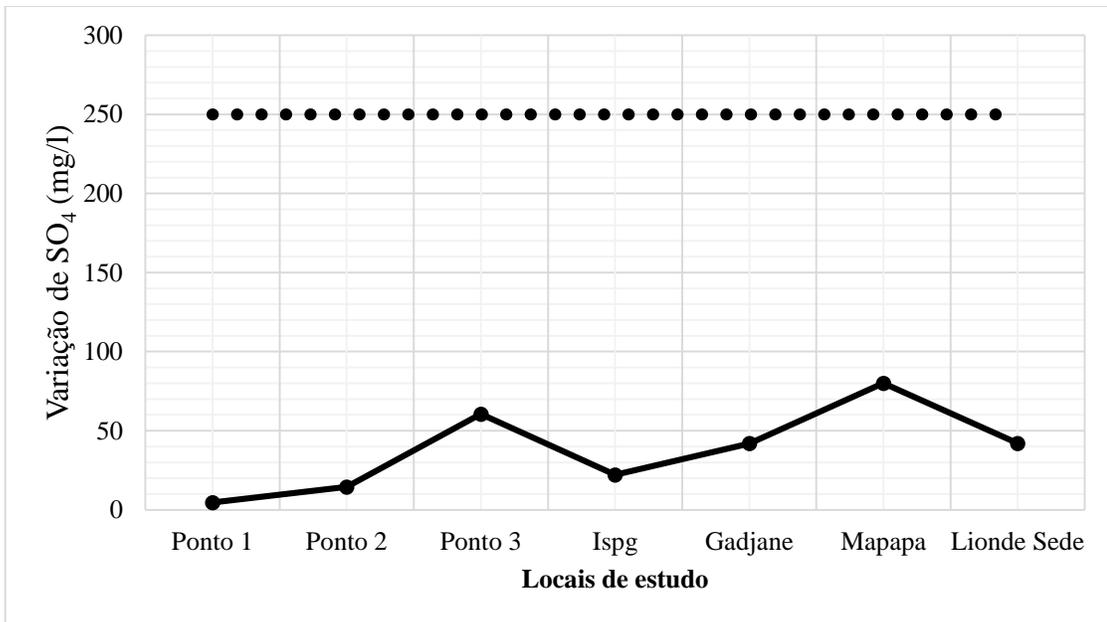
O limite fixado no DM180/2004 que é  $50 \text{ mg l}^{-1}$  sendo que a cima dessa concentração gera um sabor desagradável na água. No local de estudo, os valores mínimo e máximo, respectivamente situam-se a  $8.88 \text{ mg l}^{-1}$  e  $49.26 \text{ mg l}^{-1}$ , registados no Ponto 1 e Gadjane, respectivamente.



**Figura 9:** Variação da concentração do Magnésio.

#### 4.1.4. Variação da concentração dos sulfatos

Os valores obtidos dos sulfatos foram os seguintes: ponto1=4,59mg/l; ponto2=14,45mg/l; ponto3=60,51mg/l; Gadjane=41,89mg/l; ISPG=22,09mg/l, sendo que para este estudo, situou se abaixo do limite estabelecido de  $250 \text{ mg l}^{-1}$ . A maior concentração destes na água, dá origem a mau sabor e corrosão.

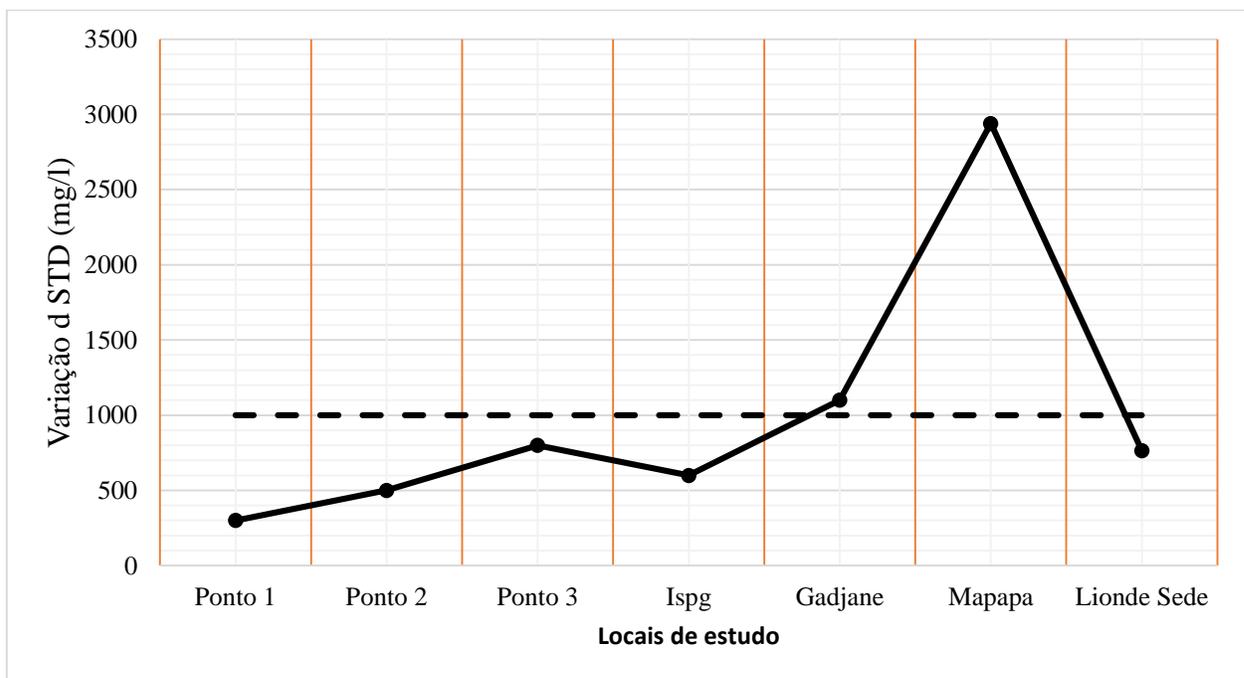


**Figura 10:** Variação da concentração dos sulfatos.

#### 4.1.5. Variação espacial de STD

Este parâmetro teve como resultado da análise o seguinte: ponto1=300mg/l; ponto2=500mg/l; ponto 3=800mg/l; gadjane=1100mg/l; ISPG=600mg/l; Lionde-sede=790mg/l, como pode se notar na figura 12 abaixo, as suas concentrações encontram se acima do limite máximo admissível nas condições propostas pelo DM180/2004 do MISAU, com maior incidência em Gadjane e Mapapa, sendo que para os pontos 1, 2, 3, ISPG e Lionde Sede, a situação é contrária, a química da água corresponde aos requisitos.

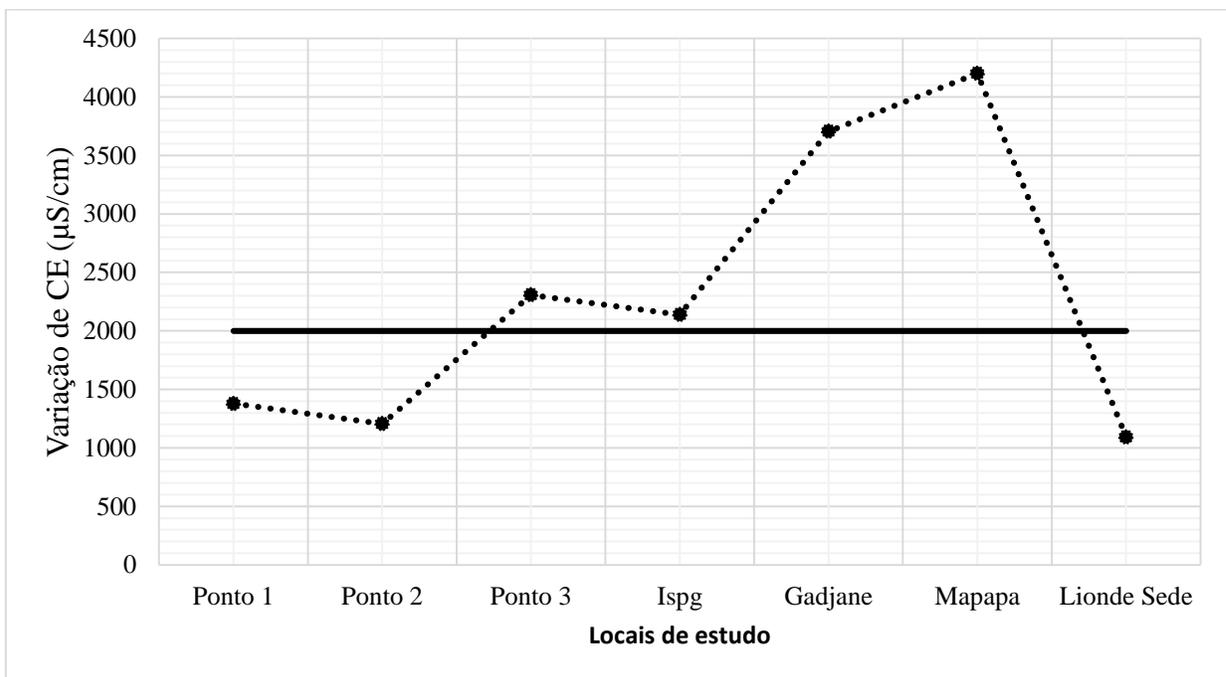
O limite fixado no DM180/2004 que é  $1000 \text{ mg l}^{-1}$ , sendo que no local de estudo, os valores mínimo e máximo, respectivamente variam de  $300 \text{ mg l}^{-1}$  a  $2940 \text{ mg l}^{-1}$ . A concentração de sólidos totais dissolvidos na água maiores que o limite estabelecido significa que a água tem sabor desagradável, para este estudo podendo ser o caso de Gadjane e Mapapa. Para Saveca (2017), os resultados obtidos no seu estudo encontram-se dentro dos limites, excepto um ponto que ultrapassou o limite atingindo  $1806.393 \text{ mg l}^{-1}$ .



