



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**JOANA D'ARC CARVALHO MARTINS**

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA  
NA FOLHA QUIXERAMOBIM (SB.24-V-D-III), CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2016**

**JOANA D'ARC CARVALHO MARTINS**

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA  
NA FOLHA QUIXERAMOBIM (SB.24-V-D-III), CEARÁ**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia  
do Departamento de Geologia da  
Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Geologia.**

**Orientador: Profa. Dra. Sônia Maria  
S. Vasconcelos  
Coorientador: Prof. Dr. Afonso  
Rodrigues de Almeida**

**FORTALEZA  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M343d Martins, Joana D'arc Carvalho.  
Diagnóstico preliminar da exploração de água subterrânea na folha Quixeramobim Ceará / Joana D'arc Carvalho Martins. – 2019.  
63 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Sônia Maria S. Vasconcelos.

Coorientação: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida.

1. Hidrogeologia. 2. Folha Quixeramobim. 3. Ceará. I. Título.

CDD 910

---

JOANA D'ARC CARVALHO MARTINS

**DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA  
NA FOLHA QUIXERAMOBIM (SB.24-V-D-III), CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia  
do Departamento de Geologia da  
Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Geologia.

Aprovada em: 19/02/2016.

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Sônia Maria S. Vasconcelos (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

\_\_\_\_\_  
Dr. Robério Boto de Aguiar

A Deus.

Aos meus avós, mãe, Diego, amigos e  
professores.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado sustentação, capacitação e renovado minhas forças quando necessário, garantindo que eu chegasse até aqui.

Ao meu avô (em memória) por ser minha fonte de inspiração diária, por todo amor que me deu, por todos os incentivos e conselhos, por ser meu fã número um e por sempre ter torcido pelo meu sucesso. A saudade dói no peito.

A minha avó (em memória) que nos seus últimos anos de vida me ensinou que nessa vida não estamos sós, e que sempre precisamos de alguém ao nosso lado. Por ela ter dito "*Que Deus te acompanhe*" em todas as minhas idas aos campos e por sempre dizer "*Graças a Deus*" em todos os meus retornos. Pensei que ela estaria presente nesse momento, mas há quatro meses Deus a levou.

A minha mãe, que sempre foi meu sustento, minha fonte de força, meu exemplo de garra e o motivo para que eu nunca desista nos momentos difíceis.

Ao Diego, por todo apoio nos momentos difíceis, por todo o incentivo e por me ajudar a não desistir. Pelas palavras ditas nos momentos certos, pelo ombro amigo, e por ter aceitado caminhar ao meu lado nessa jornada chamada vida.

Aos meus amigos da geologia: Hedley Mariano, Elves Pereira, Rafael do Ó, Emanuel Tabosa e Francisco José, por dividirem todos os momentos da faculdade, por serem meus irmãos da geologia e por todo o suporte dado ao longo desses quatro anos e meio.

Aos meus amigos da vida, em especial a Érika Jamille, Kaerly Sandilla, Juli Lage, Pâmela Saldanha, Karine Souza, Lucas Reis, Victor Nogueira, Edison Amarante, por estarem sempre presentes na minha vida, e por entenderem a minha ausência em determinados momentos.

Aos familiares em geral, todos possuem uma grande importância em minha vida.

E, por fim, mas não menos importante, aos professores do corpo docente do Departamento de Geologia da UFC por dividirem seus conhecimentos para que eu pudesse chegar até aqui.

“Como as águas cobrem o mar, toda a Terra se encherá da tua glória, pois só Tu és digno de adoração.”  
Habacuque 2:14.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta resultados preliminares da análise de dados dos poços tubulares profundos e de precipitação pluviométrica da Folha Quixeramobim (SB.24-V-D-III), fornecidos pelo SIAGAS e FUNCEME, respectivamente. Foi realizado o tratamento estatístico descritivo a partir dos dados de 72 poços dentro dos limites da Folha Quixeramobim. As variáveis foram analisadas e integradas visando à busca de correlação através de suas estatísticas e mapas de contorno, porém poucas foram as correlações encontradas. Através da matriz de correlação verifica-se uma correlação pouco significativa entre o nível dinâmico com vazão e profundidade dos poços e uma leve relação entre a área de ocorrência de maior precipitação e a área de concentração de isolinhas de maiores valores de vazões, fato que pode ser verificado através dos mapas de contorno. Sobre a qualidade da água através do comparativo com os valores de referência estabelecidos na Portaria 2.914/2011, verifica-se que as águas subterrâneas apresentam alta salinidade, portanto impróprias para consumo humano, e alguns poços indicam possíveis poluições através de fossas sépticas.

Palavras-chave: Hidrogeologia, Folha Quixeramobim, Ceará.



## ABSTRACT

The present work features the preliminary results of the analysis of deep tube wells and of Quixeramobim's Map rainfall data (SB.24-V-D-III), provided by SIAGAS and FUNCEME, respectively. We performed a statistical treatment of data from the wells 72 within the limits of Quixeramobim Map. The variables were analyzed and integrated in order to search through their correlation statistics and contour maps, but there were few correlations. Through the correlation matrix there is a little significant correlation between the dynamic level with the flow and depth of the wells and a slight relationship between the area of occurrence of higher rainfall and the contours of concentration area of higher values of flows, which can be verified through contour maps. On the water quality, through the comparison with the reference values established in Decree 2,914/2011, it can be concluded that underground water have high salinity, thus making them unfit for human consumption. Keywords: Hydrogeology, Quixeramobim's Map, Ceará.

Keywords: Hydrogeology, Quixeramobim's Map, Ceará.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de identificação da área.....	16
Figura 2: Mapa Geológico da Folha Quixeramobim.....	22
Figura 3: Mapa da Sub-Bacia Banabuiú e os municípios drenados por ela.....	27
Figura 4: Perfis construtivos de poços da Folha Quixeramobim.....	29
Figura 5: Mapa de isolinhas das médias totais anuais de séries históricas (Tabela 1) dos postos pluviométricos localizados nos limites da Folha Quixeramobim e no seu entorno de 5 km sobre a imagem de relevo sombreado.....	34
Figura 6: Localização dos poços cadastrados no banco de dados.....	36
Figura 7: Histograma Profundidade.....	38
Figura 8: Histograma capacidade específica.....	39
Figura 9: Histograma nível estático.....	39
Figura 10: Histograma nível dinâmico.....	40
Figura 11: Histograma vazão de estabilização.....	40
Figura 12: Histograma rebaixamento.....	41
Figura 13: Histograma condutividade elétrica.....	41
Figura 14: Mapa de isolinhas referentes à variável Condutividade Elétrica.....	42
Figura 15: Mapa da Localização dos poços que possuem análises químicas..	44
Figura 16: Mapa de distribuição espacial da Turbidez medida nas análises físico-químicas.....	48
Figura 17: Mapa de distribuição espacial do nitrito medido nas análises físico-químicas.....	49
Figura 18: Localização do Poço – ID 14.....	50
Figura 19: Mapa de distribuição espacial do nitrato medido nas análises físico-químicas.....	50
Figura 20: Mapa de distribuição espacial do cloreto medido nas análises físico-químicas.....	51
Figura 21: Mapa de distribuição espacial do sódio medido nas análises físico-químicas.....	52
Figura 22: Localização do poço ID 4.....	52
Figura 23: Mapa de distribuição espacial do ferro medido nas análises físico-químicas.....	53
Figura 24: Localização do poço ID 2.....	54

Figura 25: Mapa de distribuição dos sólidos totais dissolvidos medida nas análises físico-químicas .....	54
Figura 26: Mapa de distribuição da dureza total medida nas análises físico-químicas.....	55
Figura 27: Mapa de distribuição do manganês medida nas análises físico-químicas.....	56

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Série histórica das precipitações anuais do posto (121 - Quixadá) localizado no município de Quixadá. ....	18
Gráfico 2: Série histórica da precipitações anuais do posto (123 – Quixeramobim) localizado no município de Quixeramobim. ....	18
Gráfico 3: Gráfico SAR fornecido pelo programa Qualigraf com os níveis de risco de salinização relacionada com o risco de sódio .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Postos cadastrados na FUNCEME com o cálculo da média das precipitações, totais anuais.....	33
Tabela 2: Estatística descritiva dos poços cadastrados.....	37
Tabela 3: Matriz de correlação.....	43
Tabela 4: Valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011 para os aspectos químicos discriminados na tabela.....	45
Tabela 5: Dados estatísticos dos elementos químicos .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAS – é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotadas pelo Chemical Abstract Service.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

CTC – Capacidade de troca de cátions.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

ETRL – Elementos Terras Raras Leves.

ETRP – Elementos Terras Raras Pesados.

FNS – Fundação Nacional de Saúde.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

NE – Nordeste.

NNW – Norte Noroeste.

SIAGAS – Sistema de Informação de Água Subterrânea.

SRH-CE – Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

SSE – Sul Sudeste.

SW – Sudoeste.

VMP – Valor Máximo Permitido.

ZCD – Zona de Cisalhamento Dúctil.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	16
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	17
2.1. Aspectos Socioeconômicos .....	17
2.2. Aspectos Climáticos .....	17
2.3. Aspectos Geomorfológicos .....	19
2.4. Vegetação .....	20
2.5. Solos .....	20
2.5.1. Bruno não-cálcicos .....	20
2.5.2. Planossolos .....	21
2.5.3. Brunizem .....	21
2.5.4. Podzólicos .....	21
2.6. Aspectos Geológicos .....	21
2.7. Recursos Hídricos .....	26
2.7.1. Águas superficiais .....	26
2.7.2. Águas subterrâneas .....	28
3. Metodologia .....	30
3.1. Introdução .....	30
3.2. Levantamento Bibliográfico .....	30
3.3. Levantamento dos dados .....	30
3.3.1. Pluviometria .....	30
3.3.2. Poços cadastrados .....	31
3.3.3. Qualidade da água .....	31
3.3.4. Bases temáticas e tratamento de dados .....	32
4. Resultados .....	33
4.1. Pluviometria .....	33
4.2. Poços cadastrados .....	36
4.3. Qualidade da água .....	44
4.3.2. Análises Químicas .....	44
5. Conclusão .....	58
6. Referências Bibliográficas .....	59
7. Anexos .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a sobrevivência dos diversos componentes da natureza. Ela se apresenta de forma superficial, subterrânea e meteóricas. O Sertão Central do Estado do Ceará é marcado por períodos de secas e pouca disponibilidade de água superficial, não sendo suficiente para atender a demanda da população. Dessa forma os aquíferos são de grande importância para o Estado.

A Folha Quixeramobim, objeto de estudo deste trabalho, está inserida no contexto do Sertão Central do Estado do Ceará. A região possui clima tropical quente e semiárido, com baixo índice de precipitação pluviométrica, cursos d'água superficiais intermitentes e é formada por rochas cristalinas, com baixa permeabilidade. Dessa forma, os estudos dos sistemas aquíferos subterrâneos de porosidade secundária, formados por falhas e/ou fraturas, adquirem grande importância devido à escassez de água para o abastecimento da população residente nesta área.

Estes estudos produzem novos conhecimentos relativos à caracterização das águas, com a finalidade de viabilizar sua utilização como recurso complementar aos recursos hídricos superficiais e suprir as necessidades da população nos períodos de poucas chuvas.

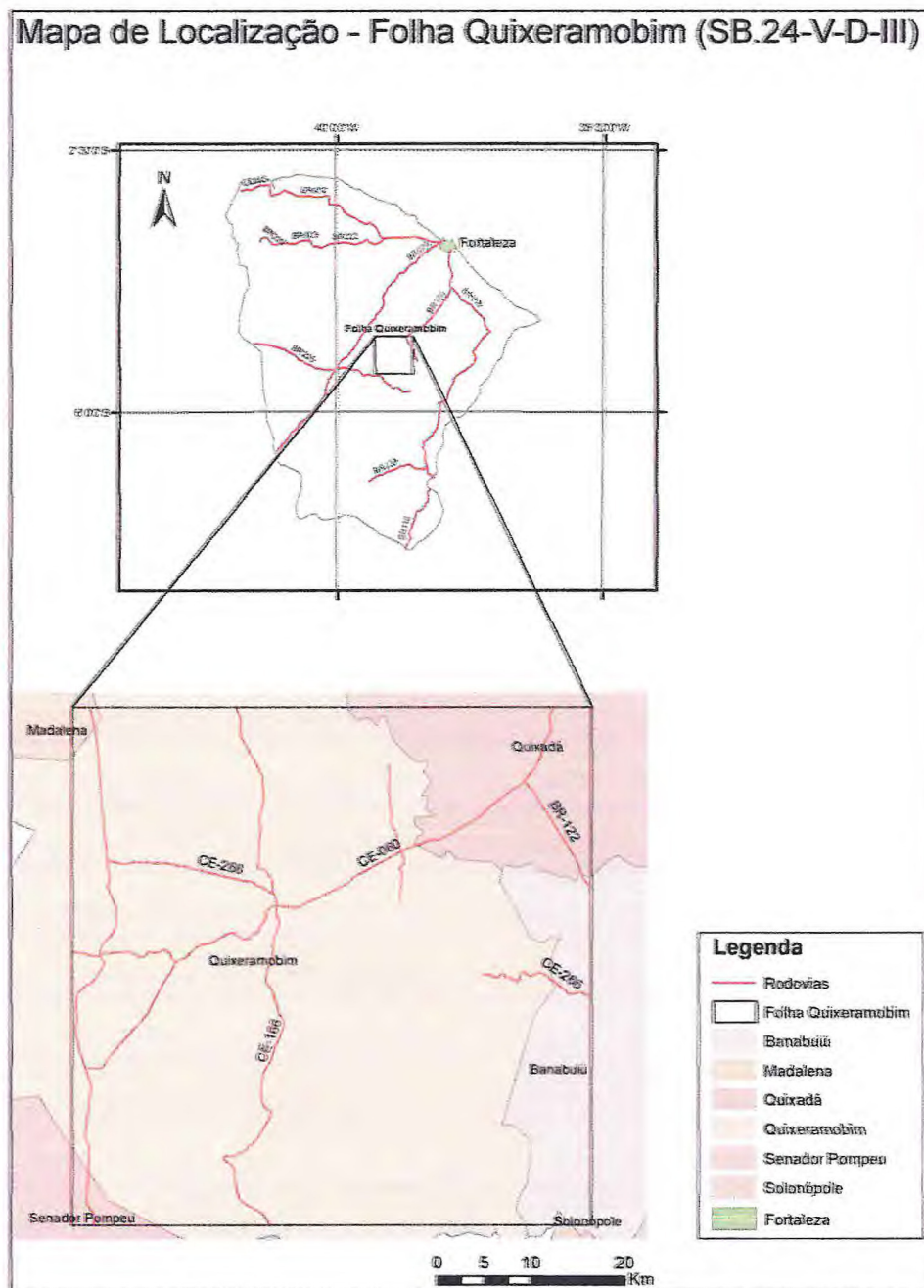
O objetivo deste estudo é contribuir para o conhecimento dos aspectos hidrogeológicos através da análise de dados de poços tubulares existentes e usando conhecimentos dos aspectos geológicos publicados, visando chegar a conclusões sobre a ocorrência e qualidade das águas subterrâneas.



## 1.1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A Folha Quixeramobim (SB.24-V-D-III), está compreendida entre os meridianos 39°00' e 40°30' W Gr e os paralelos 5°00' e 6°00'S. Situa-se na porção centro-ocidental do Estado do Ceará e ocupa uma superfície total de aproximadamente 18.000 km<sup>2</sup>. Ela abrange a quase totalidade da área do município homônimo e parte das áreas dos municípios vizinhos Quixadá, Banabuiú, Solonópole, Senador Pompeu e Madalena. (Figura 1)

Figura 1: Mapa de identificação da área.



Fonte: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/quixeramobim.pdf>

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

A principal atividade econômica da região em estudo baseia-se na cultura de subsistência de feijão, milho e mandioca, além das monoculturas de algodão, cana-de-açúcar, castanha de caju, hortaliças e frutas diversas. Na pecuária extensiva destacam-se a criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves.

O extrativismo vegetal tem como base a fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas. São desenvolvidas atividades com matérias-primas obtidas de oiticica e de carnaúba.

O artesanato é exercido por muitos moradores através da fabricação de redes, chapéus-de-palha e bordados.

Na área de mineração, a extração de rocha para cantaria, brita, placas para fachadas e usos diversos na construção civil, assim como extração de areia, argila e rocha calcária (utilizada na fabricação de cal), encontram-se difundidas no âmbito da região.

### **2.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS**

A região é caracterizada por um clima tropical quente, semiárido. O período chuvoso é de curta duração, com chuvas concentradas de fevereiro a abril. No inverno existe muito menos pluviosidade que no verão. A pluviosidade média anual é de 600 a 800 mm fato que pode ser observado nas séries históricas como mostram os Gráficos 1 e 2. Possui uma temperatura média de 27.3° C. Informações do Atlas do Ceará (IPLANCE, 1997) e do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH-CE, 1992), mostram que esses municípios apresentam temperaturas mínimas em torno de 23°C e máximas de 33°C.

A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) trabalha com pluviômetros convencionais, os quais monitoram a precipitação. A rede pluviométrica convencional da Funceme é composta por 550 pluviômetros, distribuídos no Estado segundo uma densidade espacial de 280 km<sup>2</sup>/pluviômetro, assim, todos os municípios e seus principais distritos são

monitorados. Os dados estão disponíveis no site da Funceme, onde a distribuição dos pluviômetros é denominada de postos. Com base nesses dados os Gráficos 1 e 2 foram construídos através do tratamento e limpeza dessas informações. Os Gráficos mostram as duas principais séries históricas pluviométricas dos municípios que estão inseridos na Folha Quixeramobim.

Gráfico 1: Série histórica das precipitações anuais do posto (121 - Quixadá) localizado no município de Quixadá.