**Figura11:** Variação de STD.

#### 4.1.6. Variação da Condutividade eléctrica (CE)

Feitas as análises foram encontrados os seguintes resultados: ponto1=1400 $\mu$ S/cm; ponto2=1200 $\mu$ S/cm; ponto3=2300 $\mu$ S/cm; Gadjane=2100 $\mu$ S/cm; ISPG=3700 $\mu$ S/cm; Lionde-sede=1100 $\mu$ S/cm. Verifica-se que os Pontos 1, 2 e Lionde-sede se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos. O caso contrário é notório no Ponto 3, ISPG e Gadjane. A condutividade eléctrica é um parâmetro químico que dita a presença de catiões ou aniões que conduzem a corrente eléctrica, apesar de não fornecer medidas reais da concentração de um determinado anião ou catião presente, ela nos dá uma noção bastante boa da salinidade total. Os valores variam de 1093 a 4200 $\mu$ S/cm, respectivamente.



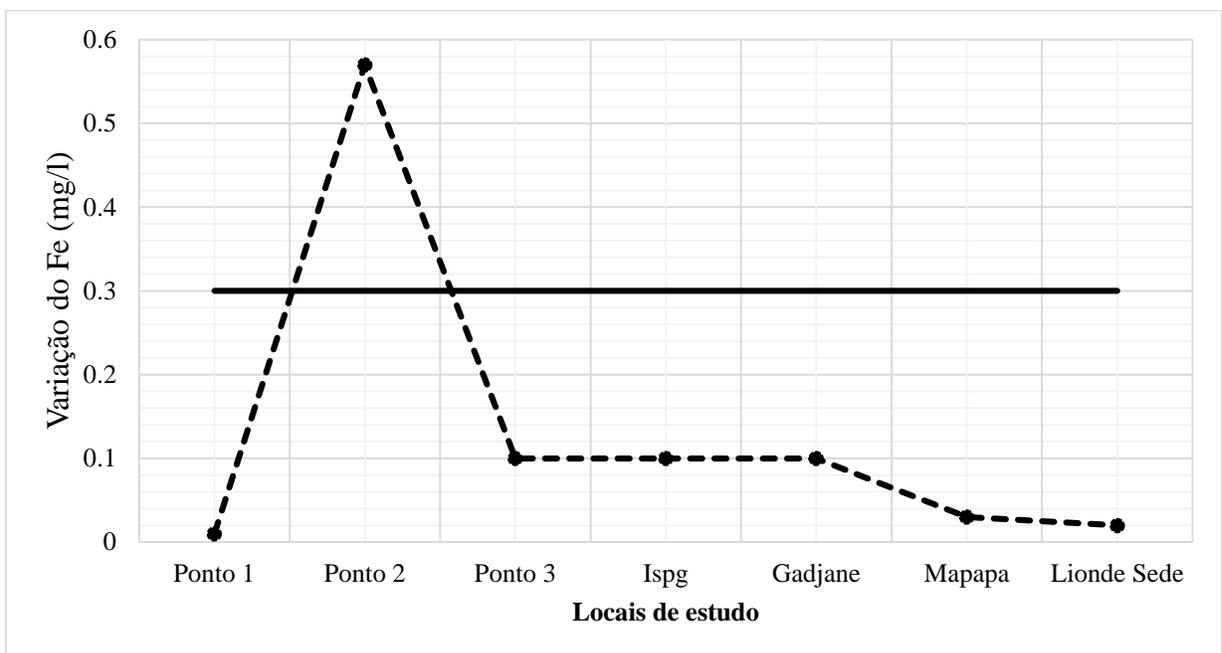
**Figura12:** Variação da condutividade eléctrica.

#### 4.1.7. Variação da concentração do ferro (Fe)

Na figura 14, os pontos 1, 3, ISPG, Gadjane, Mapapa e Lionde Sede estão abaixo do limite estabelecido pela OMS (2003-2011) diferente do Ponto 2 que está fora dos limites estabelecidos pela mesma organização. Os resultados obtidos nos pontos 1, 2, 3, ISPG, Gadjane, Mapapa e Lionde Sede são 0.01mg/l, 0.57mg/l, 0.1mg/l, 0.1mg/l, 0.1mg/l, 0.03mg/l e 0.02mg/l, respectivamente.

Para o DM180/2004 os valores estão fora do padrão normal estabelecido para água do consumo humano trazem consigo vários problemas podendo causar necrose hemorrágica.

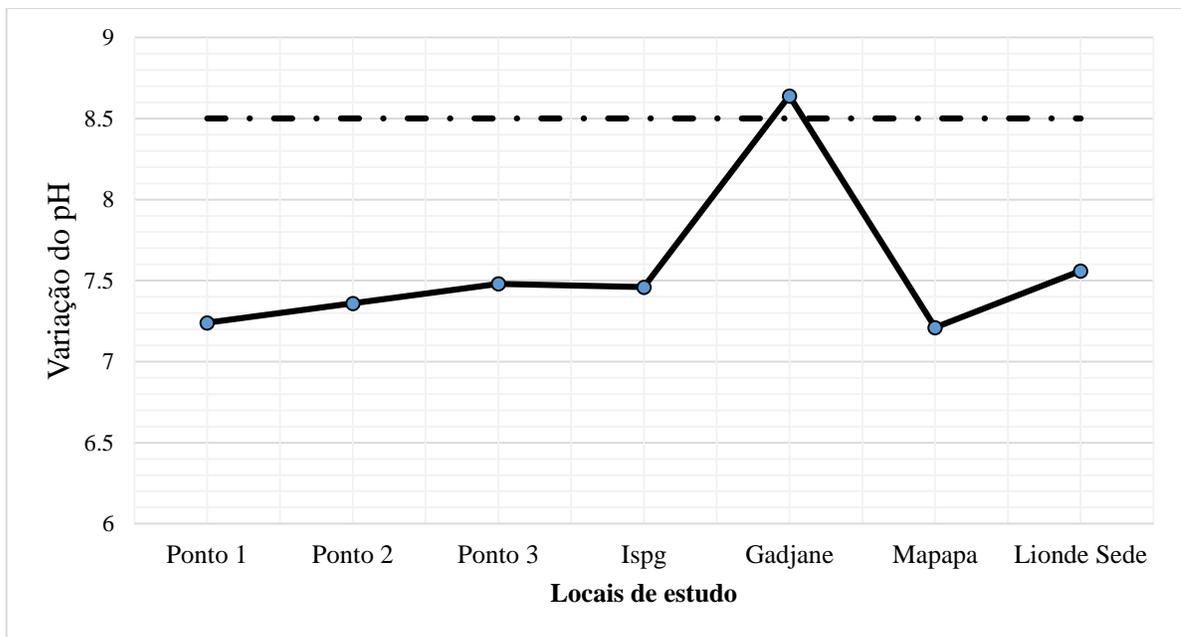
O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L (MENEZES *et al*, 2013).



**Figura13:** Variação da concentração do ferro (Fe).

#### 4.1.8. Variação do Potencial hidrogênio (pH)

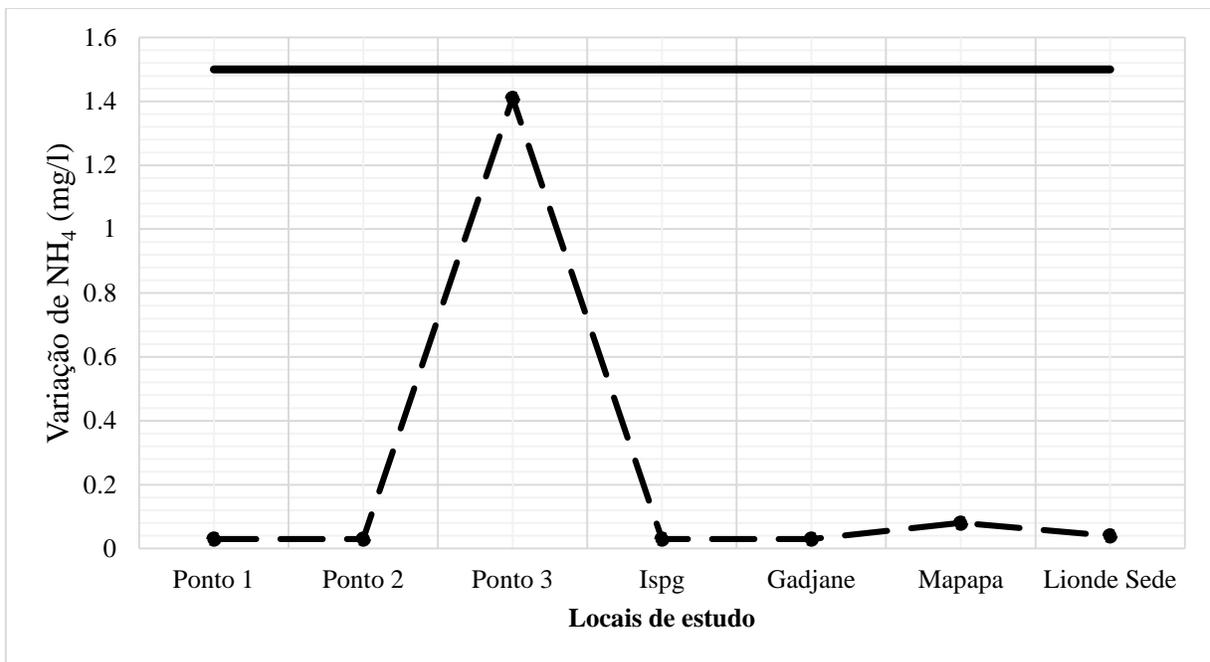
De acordo com as análises feitas obtiveram os seguintes valores; ponto1=7.3, ponto2=7.4, ponto3=7.5, gadjane=8.7, ispg=7.2, lionde sede=7.6. Todos os pontos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo DM180/2004 excepto o Gadjane. As águas têm tendências alcalinas, dado que ambos resultados obtidos são maiores que 7.0 que representa neutralidade. pH fora do intervalo de 6.5 a 8.5 podem causar corrosão, irritação na pele e não ter sabor.



**Figura14:** Variação do potencial hidrogénico (pH).

#### 4.1.9. Variação da concentração do amónio (NH<sub>4</sub>)

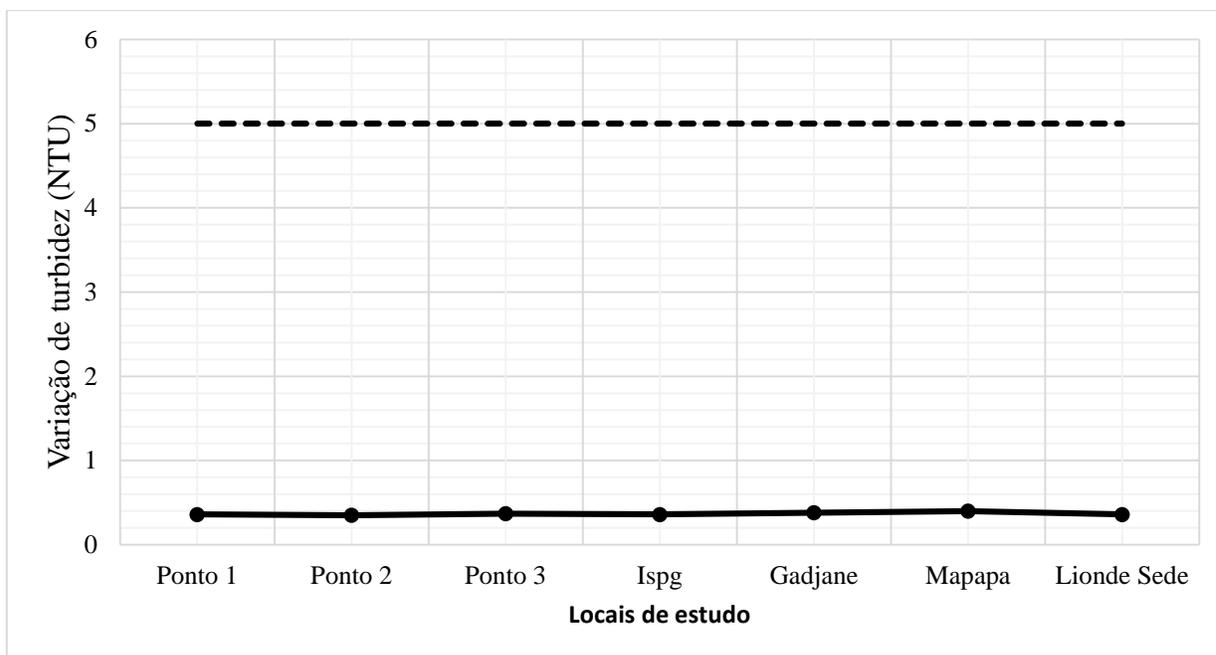
Os resultados de amónio foram; ponto1=0.05, ponto2=0.05, ponto3=1.42, gadjane=0.05, mapapa=0.15, londe sede=0.05. Todos os valores obtidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos, apesar de Ponto três demonstrar uma subida brusca em relação aos outros não atingiu o limite estabelecido. De acordo com DM180/2004, os dados fora deste limite estabelecido de 1.5 mg<sup>l</sup><sup>-1</sup> não tem sabor e tem cheiro desagradável, sendo assim, imprópria para o consumo humano.



**Figura15:** Variação da concentração do amónio ( $\text{NH}_4$ ).

#### 4.1.9.1. Variação da turbidez

No que concerne a turbidez a figura 17 a seguir ilustra resultados obtidos nos sete pontos estudados onde obteve-se a seguinte variação dos valores conforme a sequência 0.36NTU, 0.35NTU, 0.37NTU, 0.36NTU, 0.38NTU, 0.40NTU e 0.36 NTU, respectivamente. A turbidez em ambos pontos tem uma tendência similar arriscando dizer uma distribuição uniforme não podendo exceder o limite estabelecido pelo DM180/2004 de 5 UTN. Já que os resultados encontram-se muito abaixo do limite não apresenta dificuldades na desinfecção e nem aparência de sólidos suspensos.