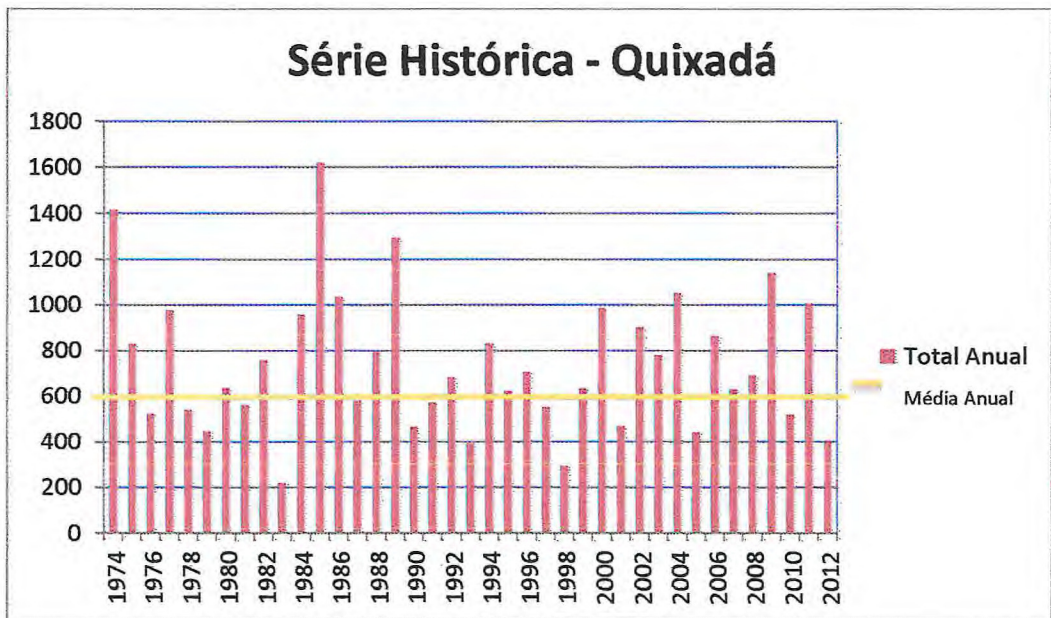
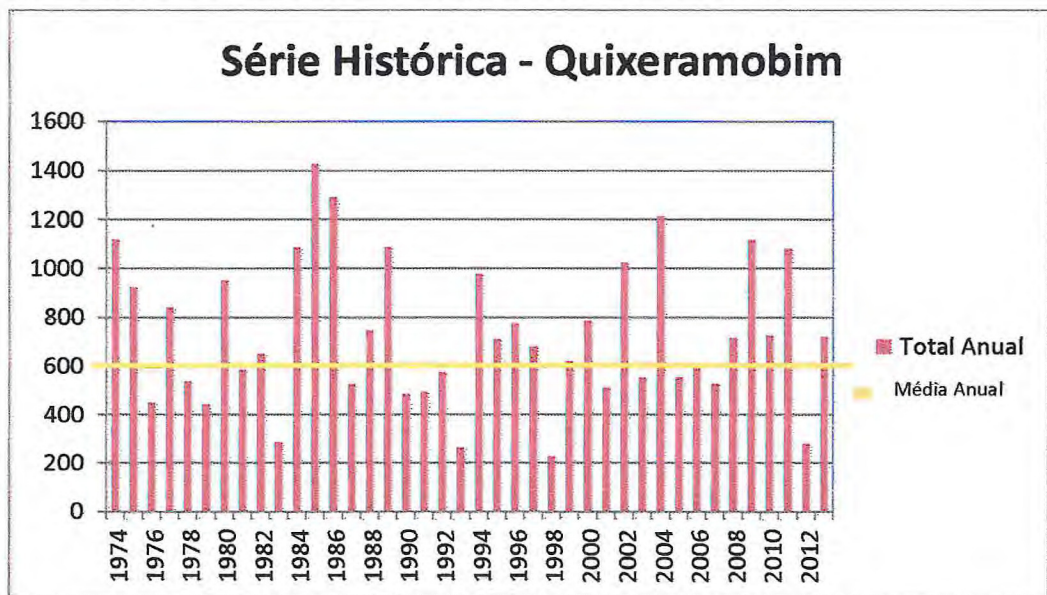


Gráfico 2: Série histórica da precipitações anuais do posto (123 - Quixeramobim) localizado no município de Quixeramobim.



Nos gráficos as linhas amarelas representam as médias de precipitação para a região segundo dados da Funceme, nota-se que alguns anos essas médias foram superadas e em outros não devido a irregularidade das chuvas na região. E, é possível notar um regime de chuvas muito parecido entre os postos pluviométricos de Quixadá e Quixeramobim.

Em períodos de fortes chuvas a ação erosiva da mesma sobre as rochas pode ser intensificada, ampliando a sua capacidade de remoção do manto de alteração das rochas. Em caso de chuvas fortes e de longa duração torna-se desprezível a capacidade protetora dos solos exercida pela cobertura vegetal.

### **2.3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

Do ponto de vista geomorfológico, a área integra o Domínio dos Escudos e Maciços Antigos do Ceará, conforme esboço proposto por Souza (1988). As formas de relevo e as feições geomorfológicas que compõem o referido Domínio Morfo-Estrutural exibem reflexos de eventos geotectônicos pretéritos. Evidenciam, também, a relação da morfologia com os fatores litológicos e as marcas de flutuações climáticas Cenozóicas que motivaram o escalonamento de superfícies degradacionais e agradacionais.

Utilizando critérios litoestruturais e superficiais de aplainamento, Sidrim *et al.* (1988) dividiram a área nas imediações do distrito de Juatama (Quixadá) em: pediplano conservado e pediplano dissecado. No primeiro, as cotas hipsométricas variam entre 170 e 220 m e predominam os granitos Muxurê Novo e Quixadá, além de faixas descontínuas dos granitos Serra Branca e Uruquê. No pediplano dissecado as cotas variam entre 200 e 280 m, dominando os granitos Muxurê Velho e Muxurê Novo, às vezes, em mistura.

Os Inselbergs estão em destaque em relação ao relevo plano da Depressão Sertaneja, e são resultados de erosões diferenciais. No município de Quixadá a presença dos inselbergs é marcante, os quais são conhecidos como monólitos e possuem diferentes dimensões e formas com cotas que entre 200 e 700 metros de altitude.

Apresentam composição granito-gnáissica, sendo em termos litológicos, a suíte Quixadá e o Fácies Serra Branca os mais representativos (Sidrim *et al.*, 1988). Ocorrem ao longo dos contatos leste e oeste do Fácies Serra Branca e

eventualmente em seu eixo central, como relevos residuais alinhados, que sobressaem na planície arrasada (*Almeida et al.* 2008).

## **2.4. VEGETAÇÃO**

A cobertura vegetal da região está representada em sua grande maioria por espécies da caatinga hiperxerófila cuja localização corresponde ao domínio semi-árido dos Sertões Cearenses.

Segundo informações do *blog a Riqueza do Bioma Caatinga*, a caatinga hiperxerófila é constituída por uma vegetação de baixo a médio porte. Suas folhas caem nas épocas de estiagem, sendo assim, caracterizadas como caducifólias. Na composição florística, observa-se que a catingueira, favela, angico, juazeiro, marmeleiro, jurema preta e branca, mandacaru, umbuzeiro e aroeira são as espécies mais importantes.

A caatinga hiperxerófica ocupa predominantemente os solos rasos que cobrem rochas do embasamento cristalino. O relevo apresenta uma camada fina de solo sobre o substrato rochoso, porém às vezes a cobertura de solo não existe. Por causa da condição de não aparecimento do solo a vegetação apresenta uma característica mais seca e mais espaçada onde predomina as cactáceas como xique-xique e plantas de porte menor como a jurema preta.

Além das espécies arbustivas, encontram-se também arbóreos como o pau-branco, o juazeiro, a oiticica, o pau-d'arco, a aroeira e o jatobá.

## **2.5. SOLOS**

Os solos da área de estudo são oriundos de granitos ou de materiais coluviais mobilizados a partir de litotipos do embasamento cristalino, os mesmos foram identificados como sendo dos tipos:

### **2.5.1. BRUNO NÃO-CÁLCICOS**

Classe de solo mineral, não hidromórfico, geralmente com horizonte A fraco e com horizonte B avermelhado eutrófico e com Capacidade de troca de cátions (CTC) > 27 cmol.kg<sup>-1</sup> de argila (Ta) sem desconto para matéria orgânica no horizonte B textural na nomenclatura de *Camargo et al.* (1987), B textural da ordem dos Luvisolos na nova nomenclatura da Embrapa (1999).

No sistema americano (Soil Taxonomy) correlaciona-se com a ordem dos Alfisols.

### **2.5.2. PLANOSSOLOS**

Classe de solo hidromórfico com mudança textural abrupta na classificação de *Camargo et al. (1987)*. Sub ordem dos Planossolos Hidromórficos na nova nomenclatura da Embrapa (1999). No sistema americano (Soil Taxonomy) correlaciona-se com a sub ordem dos Aqualf ou Aqult.

### **2.5.3. BRUNIZEM**

Classe de solo mineral, não hidromórfico, com horizonte A chernozêmico e com horizonte B eutrófico e com (CTC) > 27 cmol.kg<sup>-1</sup> de argila (Ta) sem desconto para matéria orgânica no horizonte B textural ou no B incipiente na nomenclatura de *Camargo et al. (1987)*, B textural ou B nítico, ou B incipiente da ordem dos Chernossolos na nova nomenclatura da Embrapa (1999). No sistema americano (Soil Taxonomy) correlaciona-se com a ordem dos Mollisols.

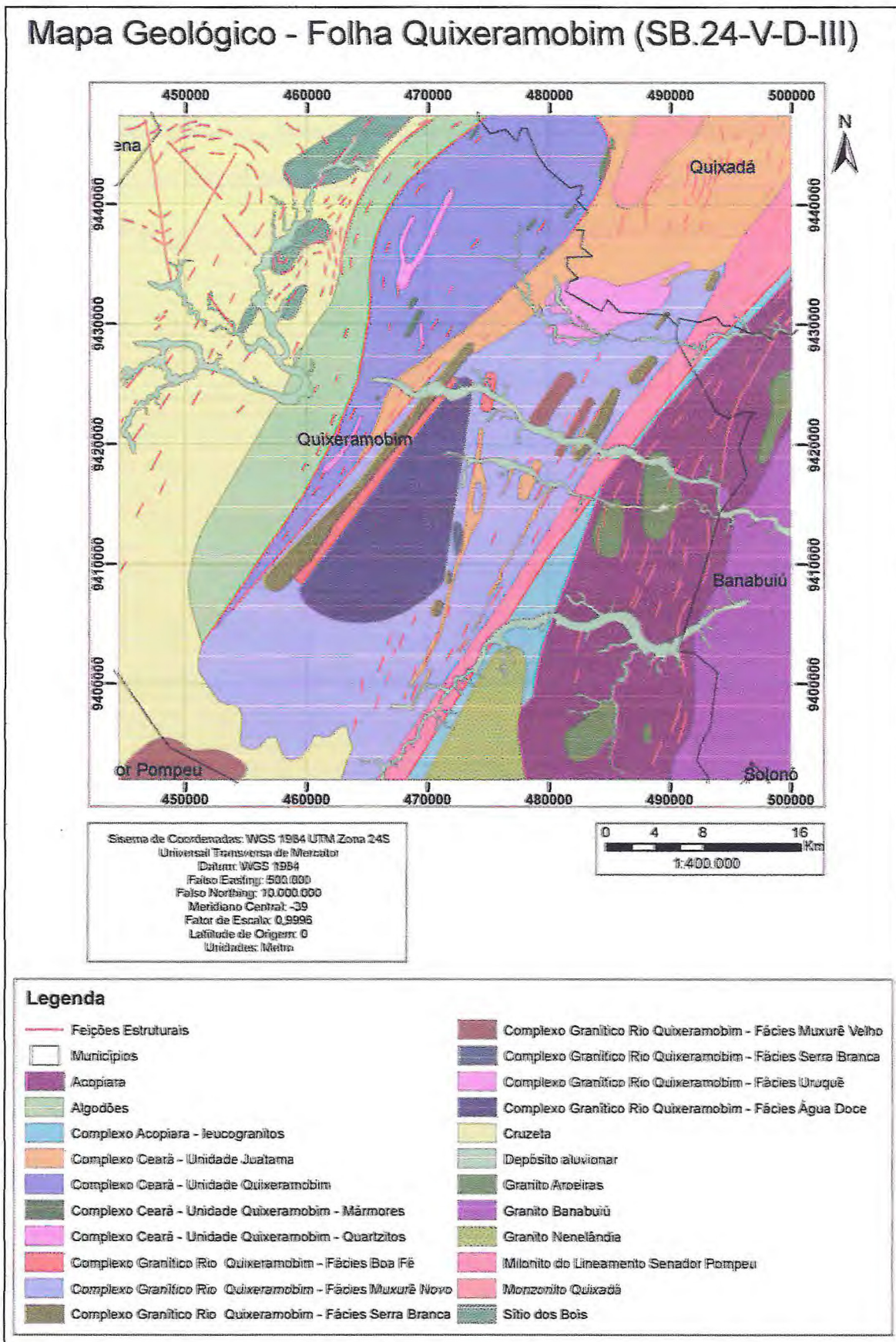
### **2.5.4. PODZÓLICOS**

Solo com duplo sentido: migração mecânica de argila do horizonte A para o horizonte B (B textural), ou migração química do horizonte A para o horizonte B (B espódico).

## **2.6. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

A área em estudo situa-se, geologicamente, na porção central da Região de Dobramento Nordeste ou Província Borborema. (*Almeida et al., 1977*) (Figura 2). Esta região é uma entidade tectônica com longa e complexa história evolutiva crustal, que mostra uma influência generalizada do Ciclo Brasileiro. Santos e Brito Neves (1984) identificam na Província da Borborema, independente de qualquer conotação geotectônica, dois domínios fundamentais pré-cambrianos: os Terrenos Gnaissico-Migmatítico Granítico ou, simplesmente, os Maciços e os Sistemas de Dobramento ou Cinturão Metamórficos.

Figura 2: Mapa Geológico da Folha Quixeramobim.



Fonte: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/quixeramobim.pdf>

Góis e Fernandes (1993) deram a denominação de Unidade Quixeramobim para o pacote de rochas metassedimentares que ocorre nas adjacências da cidade de Quixeramobim. Nesta região esta sequência está constituída principalmente por xistos, mármore e quantidades subordinadas de quartzitos e rochas calcissilicáticas.

A idade de deposição dos sedimentos do Complexo Ceará, no mapa geológico do Ceará na escala de 1:500.000 (Cavalcante *et al.*, 2003), foi considerada como paleoproterozóica. Porém, idades modelos T(DM) obtidas mais recente (Castro *et al.*, 2004) indicam que, apesar da principal fonte de suprimento de material detrítico ter sido o embasamento Arqueano/Paleoproterozóico, é necessário a contribuição de material mais novo para justificar a existência de várias idades Mesoproterozóicas. Na sub-Unidade Itatira foi obtida uma idade modelo Mesoproterozóica (1,49 Ga). Essas idades representam a idade máxima para deposição das sequências sedimentares plataformais. Datações em zircões mostram ainda idade neoproterozóica, com valores de 0,65-0,75/0,80 Ga. Os dados implicam que a deposição dos sedimentos do Complexo Ceará se estendeu até o final do Neoproterozóico.

A super suíte Rio Quixeramobim, designação usada para substituir o termo Quixeramobim, até então usada para definir o batólito que se exhibe com cerca de 1600 km<sup>2</sup> de área aflorante, situado na porção central da Folha Quixeramobim, sendo constituído por seis grandes suítes: Muxuré Novo, Muxuré Velho, Água Doce, Serra Branca, Uruque, Boa Fé. Mobilizados Tardios e Uruquê são variações laterais das suítes Uruque e Muxuré Novo. As suítes Muxuré Novo, Serra Branca e Boa Fé são séries cálcio-alcálica de médio potássio, composta por quartzo-dioritos, tonalitos, granodioritos (dominantes) e monzogranitos a biotita e anfibólio. Elas são diferenciadas por seu padrão textural porfirítico, com a Serra Branca apresentando fenocristais de feldspatos variando de 6 a 20 cm; a Muxuré Novo com fenocristais variando de 6 a 2 cm e a Boa Fé exibindo fenocristais aproximadamente equidimensionais em torno de 2,5cm.

Os litotipos Rio Quixeramobim exibem teores de SiO<sub>2</sub> que variam de 51 a 73%, são essencialmente metaluminosos, ricos em álcalis, Sr, Ba e Elementos



Terras Raras Leves - ETRL e pobres em Elementos Terras Raras Pesados - ETRP, MgO e CaO. Seus teores em ETRL são de 2 a 3 vezes mais altos que os exibidos por suítes cálcio-alcálicas normais. A ocorrência universal de enclaves microgranulares e diques sin-plutônicos descontínuos, sugerem que o mecanismo de mistura de magmas foi de primordial importância na geração deste batólito.

O batólito Quixadá, representado pela serra do Padre, adentra a Folha Quixeramobim na sua porção norte e se estende até as imediações da rodovia CE-021. Ele se mostra constituído por uma série monzonítica, composta por monzonitos (dominantes) e sienitos, todos porfiríticos, com megacristais de plagioclásio e feldspatos potássicos imersos em uma matriz de cor preta esverdeada, granulação média a grossa, composta essencialmente por anfibólios e biotita.

A Suíte Banabuiú possui sua porção oeste aflorando na Folha Quixeramobim se apresentando como uma rocha de cor branca a cinza-claro, granulação fina a média, com cristais equidimensionais, em sua maioria subedrais. A suíte Nenelandia também aparece na Folha Quixeramobim, com sua porção meridional aflorando e é possível observar uma íntima associação de leucogranitóides com migmatitos sejam metatexiticos ou diatexiticos com os quais se mostram em contato gradacional e exibem estruturas metamórficas reliquiares.

Segundo os autores do artigo Itatira- SB.24-V-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem, as rochas anfibolíticas da Folha Quixeramobim apresentam teor de SiO<sub>2</sub> bastante irregular, indo de 46,74 a 61,21%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 8,59 e 19,4%, MgO (3,05 -14,94%), CaO (5,04-14,02%) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,95-14,62%) e TiO<sub>2</sub> (0,4-1,49%). Os elementos traços compatíveis apresentam teores de Cr variados, indo de 34 a 2080 ppm, valores esses muito abaixo e acima do Clarke de rochas básicas, enquanto o de Ni varia entre 7 e 58ppm, bem inferior ao Clarke de rochas básicas. Zr oscila entre 32 e 446ppm, Nb (1,5-35,1ppm), Y (11 – 35ppm), Ba (44,1 -1413,7ppm), Rb (2-160ppm) e Sr (122 – 3995ppm).

Os anfibolitos da Folha Quixeramobim distribuem-se entre os campos orogênicos, cadeias meso-oceânicas e ilhas oceânicas e os anfibolitos da Folha Boa Viagem mostra uma preferência pelo ambiente continental e ilhas oceânicas. Na Folha Quixeramobim os anfibolitos são essencialmente paraderivados, com ou sem granada, de granulação diversa, formando camadas de extensão até quilométrica e espessura variável, desde métrica a decamétrica. Entre os anfibolitos, são encontradas camadas de hornblenditos de granulação grossa, de extensão e espessura métricas.

Na porção sudeste da Folha Quixeramobim ocorre uma sequência rochosa denominada por Cavalcante *et al.*, (2003) de Complexo Acopiara. Essa sequência é composta principalmente por metatexitos com estrutura gnáissica, cujos leucossomas exibem composição granítica rica em albita, granodiorítica e sienogranítica, alguns deles com granada, e paleossomas que apresentam composição que varia de biotita xisto a para-anfibolitos.

A Unidade Quixeramobim corresponde a uma sequência metassedimentar pelítica que ocupa a porção central da Folha de Quixeramobim, envolvendo a cidade homônima ocorrendo ao longo do contato oeste do batólito Quixeramobim. Estende-se além da Folha Quixeramobim para nordeste, circundando lateralmente o batólito Quixadá. Ela está constituída essencialmente por biotita ± muscovita gnaisses, biotita ± silimanita ± cianita ± granada gnaisses.

Os alojamentos crustais dos batólitos Rio Quixeramobim, Nenelandia, Banabuiú e demais plútons menores, bem como o desenvolvimento dos migmatitos Juatama e Acopiara parecem ter sido totalmente controlados pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu e associadas, sob um regime transtensional lateral esquerdo, anterior ao último regime dúctil, que se mostra destal através de evidências múltiplas observadas nos granitos Rio Quixeramobim.

Segundo Almeida *et al.* (2003) a Unidade Quixeramobim, apresenta um comportamento estrutural fortemente influenciado pela zona de cisalhamento transpressional Quixeramobim: a foliação apresenta, na Serra de Santa Maria, uma estrutura em sinforma aberto e, na proximidade da Zona de Cisalhamento

Dúctil - ZCD, sofre uma verticalização associada a um grande incremento nas taxas de deformação. A lineação de estiramento, marcada, como nas demais unidades do Complexo, por sillimanita ou cianita, sofre uma inflexão, passando de uma direção NNW-SSE para NE-SW nas proximidades da transcorrência.

A geometria da inflexão confirma o caráter tardio do cisalhamento e seu sentido destro. Um incremento tardio de deformação em regime transpressional é responsável pelo desenvolvimento generalizado, nessa unidade, de uma clivagem de crenulação com planos axiais e lineação estritamente paralelos à direção da transcorrência. A deformação do Complexo Acopiara é fortemente influenciada pelas zonas de cisalhamento de Senador Pompeu a oeste e Orós a leste.

As Folhas Boa Viagem e Quixeramobim são recortadas por três grandes zonas de cisalhamento dúcteis tanscorrentes: as ZCD de Senador Pompeu, Quixeramobim e Sabonete Inharé. As modificações impostas às foliações e lineações da Unidade Quixeramobim mostram que, embora estas zonas possam ter reativado lineamentos mais antigos (paleoproterozóicos?), elas pós-datam, durante o ciclo Brasileiro, a deformação tangencial.

## **2.7. RECURSOS HÍDRICOS**

### **2.7.1. ÁGUAS SUPERFICIAIS**

A região em estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Banabuiú. Como principais drenagens superficiais destacam-se os rios Banabuiú e Quixeramobim que integram o Sistema Alto Jaguaribe.

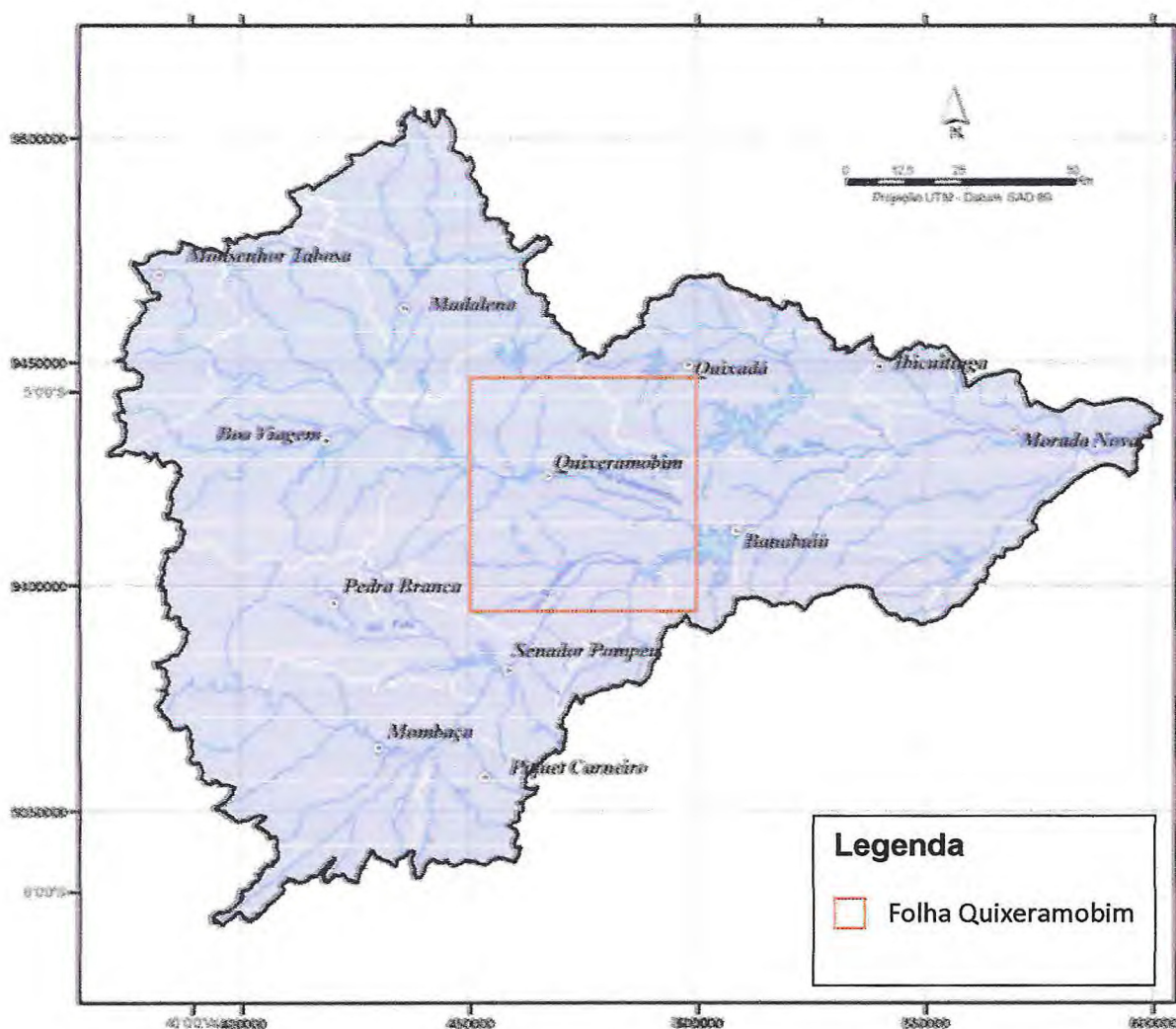
Segundo a Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará (SRH, 1992), os açudes que se destacam são: Fogareiro e Quixeramobim, com capacidade de armazenamento de 118 e 54,0 hm<sup>3</sup>, respectivamente. Quixeramobim, que é o município de maior abrangência da Folha homônima, tem sua sede municipal abastecida através do açude Quixeramobim e atende a 84% da população urbana.

O Rio Banabuiú é o mais importante da Sub-Bacia Banabuiú, a qual é uma das cinco Sub-Bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe. Segundo o Pacto das Águas – Sub Bacia Banabuiú, ele drena uma área de 19.810 km<sup>2</sup> e

desenvolve-se no sentido oeste-leste, percorrendo um curso total de 314 km, até desaguar no rio Jaguaribe nos limites do município de Limoeiro. Ele possui uma área equivalente a 13% do território cearense.

A Sub-Bacia Banabuiú drena quinze municípios (Figura 3), são eles: Banabuiú, Boa Viagem Ibicuitinga, Itatira, Madalena, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Pedra Branca, Piquet Carneiro Quixadá, Quixeramobim, Senador Pompeu, Limoeiro do Norte e Milhã, porém esses dois últimos são drenados parcialmente.

Figura 3: Mapa da Sub-Bacia Banabuiú e os municípios drenados por ela.



Fonte: Pacto das Águas-Caderno Regional da Sub-Bacia do Banabuiú V. 2 Fortaleza – CE 2009

## **2.7.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

### **Domínios hidrogeológicos**

As rochas cristalinas predominam na área e representam o que é denominado de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e em geral de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido é, na maior parte das vezes, salobra. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, principalmente o rio Banabuiú, e apresenta, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativamente alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos terrenos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

As vazões dos poços presentes na Folha Quixeramobim são reduzidas, isso ocorre devido à porosidade praticamente nula das rochas cristalinas, condicionando dessa forma a capacidade de armazenamento e circulação das águas subterrâneas por meio de planos de descontinuidades (falhas e Fraturas), e recargas periódicas através de chuvas (pluviometria). As falhas e fraturas são abertas e em alguns casos são interconectáveis. As águas subterrâneas dessa região são caracterizadas pela salinidade, porém passível de exploração visando o consumo animal ou abastecimento de comunidades pequenas com o auxílio de dessalinizadores.

O perfil construtivo dos poços tubulares da área em estudo também foi observado através dos dados disponibilizados pelo SIAGAS, onde se observou que há o predomínio de três tipos de perfis dos poços, e em sua maioria, são semelhantes devido ao predomínio das rochas cristalinas na região. Na Figura 4, podem-se observar os diferentes perfis, onde o perfil A é composto por argilas de cor cinza, calcários ou mármore (rocha metamórfica originada do calcário), e a rocha cristalina (gnaisses intercalados com veios de calcários) totalizando cerca de 5% dos poços em estudo; o perfil B mostra o predomínio dos poços em rochas cristalinas com aproximadamente 80% e o perfil C, há a repetição da argila cinza e a rocha cristalina totalizando 15% dos poços com informações dentro dos estudados.

Figura 4: Perfis construtivos de poços da Folha Quixeramobim.

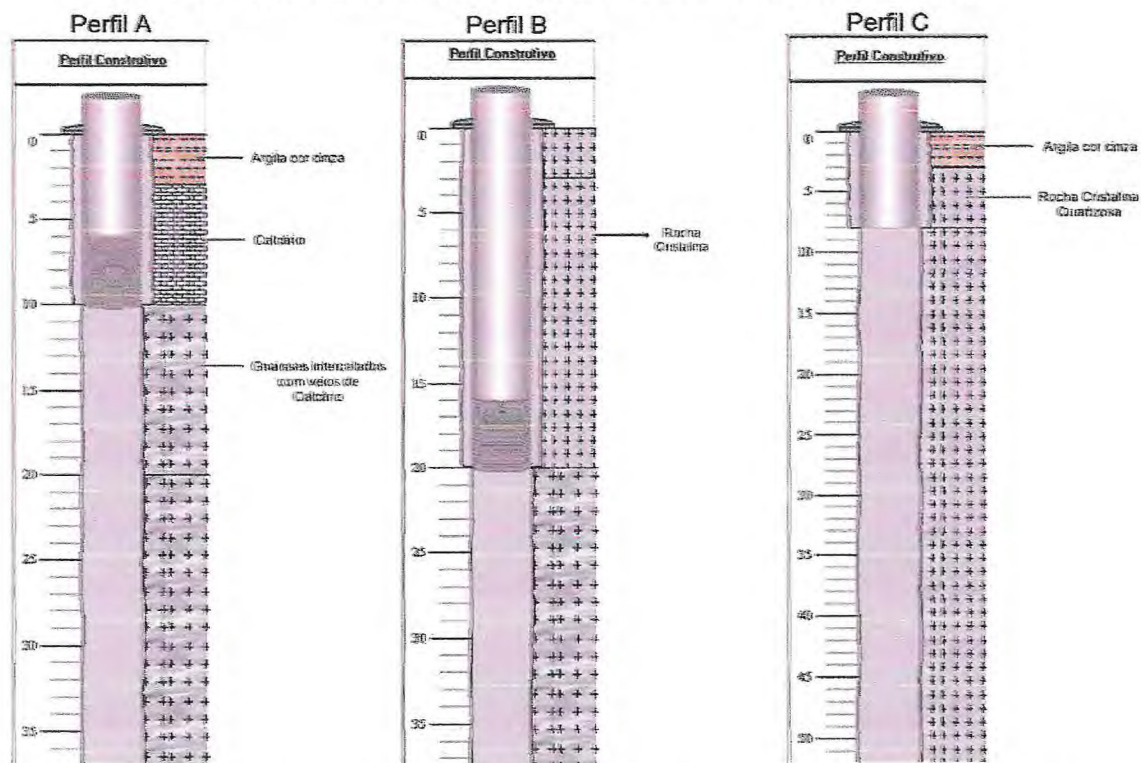


Figura 4: Fonte: [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php) acessado em 07/01/2016

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

Na execução deste trabalho destaca-se o tratamento de dados. Os 72 poços analisados foram retirados do banco de dados do SIAGAS que possui atualmente 273.972 poços cadastrados. Dos 645 postos cadastrados na Funceme, 15 postos foram utilizados e analisados. Através dos dados tratados foi possível a elaboração de bases temáticas preliminares contendo dados dos municípios e bases fisiográficas além das informações dos poços da área em estudo. Utilizou-se também da pesquisa em livros, artigos, revistas para a realização da caracterização geral da área, bem como os princípios e fundamentos de todos os dados e métodos aqui trabalhados.

#### **3.2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

O levantamento bibliográfico consistiu na obtenção de informações referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais, além de mapas temáticos da área em estudo.

Com as informações obtidas com este levantamento foi possível conhecer melhor a área facilitando o trabalho a ser desenvolvido a partir do conhecimento prévio da região. Este conhecimento da área auxiliou também na elaboração das bases temáticas específicas da área de trabalho.

#### **3.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS**

##### **3.3.1. PLUVIOMETRIA**

A coleta dos dados climatológicos realizada através do banco de dados de precipitação pluviométrica diária fornecida pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

Os dados foram exportados do site da FUNCEME em forma de arquivo no formato de *txt*, os quais foram formatados e organizados em ficheiros do programa Excel, com o objetivo de organizar os valores, criar mapas, gráficos e tabelas para facilitar a análise das informações.

Os arquivos possuem valores diários da precipitação, tendo sido necessário o cálculo dos valores mensais para que em seguida pudessem ser

realizados os cálculos dos valores anuais dos postos, bem como a média das séries históricas dos postos localizados na Folha de Quixeramobim.

### **3.3.2. POÇOS CADASTRADOS**

O banco de dados foi elaborado a partir do site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que disponibiliza o Sistema de Informação de Água Subterrânea - SIAGAS.

No site do SIAGAS é possível exportar os dados cadastrais dos poços em ficheiros do programa Excel. A exportação dos dados é feita por município e é possível escolher quais tipos de informações serão fornecidas no ficheiro. No presente trabalho foram escolhidas as seguintes informações: ID do Poço, Município, Data da Perfuração, Natureza do Poço, Situação, Profundidade Final, Capacidade Específica, Nível Estático, Nível Dinâmico, Rebaixamento, Vazão de Estabilização, Condutividade Elétrica, Uso da Água, Sub-Bacia, Data da Análise e Data do Teste.

Dessa forma, foram gerados dois bancos de dados com informações dos poços, o primeiro com os poços localizados dentro da Folha Quixeramobim, e o segundo com o acréscimo dos poços que estão no seu entorno de 5km. O banco de dados dos poços localizados dentro dos limites da área em estudo (Folha Quixeramobim) totalizou 72 poços, e o banco de dados do seu entorno de 5km o acréscimo de 36 poços, sendo constituído portanto de 108 poços.

### **3.3.3 QUALIDADE DA ÁGUA.**

No site do SIAGAS é possível obter informações mais detalhadas sobre os poços, porém a consulta é individual. Nessa consulta os dados adicionais obtidos são: informações de dados construtivos dos poços, perfis litológicos e análises químicas.

As informações individuais das análises químicas dos poços foram organizadas em ficheiros do programa Excel para que fosse possível gerar cálculos estatísticos básicos, mapas dos elementos químicos e tabelas que facilitassem o estudo e a comparação da qualidade das águas dos poços da região com os valores permitidos pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 2914/2011.



Na realização desta etapa foram utilizados alguns programas computacionais, tais como Excel, Andad e Qualigraf, esse último pode ter seu download realizado através do site da Funceme e foi criado por Gilberto Möbus.

#### **3.3.4. BASES TEMÁTICAS E TRATAMENTO DE DADOS.**

Foram realizadas duas bases temáticas, a primeira com um total de 72 poços que estão dentro dos limites da Folha Quixeramobim, e a segunda base temática com 108 poços com limites acrescidos de 5 km em relação aos limites da Folha Quixeramobim, a fim de gerar a malha para o traçado das isolinhas visando minimizar o efeito borda. No processamento para obtenção da malha regular os valores foram calculados usando o método de krigagem ordinária e para a separação entre dois pontos de estimação da variável foi utilizada uma distância um pouco maior que o espaçamento médio entre os pontos amostrados calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{espaçamento médio entre os dados} \approx \sqrt{\frac{\text{Área total de amostragem}}{\text{Número de amostras}}}$$

Dessa forma usou-se um grid quadrado cujo lado corresponde à distância assim estimada, e o espaçamento foi de 645 metros.

É importante destacar que as datas de coletas, análises e cadastros dos poços no SIAGAS não são iguais, possuindo, portanto informações de períodos (estiagens e cheias), e anos diferentes para cada poço analisado no presente trabalho.

Os mapas base para visualização da distribuição dos poços existentes na área em estudo estão representados na escala de 1:400.000, com nível de conhecimento compatível com a escala de 1:100.000, que foi a escala trabalhada pela CPRM.