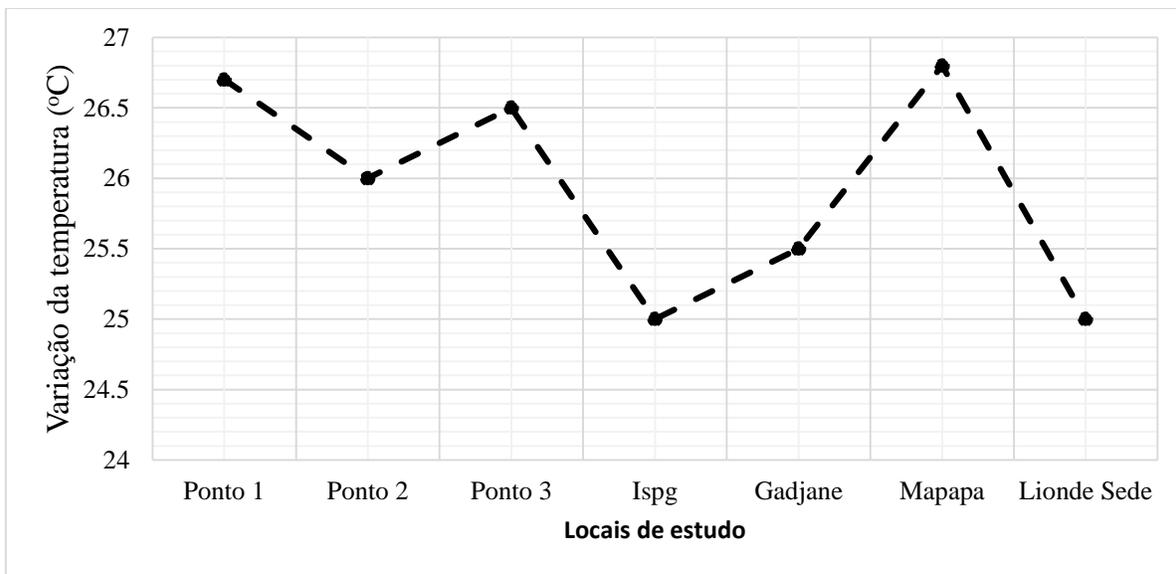
**Figura16:** Variação da turbidez.

#### 4.1.9.2. Variação da concentração da temperatura (°C)

A figura 18 ilustra a variação da temperatura nos sete pontos do estudo onde obteve-se os seguintes resultados 26.7 °C, 26 °C, 26.5 °C, 25 °C, 25.5 °C, 26.8 °C e 25 °C para Ponto 1, 2, 3, ISPG, Gadjane, Mapapa e Lionde Sede, respectivamente. Estes resultados coincidem com os resultados obtidos pelo Saveca (2017) que obteve suas temperaturas variando de 25 a 30 °C.

Medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogénicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas) (Morais *et al*, 2016).

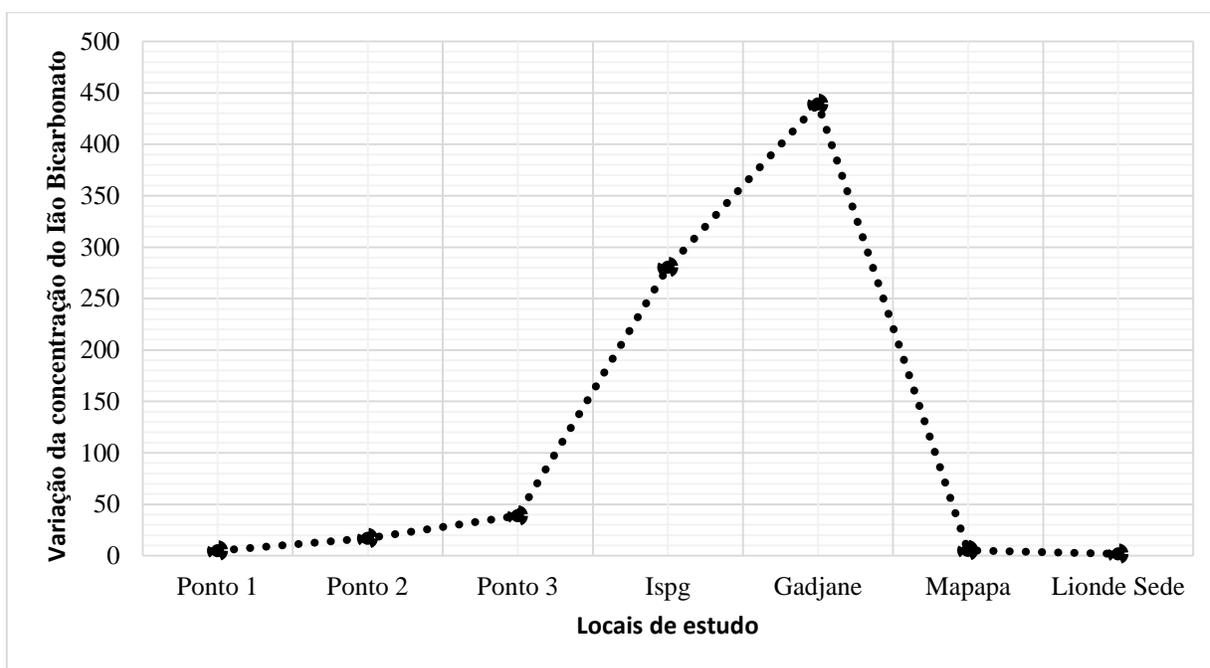
O seu monitoramento é importante, visto que elevações de temperatura aumentam a velocidade de reacções químicas em meio aquoso, aumentam a taxa de transferência dos gases do meio líquido para o atmosférico e diminuem a solubilidade do oxigênio dissolvido e de outros gases em água. Assim, sua análise deve ser realizada conjuntamente com outros parâmetros de qualidade da água (MORAIS *et al*, 2016).



**Figura17:** Variação da temperatura.

#### 4.1.9.3. Variação da concentração do ião bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )

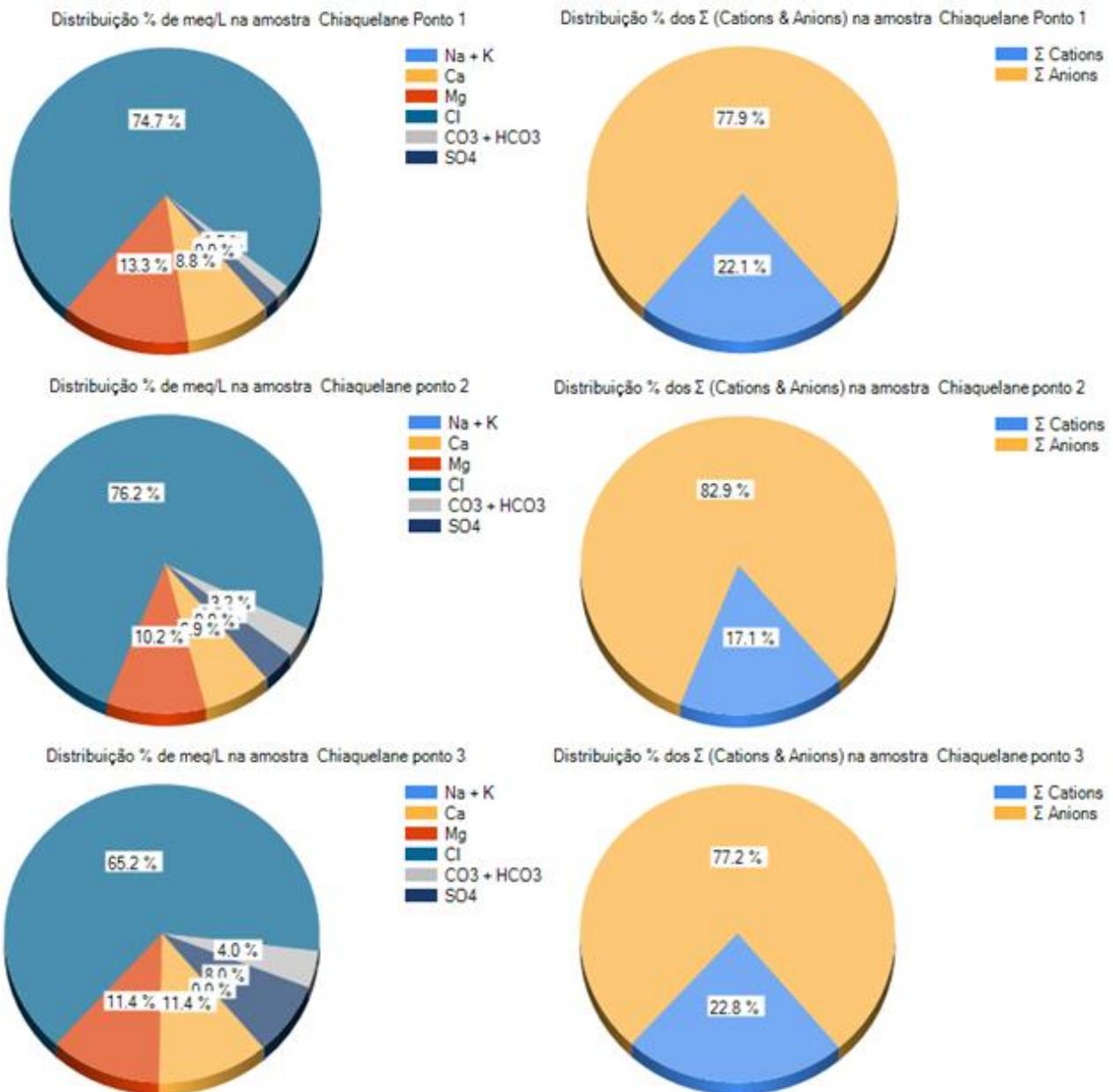
No que tange aos resultados do ião bicarbonato foram; ponto1=4.88mg/l, ponto2=17.08mg/l, ponto3=39.04mg/l, gagjane=439.2mg/l, mapapa=5.20mg/l, ispg=280.06mg/l, lionde sede=1.90mg/l, neste caso verifica-se máximas concentrações no ISPG e Gadjane podendo atingir os seguintes valores máximos 280.6 e 439.2  $\text{mg l}^{-1}$ , respectivamente. E no Ponto 1, 2, 3, Mapapa e Lionde Sede foram obtidos os seguintes valores mínimos 4.88mg/l, 17.08mg/l, 39.04mg/l, 5.20mg/l e 1.90  $\text{mg l}^{-1}$ , respectivamente.