O tratamento dos dados foi realizado utilizando procedimentos estatísticos como média, modo, amplitude, máximo e mínimo, curtose, desvio padrão para descrição dos parâmetros característicos analisados, e procedimentos geoestatísticos para análise das variações de alguns destes parâmetros no espaço. Os resultados são apresentados através de gráficos, mapas e tabelas.

Na realização desta etapa foram utilizados alguns programas computacionais, tais como Excel, Arcgis e Surfer.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PLUVIOMETRIA

Através do download dos dados de precipitação diária fornecida pela Funceme obteve-se um banco de dados bruto com informações referentes a 645 postos pluviométricos. Em seguida foram selecionados apenas os postos que estavam dentro dos limites da área em estudo e no seu entorno de 5km. Calculou-se, portanto as precipitações mensais e em seguida as anuais gerando o banco de dados dos postos pluviométricos localizados na Folha Quixeramobim e no seu entorno de 5km.

Devido à falta de informação nas precipitações diárias, obteve-se apenas um total de quinze postos com todos os dados, os quais foram analisados e calculados a quantidade de anos com informações de precipitações em todos os meses do ano para que em seguida a média do total anual pudesse ser calculada. Os dados podem ser observados na Tabela 1.

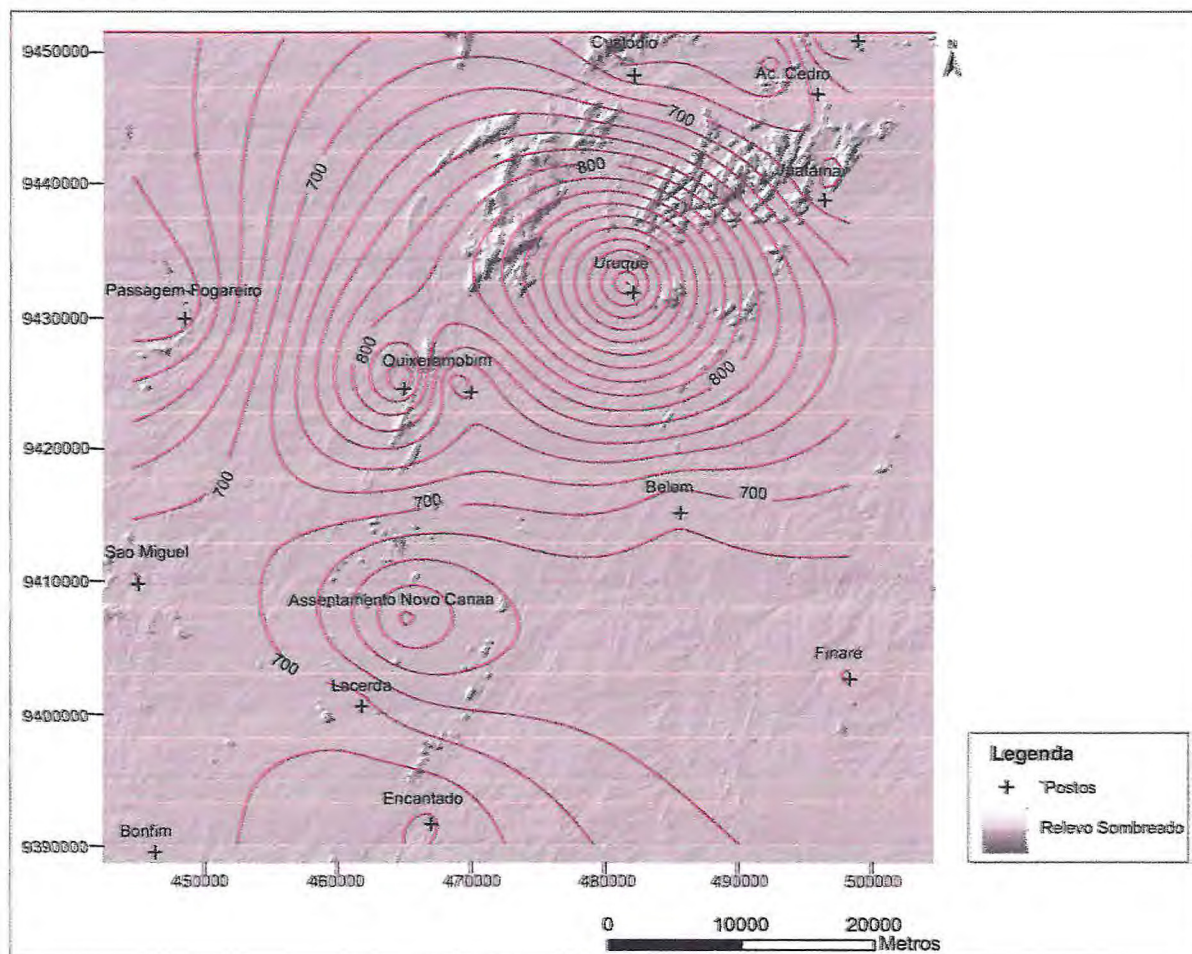
Tabela 1: Postos cadastrados na FUNCEME com o cálculo da média das precipitações, totais anuais.

ID FUNCEME	Municípios	Postos	UTME	UTMN	Qtd. De Anos	Média TA
466	BANABUIU	FINARÉ	498153.6	9403118.0	4	659.5
121	QUIXADA	QUIXADA	496304.7	9451018.3	39	738.0
215	QUIXADA	JUATAMA	496305.2	9439964.4	10	677.8
390	QUIXADA	AC, CEDRO	492609.5	9449175.7	7	633.9
668	QUIXADA	CUSTODIO	481523.7	9449173.8	6	656.7
123	QUIXERAMOBIM	QUIXERAMOBIM	468600.7	9425218.9	40	728.7
217	QUIXERAMOBIM	ENCANTADO	466769.9	9392055.6	13	742.6
218	QUIXERAMOBIM	LACERDA	461226.1	9401264.5	8	706.4
224	QUIXERAMOBIM	URUQUE	481528.0	9432592.9	8	1001.6
456	QUIXERAMOBIM	AC, QUIXERAMOBIM	464906.7	9425217.2	3	861.0
494	QUIXERAMOBIM	BELEM	485225.9	9416012.7	11	686.8
647	QUIXERAMOBIM	SAO MIGUEL	444600.9	9410464.9	13	720.9
667	QUIXERAMOBIM	PASSAGEM - FOGAREIRO	448279.2	9430734.0	13	602.2
738	QUIXERAMOBIM	ASSENTAMENTO NOVO CANAA	464922.1	9407216.3	4	614.0
648	SENADOR POMPEU	BONFIM	446463.7	9390199.9	7	708.4

\*Média TA: Média dos Totais Anuais. \*Qtd de anos: Quantidade de anos.

Nota-se na Tabela 1 que os postos possuem uma série histórica relatada pela quantidade de anos com informações mensais de precipitação. Alguns postos possuem poucos anos com informações completas, por exemplo, o posto de ID 456 (Ac, Quixeramobim), com apenas três anos de representação pluviométrica, enquanto há outros postos com uma grande quantidade de informações como, por exemplo, os postos de ID 123 (Quixeramobim), e ID 121 (Quixadá), com uma série histórica de 40 e 39 anos, respectivamente. O número atribuído ao ID dos postos é determinado pela FUNCEME. As precipitações anuais geradas através desses dados permitiu a confecção do mapa de isolinhas das precipitações para uma melhor análise da distribuição pluviométrica na região. (Figura 5).

Figura 5: Mapa de isolinhas das médias totais anuais de séries históricas (Tabela 1) dos postos pluviométricos localizados nos limites da Folha Quixeramobim e no seu entorno de 5 km sobre a imagem de relevo sombreado.

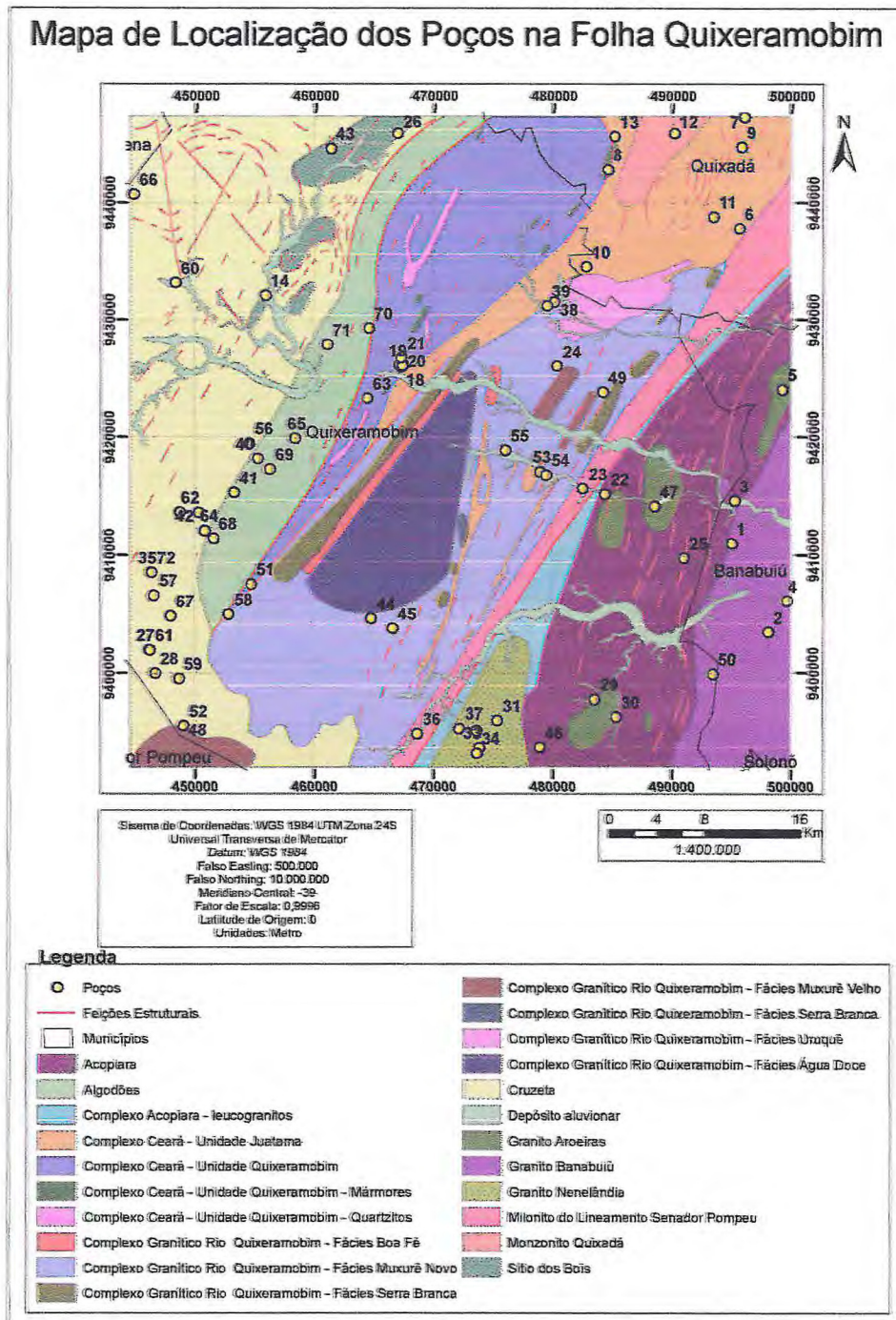


Nota-se, portanto que há uma maior precipitação na região norte da Folha Quixeramobim. Essa região quando analisada através de imagens do Google Earth é possível identificar que há presença de pequenos serrotes e monólitos já das proximidades do município de Quixadá-Quixeramobim, fato que é comprovado pelo relevo sombreado. A mudança do relevo através desses serrotes pode ser a razão para a maior precipitação nessa região.

## 4.2 POÇOS CADASTRADOS

A partir do banco de dados do Siagas com 273.972 poços cadastrados, foram filtrados os poços que estão dentro dos limites da Folha Quixeramobim totalizando 72 poços, cuja planilha pode ser observada no Anexo 1 do presente trabalho e o Mapa de localização dos poços na Figura 6.

Figura 6: Localização dos poços cadastrados no banco de dados.



Na Tabela 2 tem-se a estatística descritiva das variáveis consideradas a partir do cadastro de poços.

Tabela 2: Estatística descritiva dos poços cadastrados.

Estatística	Profundidade (m)	Cesp (m <sup>3</sup> /h/m)	NE (m)	ND (m)	S (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Condutividade Elétrica (μS/cm)
Contagem (n)	68	48	52	52	52	72	50
Média	60,46	0,14	7,83	38,69	30,86	2,42	5103,93
Erro padrão	1,81	0,03	0,90	2,16	2,04	0,32	767,79
Mediana	60,00	0,03	6,00	39,22	30,60	1,20	3244,00
Modo	60,00	0,01	3,00	18,00	15,00	1,20	3400,00
Desvio padrão	14,94	0,21	6,52	15,57	14,68	2,71	5429,11
Variância	223,20	0,05	42,47	242,55	215,46	7,32	29475224,40
Curtose	1,35	4,51	4,49	-1,23	-1,29	3,12	8,76
Assimetria	-0,92	2,11	1,91	0,09	0,04	1,66	2,73
Intervalo	85,00	0,94	33,10	52,00	52,70	12,29	29110,00
Mínimo	8,00	0,00	0,70	14,00	5,30	0,01	390,00
Máximo	93,00	0,94	33,80	66,00	58,00	12,30	29500,00
Amplitude	85,00	0,94	33,10	52,00	52,70	12,29	29110,00
1º Quartil	58,5	0,00975	3	25,575	17,00	0,4375	2154,325
3º Quartil	72	0,22	10,175	51,25	43,25	4,1	5715,5

A curtose é calculada no programa Excel, utilizando a função **curt** através da seguinte fórmula:

$$K = \left[ \frac{n(n-1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_j - \bar{x}}{s} \right)^4 \right] - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Esta função **curt** caracteriza uma distribuição em cume ou plana se comparada à distribuição normal, assim, a curtose positiva indica uma distribuição relativamente em cume e a curtose negativa indica uma função relativamente plana. A configuração plana para o rebaixamento e o ND poderá ser visualizada nos histogramas.

Com o auxílio da Formula de Sturges para definição dos limites das classes de frequência foram gerados histogramas das variáveis: profundidade, capacidade específica, nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, vazão e condutividade elétrica. Os valores das estatísticas podem ser observados na Tabela 3.

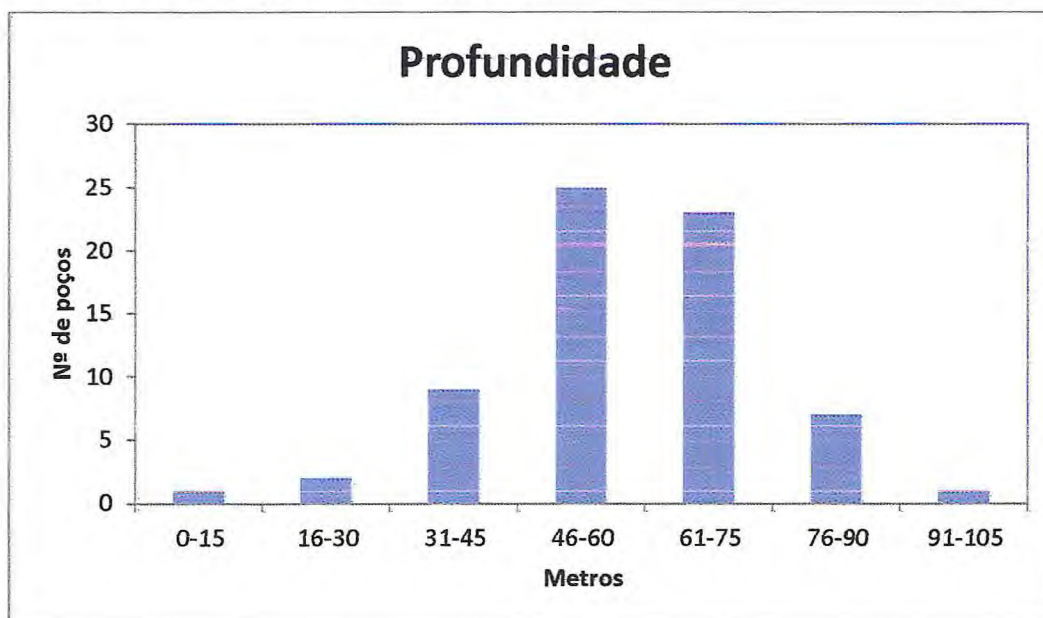
Tabela 3: Dados para a construção dos histogramas das variáveis em estudo.

	Profundidade (m)	Cesp (m <sup>3</sup> /h/m)	NE (m)	ND (m)	S (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Condutividade Elétrica (μS/cm)
Fórmula de Sturges: (Nº de Classes)	7,05	6,55	1,00	6,66	6,66	7,13	6,61
Intervalos	12,14	0,134	4,73	7,43	7,53	1,54	4158,57
Aproximado	15	0,15	5,00	10	10	2	4300

Os histogramas referentes às variáveis estão representados a seguir e através deles pode-se visualizar o comportamento das variáveis estudadas.

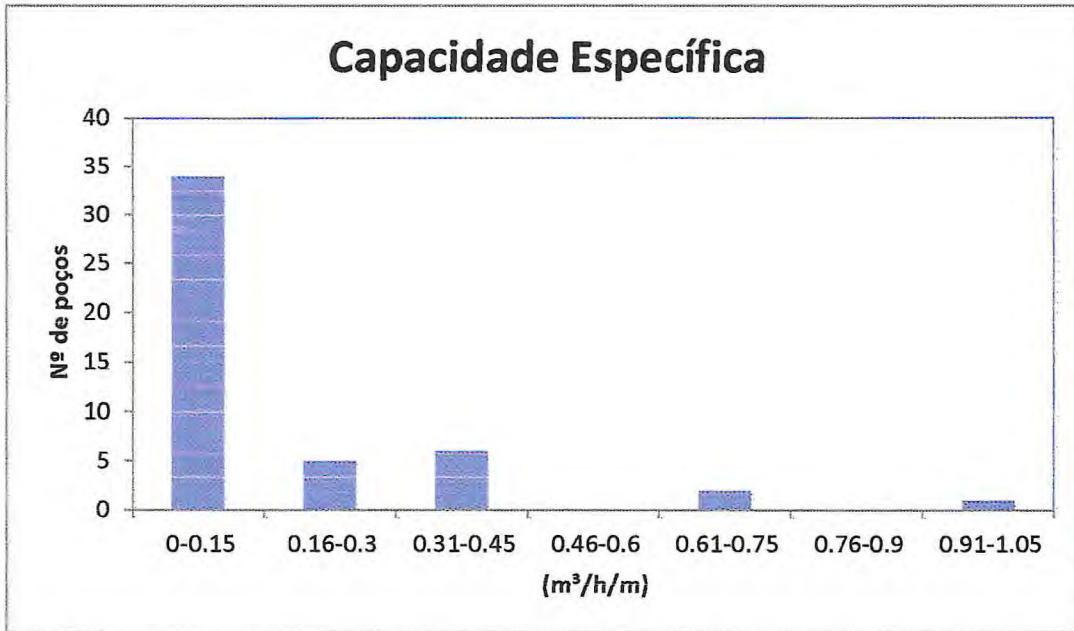
No histograma da variável Profundidade (Figura 7) a maior concentração de pontos encontra-se nos intervalos quatro e cinco indicando que eles possuem o valor central, em torno do qual, os pontos restantes se dispersam; há também certa simetria na distribuição da profundidade. Nota-se que o primeiro e o último intervalo possuem apenas um ponto amostral em cada.

Figura 7: Histograma Profundidade.



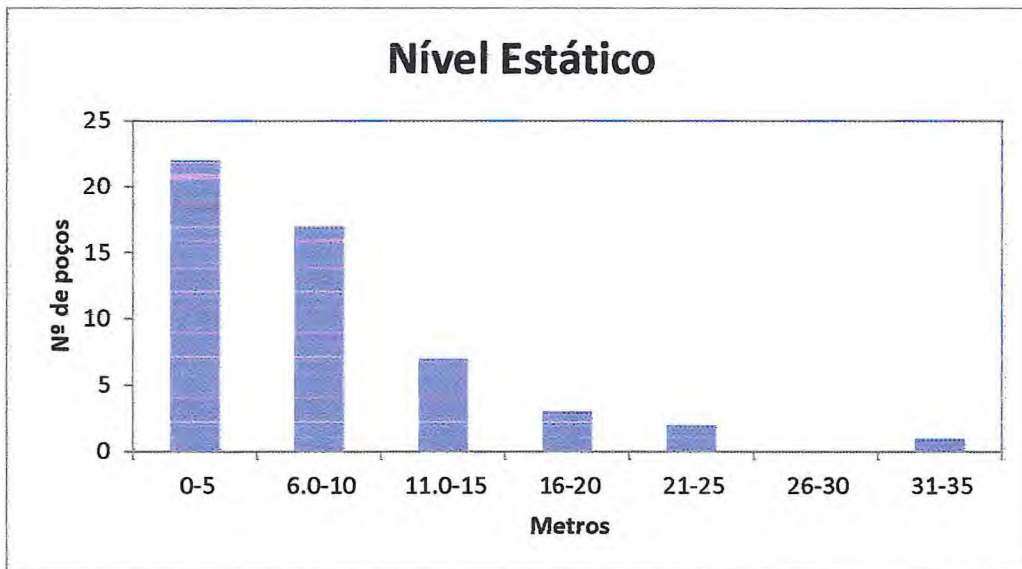
No histograma da variável Capacidade Específica (Figura 8) é possível observar que há o predomínio de poços com valores até 0.15 m<sup>3</sup>/h/m, totalizando 34 poços. A capacidade específica é a relação entre a vazão (em m<sup>3</sup>/h) e o rebaixamento do nível de água (em m), e reflete a produtividade do poço, portanto, há uma predominância de poços com baixa produtividade.

Figura 8: Histograma capacidade específica.



O histograma da variável Nível Estático (Figura 9) apresenta um declínio, à medida que aumenta a profundidade diminui a quantidade de poços, indicando que o nível de água nos poços é baixo, fato esse que já foi confirmado pela capacidade específica. Nota-se, portanto uma simetria positiva no histograma como no caso do histograma da capacidade específica.

Figura 9: Histograma nível estático.

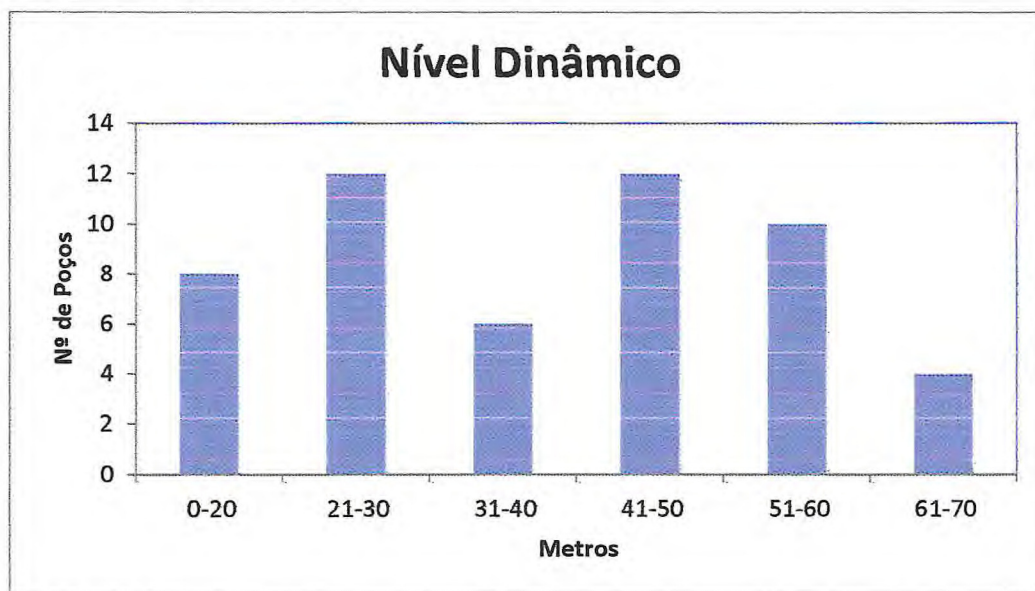


O histograma da variável Nível Dinâmico possui duas populações, uma com intervalos de 0 a 30 metros e outra com intervalos de 41 a 60 metros.



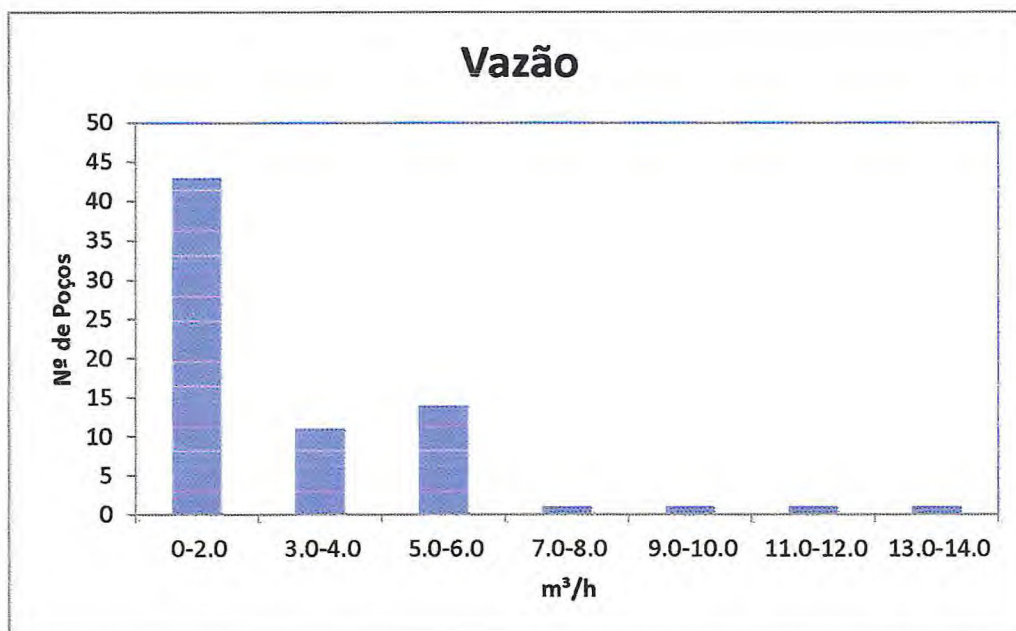
Observa-se, portanto, que os poços podem ter sido perfurados em dois períodos diferentes, um de cheia e outro de seca do aquífero.

Figura 10: Histograma nível dinâmico.



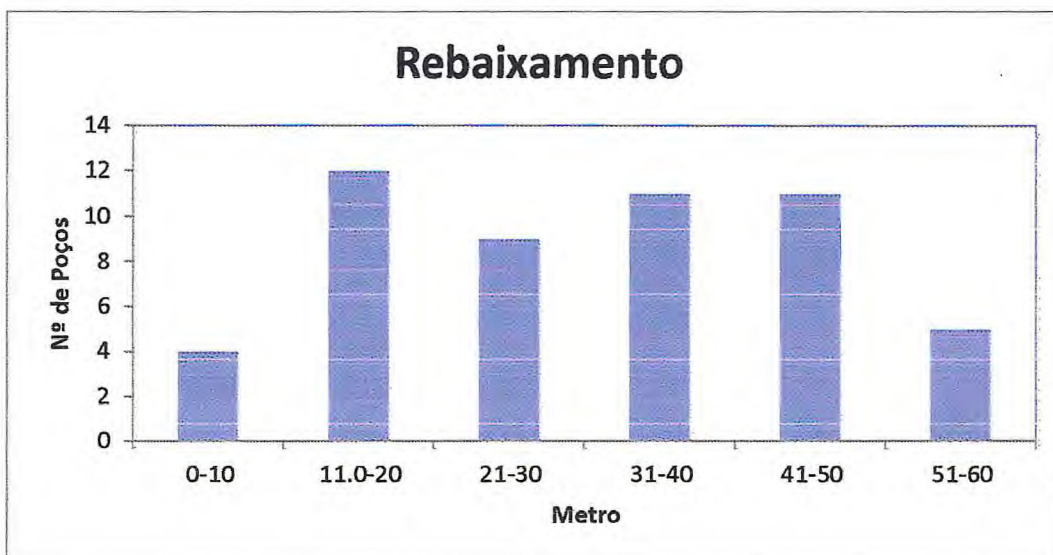
O histograma da variável Vazão possui uma disparidade no intervalo de até 2 m<sup>3</sup>/h com 43 poços, já no intervalo de 5-6 com 14 poços, e de 3-4 com 11 poços. Todos os demais intervalos possuem um poço cadastrado.

Figura 11: Histograma vazão de estabilização.



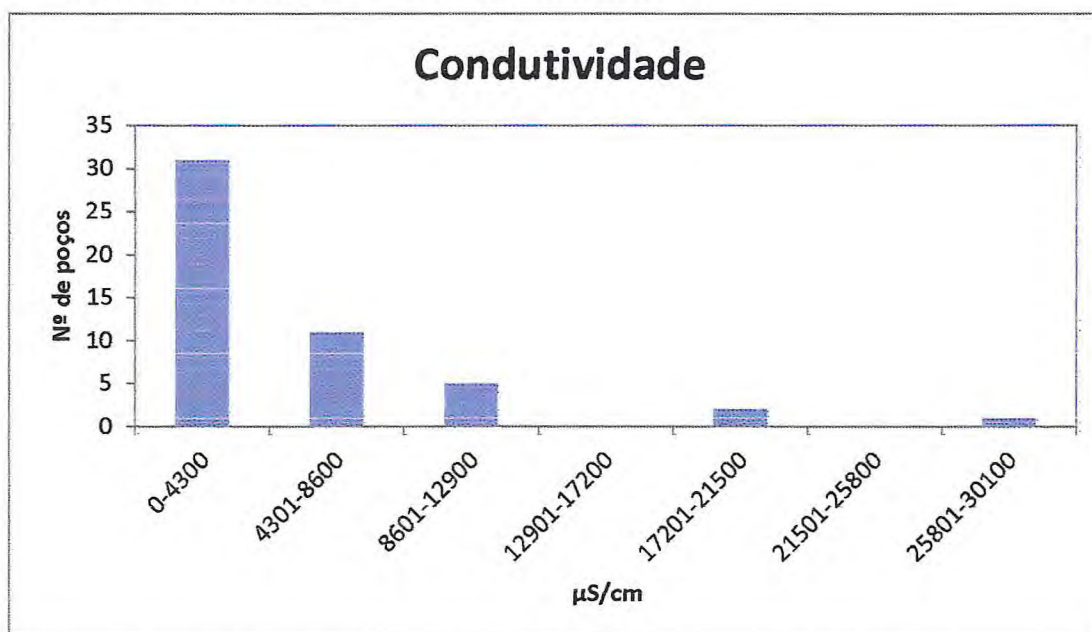
O histograma da variável rebaixamento possui dois intervalos com onze poços cada um, no caso intervalos de 31-40m e 41-50m, e no intervalo de 11-20 m, possui doze poços.

Figura 12: Histograma rebaixamento.



O histograma da variável Condutividade Elétrica possui valores bastante elevados, indicado possíveis elevados níveis de sais nas águas.

Figura 13: Histograma condutividade elétrica.

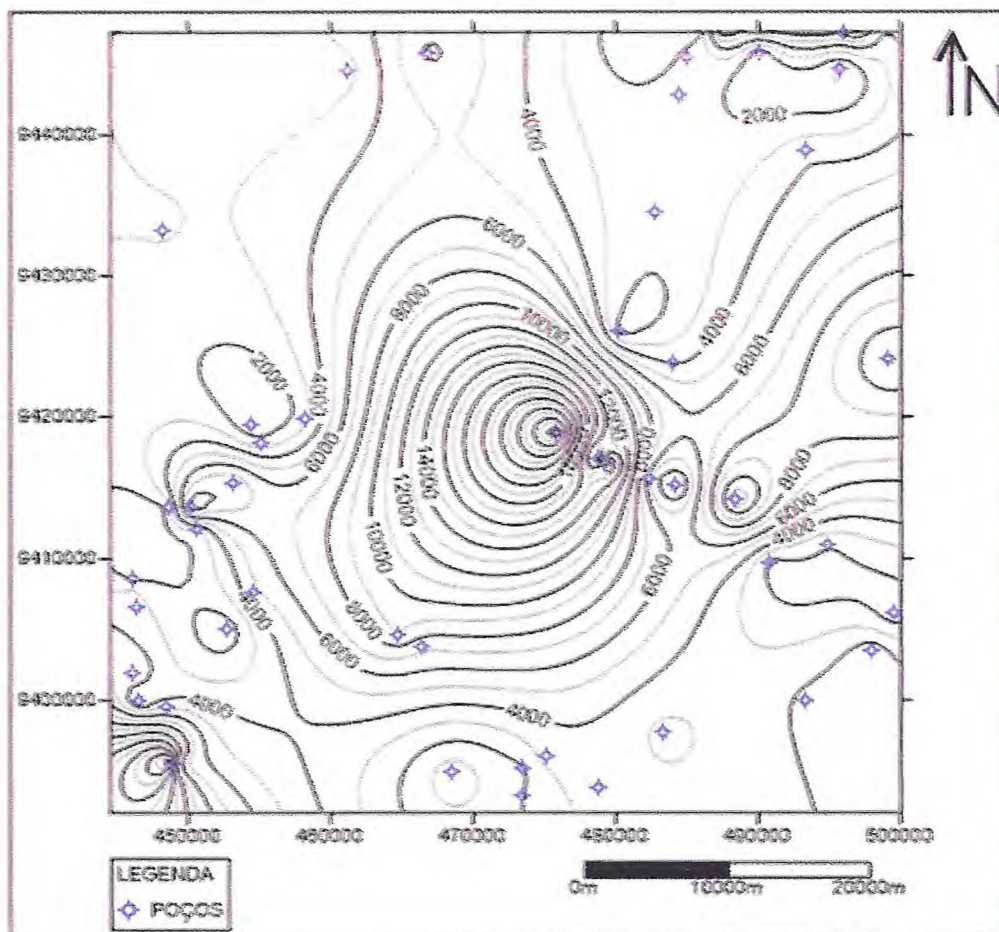


A partir dos dados dos poços gerou-se um mapa de isolinhas referentes à variável condutividade elétrica com a finalidade de tentar relacionar os altos valores com a litologia da região.

Observa-se, que dos 50 poços com informações para a variável condutividade elétrica apenas 2 poços estão com valores abaixo do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde. E, os valores mais elevados tendem a se concentrar na parte central da Folha Quixeramobim como pode ser visualizado na figura 14.

Porém, não foi possível chegar a nenhuma conclusão em relação a uma possível correlação com um dos tipos litológicos que, na região não apresentam diferenças significantes no sentido de interferir na qualidade das águas subterrâneas.


Figura 14: Mapa de isolinhas referentes à variável Condutividade Elétrica.



A matriz de correlação entre as variáveis elaborada a partir dos dados dos poços cadastrados e dentro dos limites da área em estudo, gerada através do programa computacional Andad e é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Matriz de correlação.

	CE	Cesp	ND	NE	Prof	Q	S
CE	1						
Cesp	-0.1562	1					
ND	0.0470	-0.2349	1				
NE	-0.1528	-0.0496	0.2884	1			
Prof	0.1538	-0.2749	0.6648	0.0032	1		
Q	-0.1728	0.1979	-0.6460	-0.2146	-0.4018	1	
S	0.1421	-0.1061	0.1706	0.0614	0.2087	-0.0539	1

 Correlação Clássica (Pearson)

\*CE: condutividade elétrica \*Cesp: capacidade específica \*ND: nível dinâmico  
 \*NE: nível estático \*Prof: profundidade \*Q: vazão \*S: rebaixamento.