**Figura18:** Variação da concentração do íon bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$ .

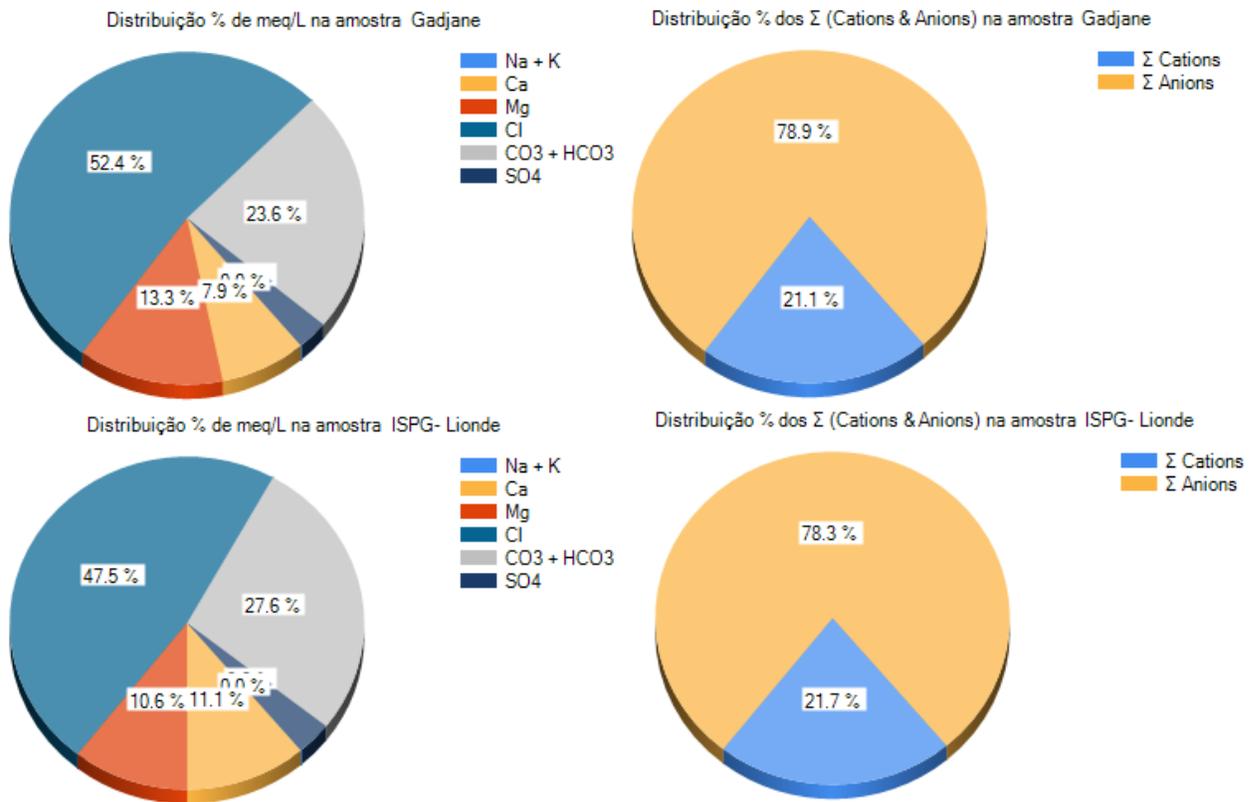
#### 4.2. Identificação da ordem de abundância dos principais íões na água subterrânea

A figura 20 a seguir mostra a distribuição percentual dos parâmetros hidroquímicos bem como a distribuição percentual do somatório dos aniões e catiões do Ponto 1, 2 e 3, onde constatou-se que o sódio combinado com potássio ocupa maior percentagem seguido de magnésio, cálcio, cloro, sulfato e por fim íon bicarbonato, no que concerne a distribuição iônica, os valores de aniões e catiões nos Pontos 1, 2 e 3 são 77.9% e 22.1%, 82.9% e 17.1% e 77.2% e 22.8%, respectivamente.



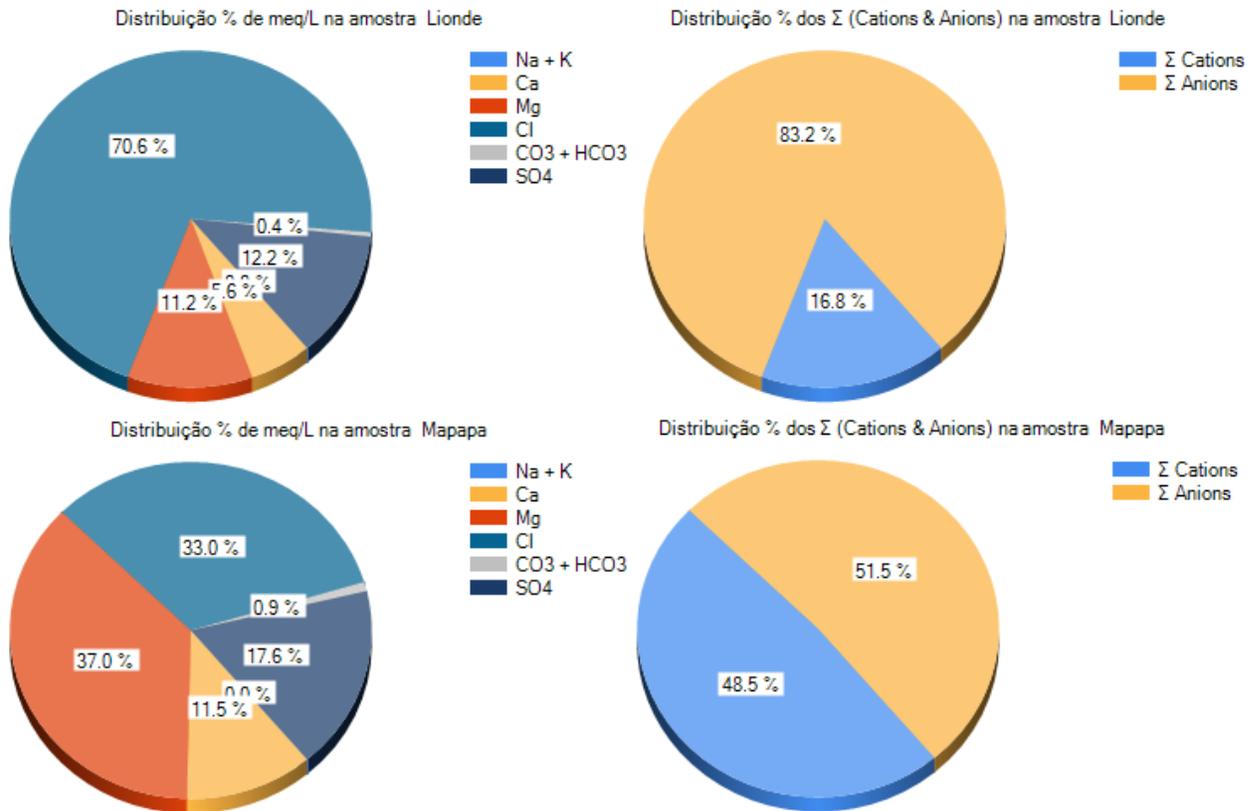
**Figura19:** Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões do Ponto 1, 2 e 3.