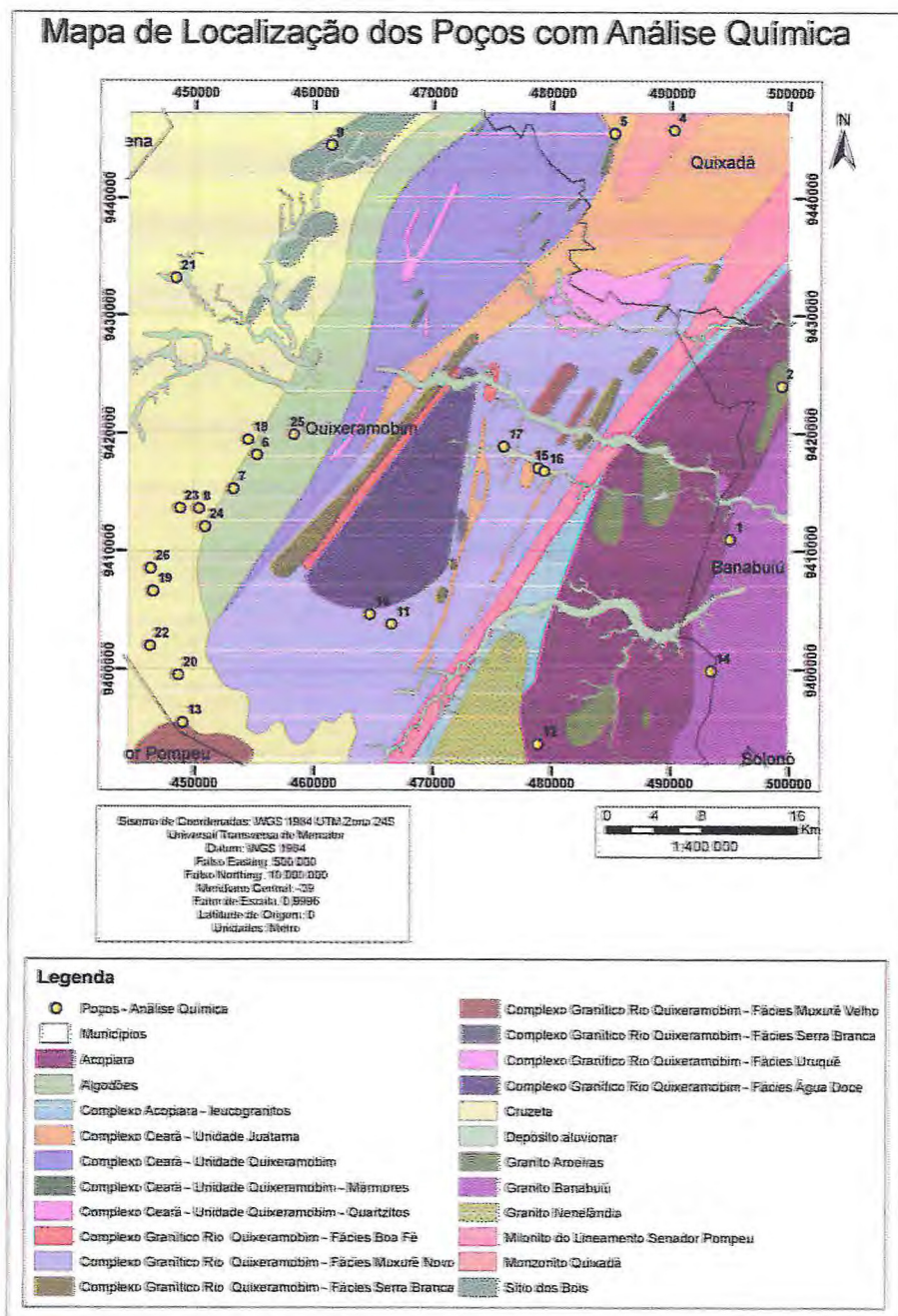
Observa-se que não existe nenhum coeficiente de Pearson com valor acima de 0,7 que é um limite inferior usualmente utilizado para uma correlação significativa. Destacam-se apenas as correlações existentes do nível dinâmico com vazão e profundidade do poço onde o coeficiente de Pearson se aproxima de uma correlação significativa.

### 4.3. QUALIDADE DA ÁGUA

#### 4.3.2. ANÁLISES QUÍMICAS

Os dados de análises químicas foram coletados a partir das informações fornecidas pelo SIAGAS. Dentre os poços contidos na Folha Quixeramobim apenas 26 continham resultados de análises físico-químicas (Anexo 2). O mapa da Figura 15 mostra a localização destes poços.

Figura 15: Mapa da Localização dos poços que possuem análises químicas na Folha Quixeramobim.



Com base na Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, realizou-se um comparativo entre os valores dos poços e os valores máximos permitidos - VMP pela Portaria Nº 2.914, os quais são os valores permitidos para o consumo humano. Na Tabela 4 é possível observar os valores máximos permitidos pela Portaria.

Tabela 4: Valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011 para os aspectos químicos discriminados na tabela.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP
PH			6.0-9.0
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	14797-65-0	mg/L	1
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	14797-55-8	mg/L	10
Alumínio (Al)	7429-90-5	mg/L	0.2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	7664-41-7	mg/L	1.5
Cloreto (Cl)	16887-00-6	mg/L	250
Dureza total (D)		mg/L	500
Ferro (Fe)	7439-89-6	mg/L	0.3
Manganês (Mn)	7439-96-5	mg/L	0.1
Sódio (Na)	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais (STD)		mg/L	1000
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	14808-79-8	mg/L	250
Turbidez		uT	5

Fonte: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2011/prt291412122011.html>. Acesso:05/01/16

\*CAS: número de referência de compostos e substâncias químicas adotadas pelo Chemical Abstract Service.

\*VMP: Valor Máximo Permitido.

Os valores dos elementos químicos dos poços podem ser observados na Tabela 5. E, os mapas com esses elementos mostrando o comparativo com o VMP pela Portaria 2.914/2011 são observados em seguida.

Tabela 5: Dados estatísticos dos elementos químicos.

	Turbidez	pH	NO3	Al	NH3N	Cl	Fe	Na	SO4	Mn	NO2	Cond_Elétr.	STD	D
Contagem	22	26	19	3	11	26	21	23	20	7	18	26	19	21
Média	4.61	7.74	8.52	0.0019	0.09	1283.21	0.549	331.66	22.28	0.016	0.33	6080.74	2081.41	988.48
Erro padrão	2.62	0.10	2.75	0.0014	0.03	245.89	0.325	65.89	5.16	0.01	0.136	1229.82	392.84	161.34
Mediana	1	7.72	3.175	0	0	627.9	0.05	238.05	12.59	0	0.01	3441.5	1390.45	715
Desvio padrão	13.34	0.50	14.01	0.0069	0.18	1253.78	1.655	335.99	26.33	0.05	0.69	6270.90	2003.1	822.66
Variância	177.94	0.253	196.14	4.815E-05	0.03	1571965.3	2.740	112888.04	693.51	0.002	0.483	39324178.65	4012353.722	676774
Curtose	21.04	-0.787	3.72	12.5861	10.65	5.18	13.219	0.93	7.94	17.27	10.017	7.58	0.66	-0.95191
Assimetria	4.48	0.445	2.21	3.614	3.10	2.022	3.663	1.36	2.43	3.99	2.960	2.55	1.0	0.54
Intervalo	67	1.78	46.97	0.03	0.8	5622	7.38	1164.3	123.08	0.22	3.11	28505	7595	2477.3
Mínimo	0	7	0	0	0	87	0	0	0	0	0	995	0	0
Máximo	67	8.78	46.97	0.03	0.8	5709	7.38	1164.3	123.08	0.22	3.11	29500	7595	2477.3
1º Quartil	2444.25	0.7625	7.3075	0.01	3	0.0225	0.11	474.5	0.05	0.015	165.75	11.835	1361	620
3º Quartil	8006	2.5425	8.0675	0.695	8.985	0.0275	0.185	1708	0.3	0.06	500.5	33.675	3956	1784.3

\*STD: Sólidos Totais Dissolvidos. \*D: Dureza Total.

Os elementos Alumínio, Amônia e Manganês estão em destaque na tabela 5, devido a menor quantidade de informação. Em relação a variável pH analisando o valor máximo e mínimo todos os poços respeitam o VMP.

A partir desses dados, com o intuito de melhor visualizar a distribuição espacial dos elementos químicos e a quantidade de poços acima do valor máximo permitido pela Portaria 2.914/2011, foram gerados mapas através do programa *Surfer*.

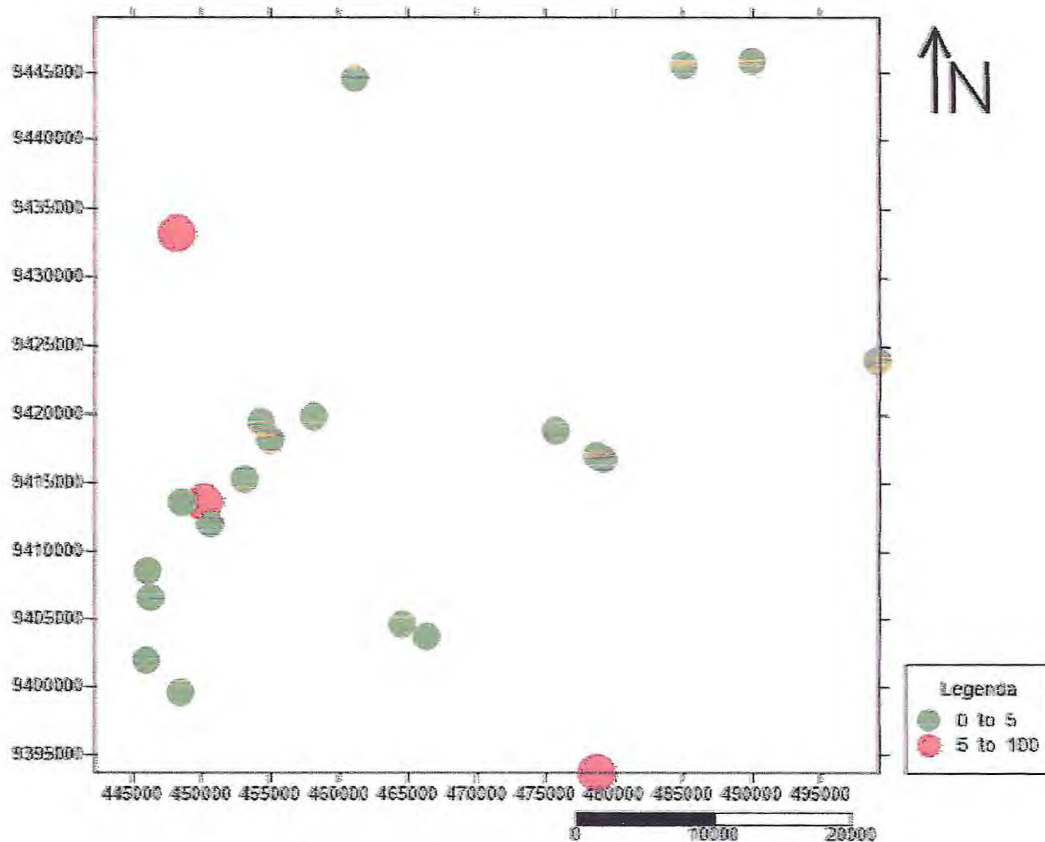
A condutividade elétrica é uma propriedade capaz de ser associada à qualidade da água em relação à sua salinidade. Ela é uma das poucas variáveis que possui informação para os 26 poços aqui analisados.

Os valores para a condutividade elétrica são bastante elevados na maioria dos poços sendo um possível indício de águas salinas, que precisam passar por processos de dessalinização para que se tornem aptas para o consumo humano e de irrigação da vegetação e plantio.

O aspecto químico, Turbidez, é uma característica da água decorrente da presença de substâncias em suspensão e organismos microscópicos, que mede a transparência em termos da redução de penetração da luz. Dessa forma, o mapa de distribuição da Turbidez pode ser observado na Figura 16.



Figura 16: Mapa de distribuição espacial da Turbidez medida nas análises físico-químicas.



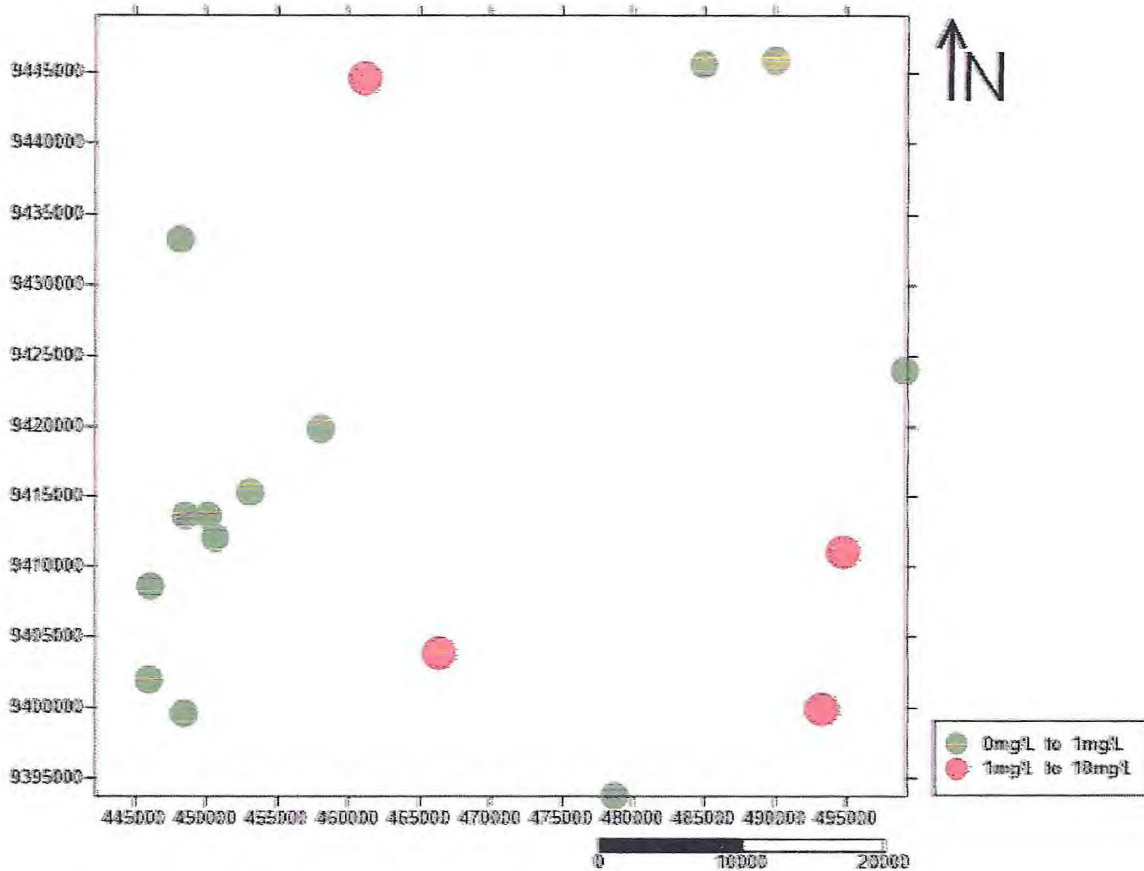
Observa-se que 3 poços estão com seus valores acima do permitido devido a distância espacial entre eles não foi possível gerar uma única imagem no Google Earth para que fosse aqui representada, porém os 3 poços indicam que sua utilização seja para a rega e plantio.

O pH que tem sua temperatura padrão determinada pela Portaria 2914/2011 a 25° C e seu valor máximo permitido entre seis e nove, sendo assim, observa-se que o resultado foi satisfatório para todos os poços cadastrados no banco de dados, pois os 26 poços possuem o pH dentro do limite permitido pelo Ministério da Saúde.

Segundo a Rev. Saúde Pública v. 32 n. 2 São Paulo abr. 1998, a presença de compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. O nitrito e o nitrato estão associados a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas.

Dessa forma, o nitrito e o nitrato também estão representados através dos mapas Figura 17 e Figura 19.

Figura 17: Mapa de distribuição espacial do nitrito medido nas análises físico-químicas.



O valor máximo de nitrito permitido pelo Ministério da Saúde através da Portaria 2914/2011 é igual a 1 mg/L. Através do gráfico é possível observar que poucos poços possuem seus valores de nitrito acima do permitido.

Ao analisar os 4 poços acima do VMP através de imagens do Google Earth observa que estão em regiões de possível pasto sujeitos a fezes de animais como vaca e boi. O poço de maior contaminação é o poço de ID 14 com valores de 3,11 mg/L, ele está localizado próximo de uma casa o que talvez nos indique uma associação à presença de fossas no entorno (Figura 18).

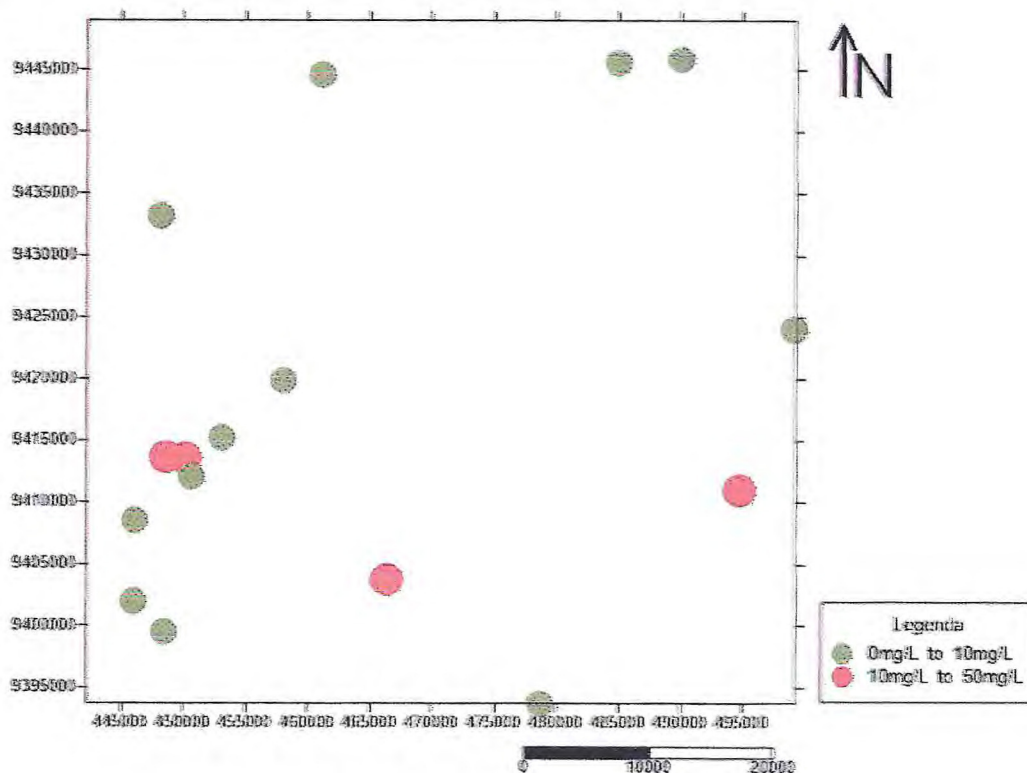
Figura 18: Localização do Poço – ID 14.



Fonte: Imagens de satélites fornecida pelo Google Earth em 18 de Fevereiro de 2016.

Em relação ao Nitrato a quantidade de poços que ultrapassam o valor permitido também é pequena, o que pode ser observado no mapa (Figura 19).

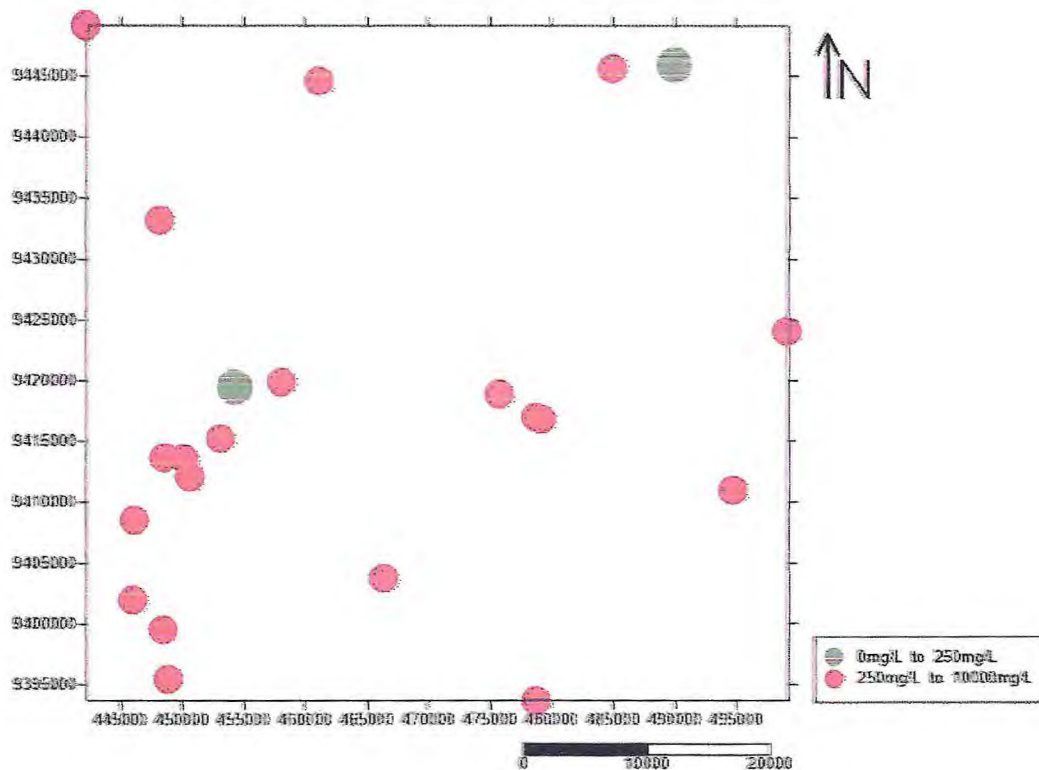
Figura 19: Mapa de distribuição espacial do nitrato medido nas análises físico-químicas.



É possível notar que dois poços coincidem seus valores acima do permitido tanto para o nitrito como para o nitrato que são os poços de ID 1 e ID 11 e eles também estão em proximidades de casas.

O cloreto (Figura 20) possui a maioria dos poços com valores acima do permitido pela Portaria 2914/2011 que é o de 250 mg/L.

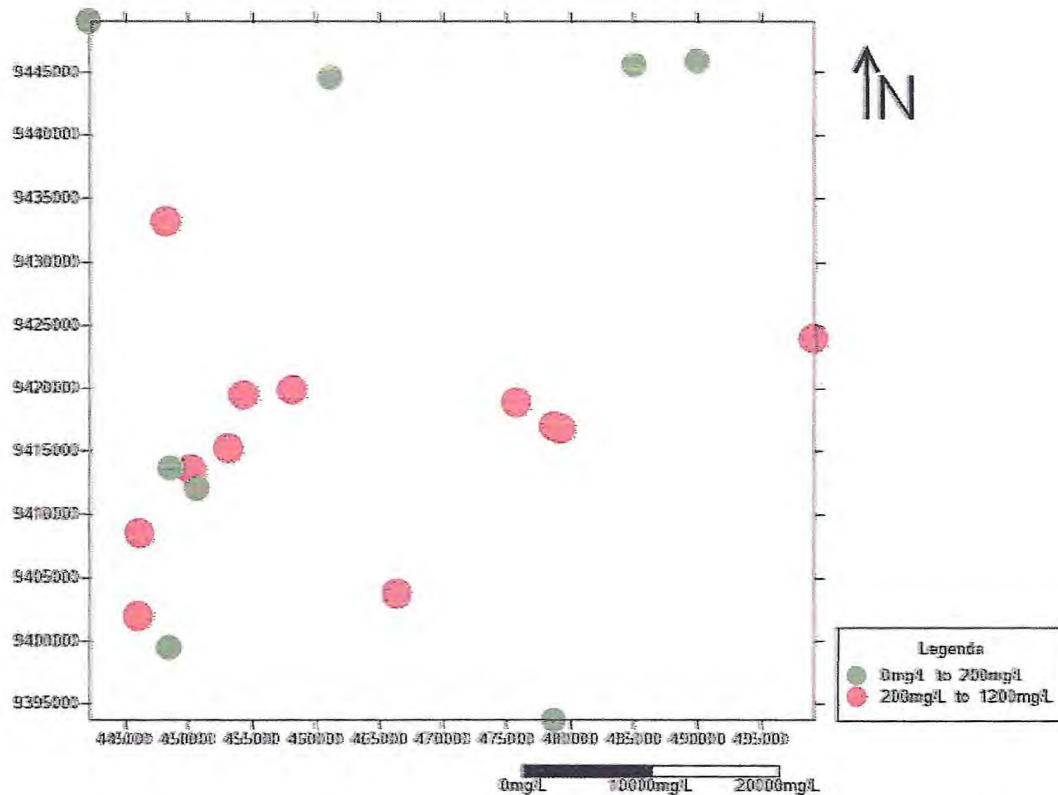
Figura 20: Mapa de distribuição espacial do cloreto medido nas análises físico-químicas.



Dos 26 poços com análise química, apenas dois poços estão com seus valores dentro dos padrões permitidos pela Portaria 2.914/2011

E, em relação ao sódio, uma quantidade significativa está acima do valor permitido de 200mg/L e está representada no mapa (Figura 21).

Figura 21: Mapa de distribuição espacial do sódio medido nas análises físico-químicas.



O poço de ID 4 possui valores acima do permitido para o cloreto, porém está dentro dos padrões para o sódio, a sua localização através do Google Earth pode ser observada na Figura 22.

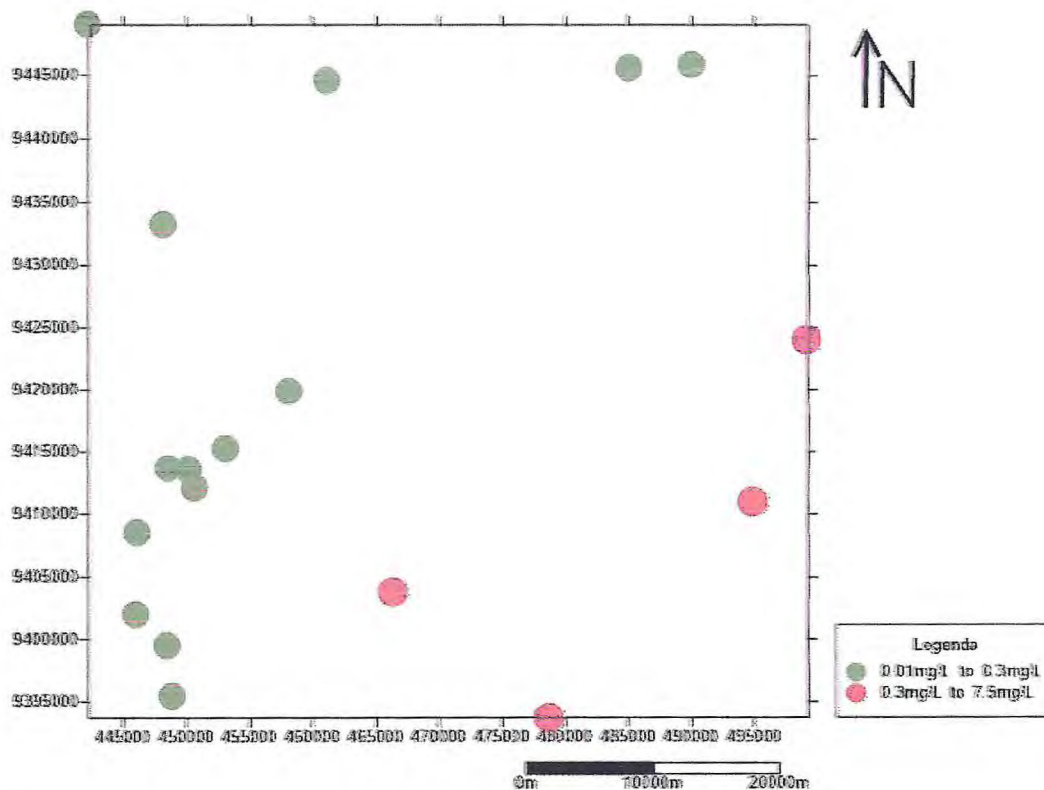
Figura 22: Localização do poço ID 4.



Fonte: Imagens de satélites fornecida pelo Google Earth em 18 de Fevereiro de 2016.

O valor de Ferro permitido pela Portaria 2914/2011 é de 0.3 mg/L o mapa para esse elemento pode ser observado na Figura 23.

Figura 23: Mapa de distribuição espacial do ferro medido nas análises físico-químicas.



Observando os elementos cloreto, sódio e ferro, nota-se que o poço de ID 2 está com seus valores elevados para os três elementos, buscando maiores informações sobre esse poço, observou-se imagens de satélite do Google Earth, porém não é possível chegar em maiores conclusões sobre o poço, pois é visível apenas vegetação em suas proximidades (Figura 24).

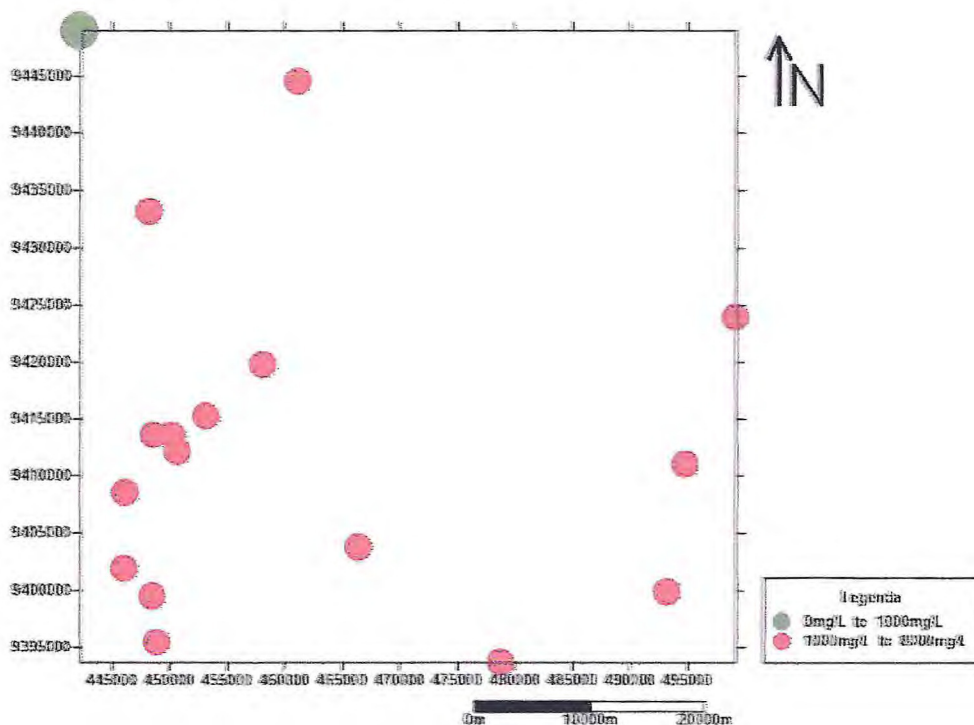
Figura 24: Localização do poço ID 2.



Fonte: Imagens de satélites fornecida pelo Google Earth em 18 de Fevereiro de 2016.

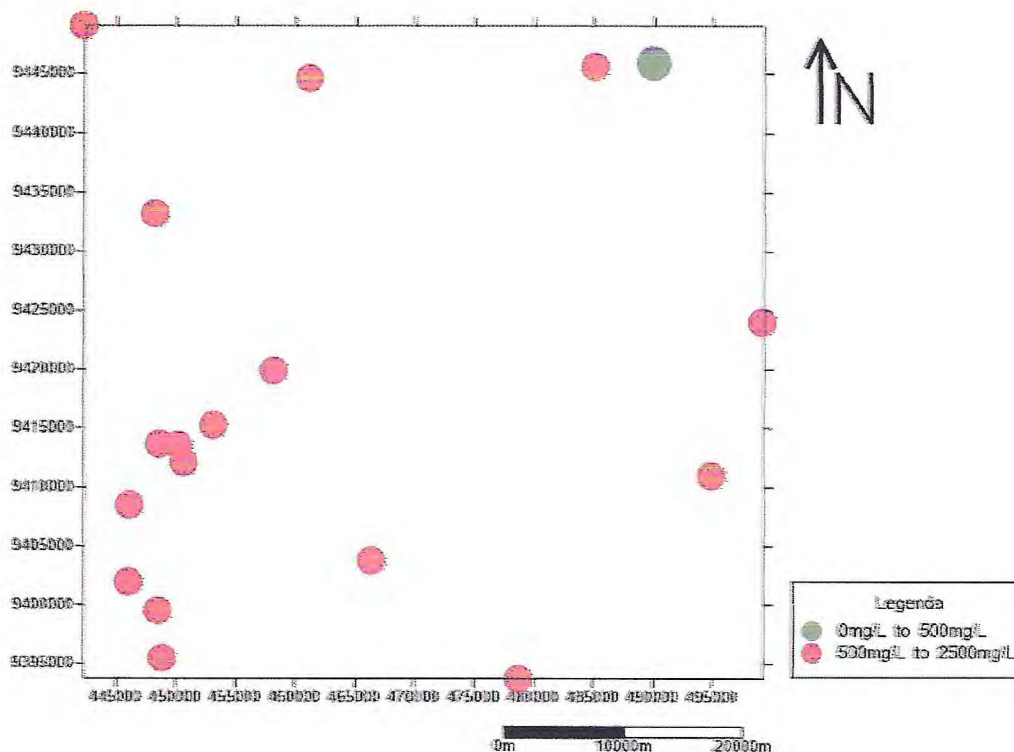
Os sólidos dissolvidos totais que é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas em um líquido de formas moleculares é um parâmetro de determinação da qualidade da água, avaliando o peso total dos constituintes minerais presentes na água, tem seu valor permitido de sólidos dissolvidos totais é de 1000 mg/L. A distribuição espacial no mapa (Figura 25) nos mostra que apenas um poço está com valores abaixo do valor máximo permitido.

Figura 25: Mapa de distribuição dos sólidos totais dissolvidos medida nas análises físico-químicas.



A Dureza Total possui o valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011 de 500 mg/L, dessa forma quase que na totalidade dos poços estão com os valores acima do permitido pelo Ministério da Saúde. A distribuição dos valores pode ser observada no mapa (Figura 26).

Figura 26: Mapa de distribuição da dureza total medida nas análises físico-químicas.



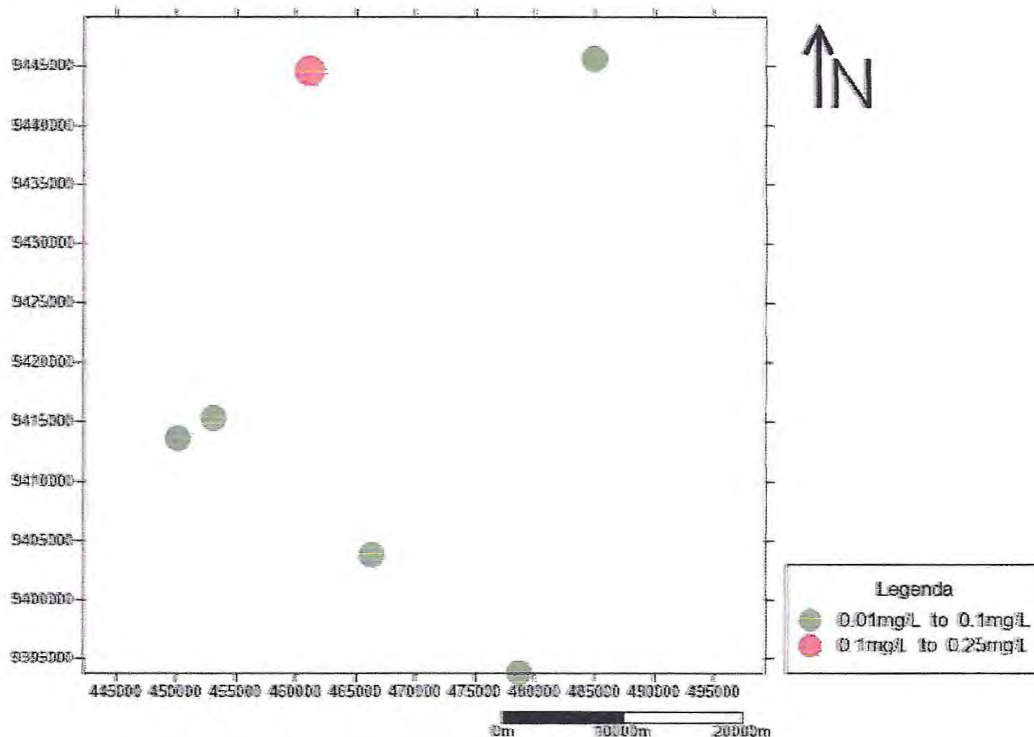
O Alumínio possui três poços com informações, dos três poços todos estão dentro dos padrões da Portaria 2914/2011 com menos de 0.2 mg/L como pode ser observado no mapa.