A mesma análise fez se para os resultados de Gadjane e do ISPG - Lionde ilustrados pela figura 21 a seguir, onde verifica-se a maior distribuição percentual do Sódio combinado com potássio com 52.4% em Gadjane e 47.5% em ISPG-Lionde, seguindo o Ião bicarbonato com 23.6% em Gadjane e 27.6% em ISPG-Lionde e por fim 0% para sulfatos em ambos pontos. No que tange a distribuição percentual do somatório dos aniões e catiões, verificou-se em ambos pontos a maior percentagem nos aniões variando de 78.9% para Gadjane e 78.3% para ISPG-Lionde.



**Figura 20:** Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões de Gadjane e ISPG-Lionde.

Para Lionde e Mapapa, observa-se na figura 22, há uma alteração da distribuição percentual dos parâmetros hidroquímicos onde a Lionde permaneceu com altas percentagens em sódio combinado com potássio atingindo 70.6%, já em Mapapa surge o contrário a maior distribuição percentual dos parâmetros hidroquímicos situa-se no magnésio com 37% seguido de sódio combinado com potássio com 33%. Quanto a distribuição percentual dos aniões e catiões a figura de Lionde ilustra maior percentagem nos aniões com 83.2% e catiões 16.8%. Para Mapapa quase a situação da distribuição iónica ia se equilibrar mas os aniões representam a maior percentagem com 51.5% e catiões com 48.5%.



**Figura 21:** Distribuição percentual hidroquímica e somatório dos aniões e catiões de Mapapa e Lionde.

A tabela 2 a seguir ilustra o resumo dos valores dos parâmetros hidroquímicos dos resultados obtidos da água dos sete pontos estudados, vendo as observações é possível perceber que os Pontos 1, 2, 3, Gadjane, ISPG, Lionde não atendem os padrões estabelecidos ao balanço iônico 1 e nem dois, apenas o Mapapa atende os padrões estabelecidos no balanço iônico 2.

**Tabela 2:** Resumo dos resultados do balanço iônico dos sete pontos do estudo.

Nome da Amostra	a + K (meq/L)	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)	Cl (meq/L)	CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub> (meq/L)	SO <sub>4</sub> (meq/L)	C.E. (μS/cm)	Σ Cations (meq/L)	Σ Anions (meq/L)	B.I. I (%)	B.I. II (%)	Observações
Chiaquelane Pon...	0.0000	0.4809	0.7303	4.1003	0.0800	0.0956	1379	1.2112	4.2759	111.71	55.85	Não atende B.I. 1 e 2
Chiaquelane pont...	0.0000	0.6009	0.8824	6.6003	0.2799	0.3008	1206	1.4833	7.1811	131.52	65.76	Não atende B.I. 1 e 2
Chiaquelane pont...	0.0000	1.8031	1.8043	10.3006	0.6399	1.2598	2308	3.6075	12.2003	108.72	54.36	Não atende B.I. 1 e 2
Gadjane	0.0000	2.4045	4.0511	16.0007	7.1985	0.8721	3705	6.4557	24.0714	115.41	57.71	Não atende B.I. 1 e 2
ISPG- Lionde	0.0000	1.5627	1.5001	6.7004	3.8930	0.4599	2139	3.0627	11.0533	113.21	56.61	Não atende B.I. 1 e 2
Lionde	0.0000	0.4009	0.8027	5.0609	0.0311	0.8744	1093	1.2036	5.9665	132.85	66.43	Não atende B.I. 1 e 2
Mapapa	0.0000	1.0818	3.4985	3.1118	0.0852	1.6656	4200	4.5803	4.8627	5.98	2.99	Não atende B.I. 1

**Balanço Iônico N°1**  
Baseado no Erro prático [Ep], definido por Custódio e Llamas (1983) como:

$$Ep (\%) = \frac{r \sum \text{ânions} - r \sum \text{cations}}{r \sum \text{ânions} + r \sum \text{cations}} \times 200$$

o erro Teórico é o E.P. máximo permitido considerando-se a condutividade elétrica [C.E.], conforme mostrado abaixo:

Cond. Elétrica [μS/cm]	50	200	500	2.000	> 2.000
Erro permitido (%)	30	10	8	4	< 4

Fatores de conversão  
Mg/L → Meq/L

Número de Amostras

7

**Balanço Iônico N°2**  
Baseado no Erro prático [Ep] definido por Logan (1965), dado como:

$$Ep (\%) = \frac{r \sum \text{ânions} - r \sum \text{cations}}{r \sum \text{ânions} + r \sum \text{cations}} \times 100$$

O erro Teórico é o E.P. máximo permitido levando-se em consideração os valores dos íons, conforme mostrado abaixo:

Σ cations ou Σ ânions	< 1	1	2	6	10	30	> 30
Erro permitido (%)	15	10	6	4	3	2	1

### 4.3. Classificação da qualidade de água usada para o consumo

No que tange a classificação das águas nos sete pontos estudados foi possível perceber conforme a tabela 3, que os Pontos 1, 2, 3 de chiaquelane, Gadjane, Lionde e Mapapa pertencem as faces hidroquímicas Magnésiana Cloretada e o ISPG-Lionde pertence as faces hidroquímicas cálcica, Cloretada.

**Tabela 3:** Classificação das águas/ faces hidroquímicas.

Nº	Nome da Amostra	Na + k (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO3+HCO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	Classificação das Águas
1	Chiaquelane Ponto 1	0.00	9.62	8.88	145.35	4.88	4.59	Magnésiana Cloretada
2	Chiaquelane ponto 2	0.00	12.02	10.73	233.97	17.08	14.45	Magnésiana Cloretada
3	Chiaquelane ponto 3	0.00	36.07	21.94	365.14	39.04	60.51	Magnésiana Cloretada
4	Gadjane	0.00	48.10	49.26	567.20	439.20	41.89	Magnésiana Cloretada
5	ISPG- Lionde	0.00	31.26	18.24	237.52	237.52	22.09	Cálcica Cloretada
6	Lionde	0.00	8.02	9.76	179.40	1.90	42.00	Magnésiana Cloretada
7	Mapapa	0.00	21.64	42.54	110.31	5.20	80.00	Magnésiana Cloretada

A figura 22 a seguir ilustra o diagrama de Piper com as faces hidroquímicas das águas colectas em Chiaquelane ponto 1, 2 e 3, Gadjane, Lionde, ISPG e Mapapa.

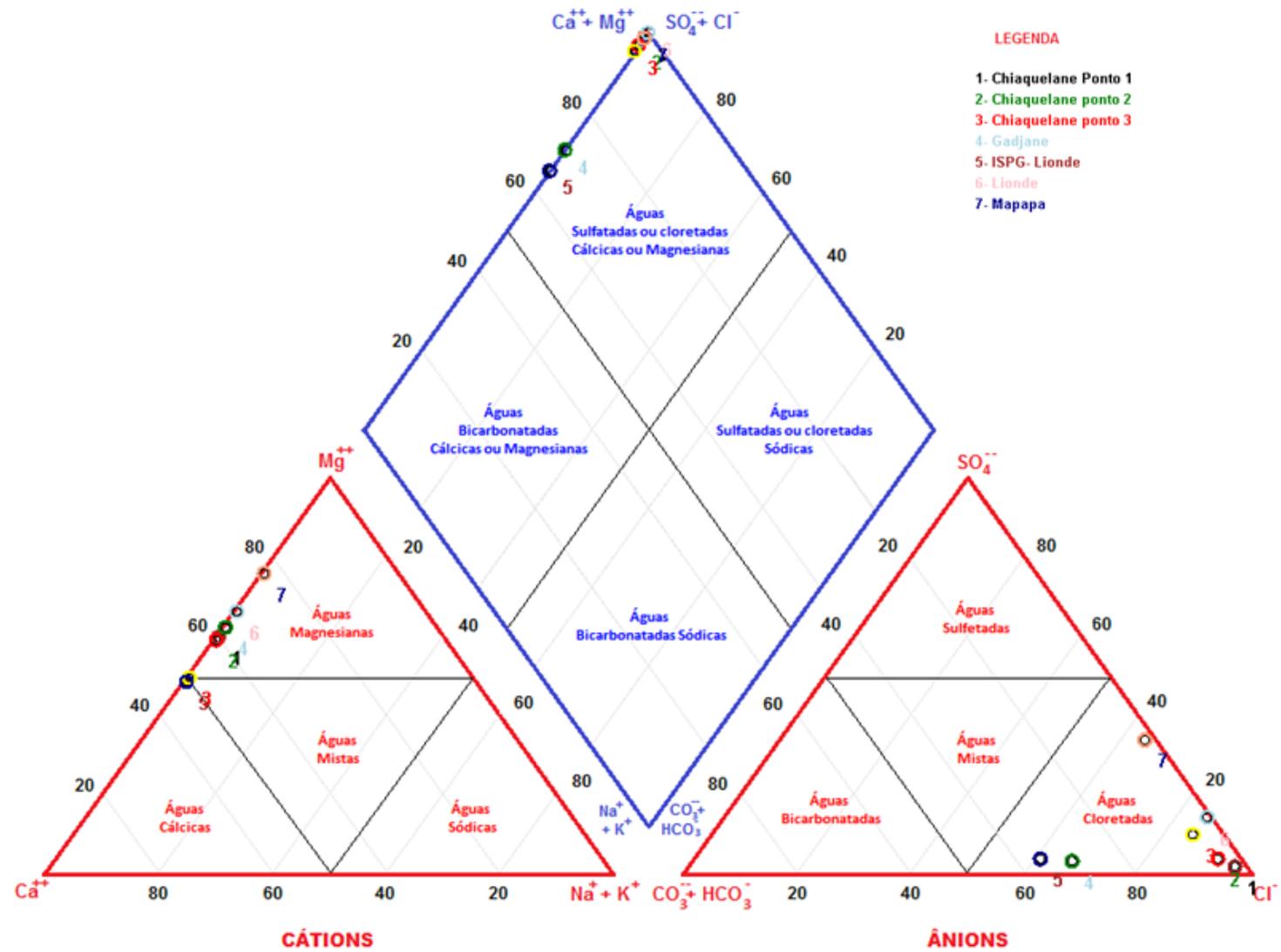


Figura 22: Faces hidroquímicas representadas diagrama do Piper.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os ensaios laboratoriais feitos, deles foi possível concluir que todos os furos de Chiaquelane, Lionde e Mapapa registam concentrações diferentes em termos de químicos, facto aliado também a diferenciação das condições geológicas predominantes em cada um dos pontos.

As maiores concentrações foram registadas em Mapapa, seguidos da extremidade de Chiaquelane (ponto 3), em que o parâmetro mais predominante são os sólidos totais que chegaram a atingir 2940 mg/l.

O parâmetro com concentrações mais baixas é o Amónio, (0.05 mg/l), seguido de ferro total (0.2 mg/l).

As águas apresentam faces hidroquímicas Magnésiana Cloretada para Chiaquelane ponto 1, 2 e 3, Gadjane, Mapapa e Lionde e Cálcica cloretada para o ISPG.

No que concerne a identificação da ordem de abundância dos principais iões na água subterrânea a maioria das águas apresentam maior distribuição percentual do Sódio combinado com potássio, excepto Mapapa que apresentou maior distribuição percentual em Magnésio. No que tange a distribuição percentual do somatório dos aniões e catiões, verificou-se em ambos pontos tem maior percentagem distribuída nos aniões.

Entretanto, verificada a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias neste estudo todas evidências encontradas indicam a rejeição da hipótese nula e aceitação da hipótese alternativa que diz há diferenças nas águas de Chiaquelane ponto, 1, 2, Lionde, dado que o valor probabilístico em ambas amostras foi menor que 0.005.

## **6. RECOMENDAÇÕES**

De acordo com os resultados obtidos durante a pesquisa nos locais abrangidos, verificou-se que existe variabilidade hidroquímica de água subterrânea na área em estudo. Salientar que em outros locais de estudo a população tem praticado a agricultura irrigada usando como fonte o rio Limpopo e o canal. Para uma boa produtividade tem vindo a usar adubos fertilizantes o que pode causar a mudança de seu grau de mineralização na água subterrânea para o consumo humano.

Espera-se que a pesquisa sirva de base de dados para futuros pesquisadores e pessoas dispostas a investir no abastecimento de água nas zonas referidas, com recurso às águas subterrâneas.

De referir que a pesquisa abrangiu apenas uma época (verão), deixando a recomendação aos futuros pesquisadores que dê a continuidade de perceber, melhorar as causas da mudança ou alteração do grau de mineralização na água subterrânea para fins do consumo humano incluindo as duas épocas (verão e inverno).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

180/2004, d. m. n., 2004. Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano. *Boletim da República*, 15 Setembro, pp. 365-374.

Almeida, O. Á. d., 2010. *Qualidade da água para irrigação*. Cruz das Almas: s.n.

Antunes, C., 2006. *HIDROLOGIA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CONHECER PARA PROTEGER*, s.l.: SECURED.

Bezerra, E. A., 2008. Falta de água potável ameaça a humanidade. *Webartigos. Categoria: Meio Ambiente*, 03 02.

CETESB, C. d. T. d. S. A., 1996. *Poluição das Águas Subterrâneas e do Solo Causada por Vazamentos em Postos de Abastecimento*. [Online] Available at: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/postos/introducao> [Acedido em 28 Abril 2019].

Feitosa, A. C. F. & Filho, J. M., 1997. *Hidrogeologia- conceitos e aplicações*. CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza: Gráfica LCR.

Fenzel, N., 1986. *Introdução à hidrogeoquímica*. Belém: UFP: s.n.

Granjeiro, M. L., 2008. *CONTRIBUIÇÃO DOS ISÓTOPOS AMBIENTAIS E HIDROQUÍMICA PARA CONHECIMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA NA BACIA DE LAVRAS DA MANGABEIRA*. Fortaleza- CE: s.n.

Julio Henrichs de Azevedo, J. E. G. C. & G. R. B., 2014. *INFLUÊNCIA DOS FATORES GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS NA ESTABILIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS FREÁTICAS NO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS*. São Paulo: UNESP.

Leal, A. S., 1999. *As águas subterrâneas no Brasil: Ocorrências, disponibilidade e uso*. Brasília: s.n.

MAE, 2005. *PERFIL DO DISTRITO DE CHÓKWÈ*. Chókwè: Ministério da Administração Estatal.

Marim, A. L. C. L., 2006. *ESTUDO DE CASO SOBRE O AQUÍFERO GUARANI*, Brasília: Universitário de.

Mestrinho, S. S. P., 2005. *QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E HIDROGEOQUÍMICA PARA O AGRONEGÓCIO*. Salvador - BA, CEPEX / UCSal.

Mizuno, M. G. M., 2012. *Hidroquímica das águas Subterrâneas do Distrito Federal: Dissertação*. Brasília-DF: s.n.

PRONASAR, 2012. *Relatório sobre a capacidade institucional do Distrito de Chokwe Provincia de Gaza*, Chokwe: PRONASAR.

RICARDOA, 2008. *AGUASSUBTERRANEAS2*. s.l.:UNESCO.

SILVA, K. d. F. N. L., SILVA, C. T. S. d. & CARVALHO, C. M. d., 2010. *Caracterização Barcteriológica, Hidroquímica e físico-química das águas sbterrâneas das comunidades de Km 60 e Sucupira na Chapada do Apodi Limoeiro do Norte*. Ceará: s.n.

Silva, M. O. d., 2008. *A importância das águas subterrâneas na gestão dos recursos hidricos*, Lisboa: Planeta terra .

UNESCO, O. d. N. U. p. a. E. a. C. e. a. C., 2007. *Água Subterrânea- reservatório para um planeta com sede?. Ciências da Terra para a Sociedade*.

## 8. APÊNDICES

Tabela de parâmetros dos limites máximos admissíveis da OMS (2003-2011)

Parâmetro	Limite Máximo Admissível	Unidade	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 microrganismos
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 microrganismos
Magnésio	50	mg/l	Sabor desagradável
Manganês	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
Selênio	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 varia ordem
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	0,0001	mg/l	Sabor desagradável, intoxicações e distúrbios de vária ordem

**Tabela 4:** Resultados das análises microquímicas dos pontos de estudo.

PARÂMETRO	Chiaquelane			Lionde			Mapapa
	ponto 1	ponto 2	ponto 3	Lionde Sede	ISPG	Gadjane	
<b>Cloretos</b>	145.35	233.97	365.14	179.4	237.52	567.2	1031
<b>Amoniaco</b>	0.04	0.04	1.41	0.04	0.04	0.04	1.51
<b>Cálcio</b>	9.62	12.02	36.07	8.02	31.26	48.1	21.64
<b>Magnésio</b>	8.88	10.73	21.94	9.76	18.24	49.26	42.54
<b>Ferro total</b>	0.2	0.57	0.2	0.02	0.2	0.2	0.47
<b>Sulfatos</b>	4.59	14.45	60.51	42	22.09	41.9	80
<b>Bicarbonatos</b>	4.8	17.08	39.04	1.9	280.6	439.2	535
<b>Sólidos totais</b>	300	500	800	765	600	1100	2940
<b>Turvão</b>	0.36	0.35	0.37	0.36	0.36	0.38	0.4
<b>Temperatura</b>	26.7	26	26.5	25	25	25.5	26.8
<b>Condutividade eléctrica</b>	1379	1206	2308	1093	2139	1100	2940
<b>pH</b>	7.24	7.36	7.48	7.56	7.46	8.64	7.21

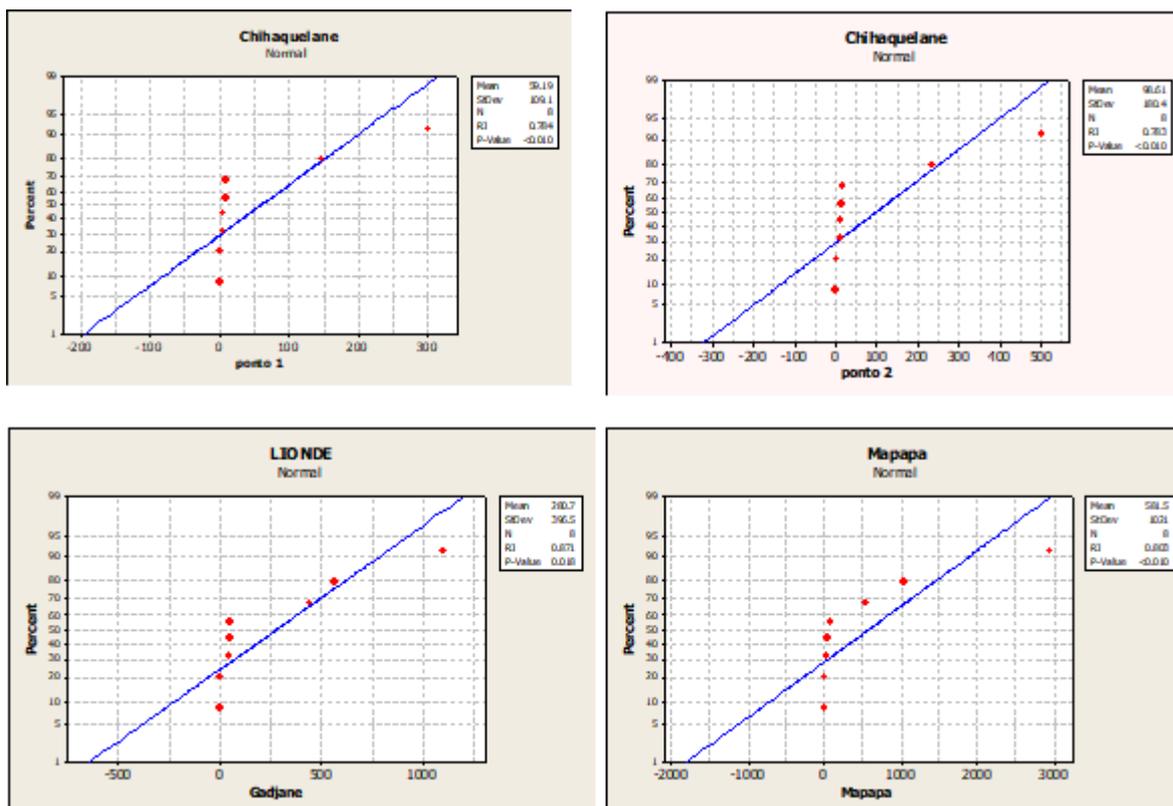


Figura 2: Normalidade dos dados.

Tabela 5: Relatório do distrito de Chókwè em relação a saneamento e água.

Relatório do Distrito Chokwe			
1	Indicadores de Ouro	Distrito	Média Província
1	Fontes de água em boas condições de funcionamento (%)	73%	69%
2.1	Nº de fontes de água planificadas para a construção neste ano (2011)	20	18
2.2	Nº de fontes de água construídas neste ano (2011)	15	10
2.3	Nº de fontes de água planificadas para reabilitação neste ano (2011)	4	5
2.4	Nº de fontes de água reabilitadas neste ano (2011)	0	3
3.1	Nº PSAAs novos (em pleno funcionamento)	2	1
3.2	Nº PSAAs Reabilitados (em pleno funcionamento)	0	1
4.1	Nº de escolas com fontes melhoradas de água	19	11
4.2	Nº de escolas no Distrito	64	41
5	Nº de escolas com instalações sanitárias melhoradas	30	17
6	Comercialização de peças sobressalentes	Não	25%
7	Fundos disponíveis para melhorar o abastecimento de água no orçamento deste ano	Não sabe	
8	Fundos disponíveis para melhorar o saneamento no orçamento deste ano	Não sabe	
9	Orçamentação de todas as actividades (incluindo ONG) do AASR constantes no PESOD para este ano (2011)	Não	0%
10	% dos fundos para AASR reportados no relatório de execução orçamental do distrito	Não sabe	

Fonte: (PRONASAR, 2012)

Número de PSAA's no distrito: 14

Posto Administrativo	Gestão	Tipo de captação	Ligações domésticos	Fontenarias Total	Fontenarias em funcionamento		População servida	Operacionalidade
Xilembene	Comunidade	Subterrâneo /	0	4	3	75%	6737	Operacional com grandes problemas
Xilembene	Comunidade	Subterrâneo /	0	1	1	100%	Não sabe	Operacional com grandes problemas
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	0	3	1	33%	Não sabe	Operacional com pequenas problemas
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	1	2	2	100%	Não sabe	Operacional com pequenas problemas
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	0	3	3	100%	Não sabe	Operacional
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	0	1	1	100%	Não sabe	Operacional
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	0	6	6	100%	Não sabe	Operacional
Macarrítane	Comunidade	Subterrâneo /	0	0	0		Não sabe	Inoperacional
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	13	12	92%	16392	Operacional com pequenas problemas
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	13	12	92%	4751	Operacional com grandes problemas
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	3	2	67%	4204	Operacional com pequenas problemas
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	6	6	100%	3627	Operacional com pequenas problemas
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	3	3	100%	3486	Operacional com pequenas problemas
Lionde	Comunidade	Subterrâneo /	0	1	1	100%	Não sabe	Operacional
<b>Total do distrito</b>			1	59	53	89%	32084	

Fonte: (PRONASAR, 2012)

Posto Administrativo	Água				Porcentagem com água seguro
	N° de Escolas	Escolas com furo	Escolas com poço	Escolas com PSAA	
CIDADE CHOKWE	0	0	0	0	
LIONDE	20	2	0	0	10%
MACARRETANE	20	7	0	1	40%
XILEMBENE	24	9	0	0	38%
<b>TOTAL DO DISTRITO</b>	64	18	0	1	30%

Fonte: (PRONASAR, 2012)

**Tabela 6:** Tabela da norma de qualidade da água para consumo humano (Portaria 1469, de 29/12/2000).

Parâmetro	Unidade	Portaria 1469 VMP
<b>INORGÂNICAS</b>		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto	mg/L	1,5
Merúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
Prata	mg/L	
<b>ORGÂNICAS</b>		
Acrilamida	µg/L	0,5

Benzeno	µg/L	5
Benzo [a] pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
Toxafeno	µg/L	
<b>AGROTÓXICOS</b>		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (g-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
<b>CIANOTOXINAS</b>		
Microcistinas	µg/L	1,0
<b>DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO</b>		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1
<b>Padrão de radioactividade para água potável</b>		
Radioactividade alfa global	Bq/L	0,1 <sup>(2)</sup>
Radioactividade beta global	Bq/L	1,0 <sup>(2)</sup>
<b>Padrão de aceitação para consumo humano</b>		
Alumínio	mg/L	0,2
Amónia (como NH3)	mg/L	1,5

Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH(2)	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objectável
Gosto	-	Não objectável
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogénio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT(4)	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3
<b>Recomendações</b>		
pH	-	6,0 a 9,5

**Fonte:** Legislação de água para consumo humano, (2004).