Os valores referentes à amônia, também estão dentro dos padrões com todos os poço com valores menores de 1.5 mg/L podendo ser observado no mapa.

O manganês possui apenas um poço acima do valor máximo permitido e todos os outros estão dentro dos padrões com menos de 0.1 mg/L podendo ser observado no mapa (Figura 27).



Figura 27: Mapa de distribuição do manganês medida nas análises físico-químicas.



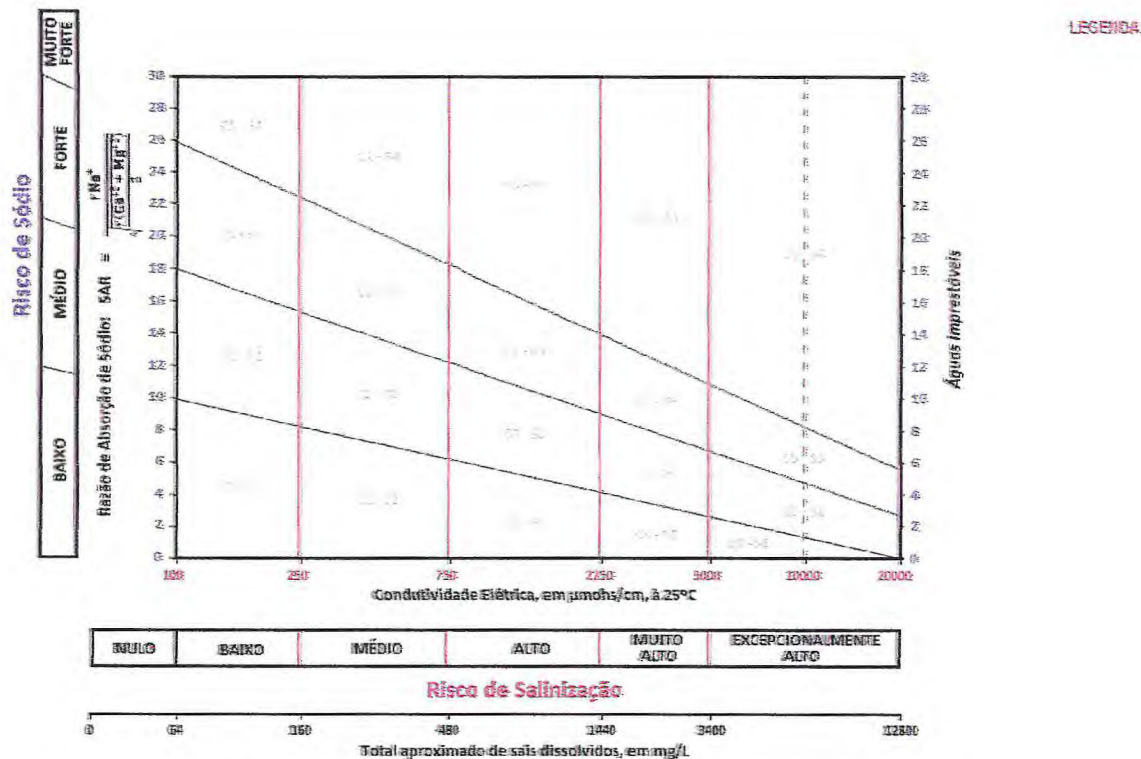
O sulfato possui todos os poços com valores abaixo do valor máximo permitido.

Segundo a Secretaria de Agricultura do município de Quixeramobim, mais de oitenta mil hectares já foram desapropriados e entregues à reforma agrária, analisando essa grande demanda da agricultura e o plantio familiar, após as análises dos elementos químicos para o consumo humano da água, tentou-se gerar gráficos que analisassem o uso dessa água para a irrigação.

Dessa forma, utilizando o programa computacional Qualigraf, tentou-se gerar o gráfico SAR, e o diagrama de Piper, porém não existe informação suficiente para gerar o diagrama e nem para gerar o gráfico de classificação de águas para irrigação.

No entanto, analisando os valores da Condutividade Elétrica, alguns valores possuem seis vezes mais o valor máximo permitido. As águas dos poços em estudo no que diz respeito ao risco de salinização variam entre alto e excepcionalmente alto de acordo com o Gráfico 11 (sem projeções por causa da falta de dados, mas pra ilustrar pode ser analisado a seguir).

Gráfico 3: Gráfico SAR fornecido pelo programa Qualigraf com os níveis de risco de salinização relacionada com o risco de sódio.



Fonte: Programa Qualigraf - <http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/3>

Observando o gráfico e a condutividade elétrica dos poços em estudo nota-se que eles podem se encaixar nas categorias C3 e C4. Sabe-se, portanto que C3 representa uma água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm, ou seja, não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controlar a salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais. E, C4 representa água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm, ou seja, não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.

Quanto aos riscos de sódio, não foi possível analisar os valores e gerar o gráfico SAR devido a falta de informação dos elementos Mg e Ca, os quais, são necessários para gerar o gráfico, segundo a fórmula:

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{r(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}}$$

Essas foram as análises realizadas, com os dados disponíveis, referentes à qualidade da água.

## 5. CONCLUSÃO

Com dados dos poços coletados no site do SIAGAS torna-se muito difícil gerar informações tendo em vista a presença de muitas falhas nos cadastros. Outro fator que dificulta a análise dos dados é que não se consegue extrair uma amostra de tamanho significativo com dados contemporâneos para cada uma das variáveis medidas.

Nas informações obtidas no site da FUNCEME relativas à precipitação pluviométrica percebe-se a escassa distribuição espacial dos postos pluviométricos e, na maioria deles, os registros de precipitações são inferiores a 15 anos o que compromete o uso de médias aritméticas de séries históricas, dificultando a análise dos dados.

Os mapas de precipitação e de vazão, ao serem analisados visualmente, nos levam a uma leve aproximação da relação entre a localização dos poços de maiores vazões nas regiões de maior pluviosidade indicando que a maior produtividade dos poços está relacionada à recarga.

A caracterização hidrogeológica fica prejudicada em função da qualidade dos dados obtidos em cadastros existentes. Para uma melhor caracterização é fundamental a observação das variáveis medidas não somente em relação ao espaço, mas também em relação ao tempo o que inclui um monitoramento periódico das variáveis nos pontos.

Em relação à qualidade das águas subterrâneas confirmou-se apenas sobre sua alta salinidade. Neste sentido, destaca-se a necessidade de experimentos para investigação da origem dos sais presentes na água. Observou-se também, que alguns poços podem estar sofrendo contaminação decorrente de fossas para maiores conclusões sobre a qualidade da água se faz necessário em trabalhos futuros uma ida ao campo para o monitoramento dos poços e a coleta da água para novas análises químicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE *et. al.*, Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará - sistema de informação geográfica-Sig. mapa na escala 1:500000. Fortaleza – CE, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2ª Aproximação). Rio de Janeiro, 1999.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, jan./abr. 1987.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. A nova política das águas do Ceará. Fortaleza: IOCE, 1992.

IPLANCE - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ. Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará, Secretaria do Planejamento e Coordenação - SEPLAN. 1997.

TORQUATO, R.F.J (Coord); ALMEIDA, A.R; SIDRIM, A.C.G; MARANHÃO, C.M.L; PARENTE, C.V; TORQUATO, J.R.F; NETO, A.N; FILHO, J.F.A; SOUZA, J. V; SOUZA, M.J.N; ARTHAUD, M.H. Granitóides de Quixadá: Região de Quixadá e Solonópole. Revista de Geologia UFC, v. 2, n. ½, 1989.

SIDRIM, A.C.G.; MARANHÃO, C.M.L.; PARENTE, C.V.; ANDRADE FILHO, J.F. de. Geologia preliminar do Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim – CE. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988, Anais...Belém, 1988, SBG, v.3, p.1036

VERRÍSIMO, C.U.V.; MAGINI, C.; PARENTE, C.V.; NOGUEIRA NETO, J.A.; ALMEIDA, A.R.; MELO, O.O.; HAMELAK, G.M.S. Formações Ferríferas Bandadas da Região de Quixeramobim – Boa Viagem, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 9. 2008, Cabo Verde. Boletim de Resumos...Portugal: Universidade de Aveiro/Universidade de Cabo Verde, 2008, p.107

EUGÊNIO ANTÔNIO DE LIMA<sup>1</sup> & MARCELO JOSÉ GONÇALVES BARROS<sup>2</sup> - Mapeamento hidrogeológico da Folha Quixeramobim – Ceará

CADERNO REGIONAL DA SUB-BACIA DO BANABUIÚ – Pacto das águas V. 2 - Fortaleza – Ceará 2009. Equipe Técnica de Elaboração dos Cadernos Regionais Antônio Martins da Costa, Francisco Carlos Bezerra e Silva, Renata Mendes Luna, Walber Cordeiro.

ALMEIDA, F. F. M. et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. Boletim Resumos. Campina Grande: SBG, 1977. v. 6, p.363-391.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. 1984. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. (coords.) o Pré-Cambriano do Brasil São Paulo, Edgard Blücher. p. 123-186.

ARTHAUD, M. H.; FERNANDES, A. H. M.; GOIS, D. L.; NOGUEIRA NETO, J. de A. 1993. Evolução termo-dinâmica da Sequência Metassedimentar de Quixeramobim (CE): suas consequências quanto ao funcionamento das transcorrências dúcteis do Ceará Central. Revista de Geologia – DG/CC/UFC, 6, 47-56.

CASTRO, N. A. Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taperuaba, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema). 2004. 221 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Itatira- SB.24-V-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem./Afonso Rodrigues de Almeida, Clovis Vaz Parente, Michel Henry Arthaud - Ceará: UFC/CPRM, 2007.

ALMEIDA, A. R.; ULBRICH, H. H. G. J. O Batólito Granítico Quixeramobim-Ce: aspectos estruturais internos e mecanismo de alojamento crustal. Revista de Geologia, Fortaleza, v. 16, n. 2, p. 81-98, 2003.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos (Planerh). Fortaleza: SRH, 1992.

<http://www.cprm.gov.br/publique/media/quixeramobim.pdf> Acesso em 03 de agosto de 2015.

[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br) Acesso em: 03 de agosto 2015.

<http://www.pedologiafacil.com.br/glossario.php#l> Acesso em: 03 de agosto 2015.

<http://www.quixeramobim.ce.gov.br/> Acesso em: 03 de agosto 2015.

<http://pt.climate-data.org/location/42498/> Acesso em: 04 de agosto 2015.

<http://www.ceara.gov.br/municipios-cearenses/803-municipios-com-a-letra-q#munic-pio-quixeramobim> Acesso em: 04 de janeiro de 2016.

<http://www.funceme.br/> Acesso em: 05 de Janeiro de 2016.

<http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/3> Acesso em: 22 de janeiro de 2016.

<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/cultura-e-produ%C3%A7%C3%A3o-em-quixeramobim> Acesso em: 21 de janeiro de 2016.

<http://jornalggn.com.br/blog/luisnassif/a-riqueza-do-bioma-caatinga> Acesso em:  
06 de Fevereiro de 2016.

## 7. ANEXOS

Anexo 2 – Tabela com os poços que possuem análise química.

ID	Poço	Município	Cond_Élét. (µS/cm)	Turbidez	pH	NO <sub>2</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L	Al mg/L	NH <sub>3</sub> N mg/L	Cl mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	STD mg/L	D mg/L
1	2300018994	Banabuiú	2064	S/F	8.52	1.26	45.48	S/F	S/F	413	0.35	S/F	S/F	35.7	1341.6	510
2	2300021671	Banabuiú	11260	0.23	7.24	0.01	9.1	S/F	0.8	3376.3	0.3	S/F	1164.3	7.6	7595	2477.3
3	2300021546	Madalena	2088.5	S/F	7.43	S/F	S/F	S/F	0.45	752.2	0.01	S/F	22.8	33	955.7	747.4
4	2300019355	Quixadá	1175	2.07	8.35	0.27	2.95	0	0.02	193	0.07	S/F	163.5	11.7	S/F	212
5	2300020830	Quixadá	2360	2.7	7.16	0.08	2.84	0.03	0.25	485	0.28	0.01	145	55	S/F	500
6	2300018512	Quixeramobim	2460	0.72	8.60	S/F	7.72	S/F	S/F	543.00	0.04	S/F	168.00	10.59	1279.00	550.00
7	2300018513	Quixeramobim	8058	0.32	7.97	0.44	7.61	0.02	S/F	1512	0.02	0.01	286.00	13.18	4190.00	2360
8	2300018514	Quixeramobim	9387	20	7.73	0.2	18.12	S/F	S/F	2045.00	0.19	0.08	442.00	11.88	4880	2350
9	2300018516	Quixeramobim	2589	0.42	8.27	1.25	3.05	S/F	S/F	456.00	0.03	0.02	148.00	22.64	1346.00	730.00
10	2300018517	Quixeramobim	9016	1.70	7.14	0.78	5.04	S/F	S/F	2508.00	0.32	0.22	836.00	123.08	4688.00	1330.00
11	2300018518	Quixeramobim	7159	0.36	7.90	1.10	46.97	S/F	S/F	1710.00	0.30	0,04	568.00	48.52	3722.00	1430.00
12	2300018519	Quixeramobim	3483	67	8.07	0.03	4.57	S/F	S/F	424	4.62	0.04	183	16.88	1811.00	1200.00
13	2300018521	Quixeramobim	7850.00	S/F	7.00	S/F	S/F	S/F	S/F	2489.30	0.02	S/F	S/F	12.00	5102.5	1784.30
14	2300018996	Quixeramobim	4248.00	S/F	8.78	3.11	8.87	S/F	S/F	471	7.38	S/F	S/F	50.5	2761.2	1600
15	2300019762	Quixeramobim	8840.00	1	7.30	S/F	S/F	S/F	S/F	1702	S/F	S/F	559.00	S/F	S/F	S/F
16	2300019763	Quixeramobim	19110	1	7.33	S/F	S/F	S/F	S/F	5709.00	S/F	S/F	1028	S/F	S/F	S/F
17	2300019765	Quixeramobim	29500	1	7.47	S/F	S/F	S/F	S/F	2262	S/F	S/F	1026	S/F	S/F	S/F
18	2300019766	Quixeramobim	995.00	1.00	7.14	S/F	S/F	S/F	S/F	87	S/F	S/F	288.00	S/F	S/F	S/F
19	2300019767	Quixeramobim	3400	1.00	7.20	S/F	S/F	S/F	S/F	514.00	S/F	S/F	244.00	S/F	S/F	S/F
20	2300021772	Quixeramobim	4685.20	0.13	7.51	0.009	5	S/F	0.11	1405.40	0.05	S/F	50.00	31.3	3515.9	2248.7
21	2300021821	Quixeramobim	3088.00	7.34	8.06	0.009	3.3	S/F	0.111	636.8	0.05	S/F	309.7	27.7	2316.00	681.6
22	2300021822	Quixeramobim	5492	0.89	7.50	0.009	0.3	S/F	0.11	1604.4	0.05	S/F	274.4	S/F	3089.20	2124.30
23	2300021986	Quixeramobim	2109	4.00	7.71	0.01	42.10	S/F	0.12	501.2	0.05	S/F	37.60	31.5	1190.3	925
24	2300021988	Quixeramobim	2490.60	2.00	7.74	0.01	4.10	S/F	0.11	528.80	0.05	S/F	189.7	8.00	1404.90	700
25	2300021989	Quixeramobim	2439	1.00	7.86	0.01	1.7	S/F	0.11	619.00	0.05	S/F	232.10	18.10	1376.00	620.00
26	2300022563	Quixeramobim	2753	4.00	8.13	0.10	2.6	S/F	0.11	416	0.05	S/F	258.1	10.40	1552.3	620.00

\*STD: Sólidos Totais Dissolvidos. \*D: Dureza Total. \*S/F: Sem Informação



55	2300019765	475899	9418866	Quixeramobim	11/07/2001	Poço tubular	72.00	0.01	3.65	40.44	36.79	0.46	29500.00	S/F	Rio Jaguaribe	13/07/2001	13/07/2001
56	2300019766	454413	9419469	Quixeramobim	13/07/2001	Poço tubular	72.00	0.01	1.35	38.00	36.65	0.22	995.00	S/F	Rio Jaguaribe	20/07/2001	16/07/2001
57	2300019767	446420	9406597	Quixeramobim	12/07/2001	Poço tubular	72.00	0.36	4.35	18.70	14.35	5.14	3400.00	S/F	Rio Jaguaribe	20/07/2001	15/07/2001
58	2300020671	452720	9404981	Quixeramobim	16/07/1999	Poço tubular	72.00	0.10	11.00	42.00	31.00	3.00	1263.00	Doméstico/Animal	Rio Jaguaribe	04/10/2006	16/07/1999
59	2300021772	448548	9399530	Quixeramobim	13/11/2008	Poço tubular	60.00	0.72	4.30	21.30	17.00	12.30	4685.20	Múltiplo	Rio Jaguaribe	14/01/2009	22/11/2008
60	2300021821	448250	9433194	Quixeramobim	15/10/2008	Poço tubular	60.00	0.24	2.00	32.00	30.00	7.10	3088.00	Múltiplo	Rio Jaguaribe	14/01/2009	19/11/2008
61	2300021822	446150	9401960	Quixeramobim	23/10/2008	Poço tubular	40.00	0.25	2.80	24.30	21.50	5.40	5492.00	Múltiplo	Rio Jaguaribe	14/01/2009	23/11/2008
62	2300021986	448665	9413618	Quixeramobim	03/12/2008	Poço tubular	80.00	0.01	8.00	66.00	58.00	0.40	2109.10	Múltiplo	Rio Jaguaribe	11/08/2009	23/07/2009
63	2300021987	464369	9423268	Quixeramobim	06/12/2008	Poço tubular	80.00	0.01	12.00	66.00	54.00	0.40	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	26/07/2009
64	2300021988	450730	9412074	Quixeramobim	14/07/2009	Poço tubular	41.00	0.04	12.00	32.00	20.00	0.80	2490.60	Múltiplo	Rio Jaguaribe	11/08/2009	24/07/2009
65	2300021989	458232	9419884	Quixeramobim	16/07/2009	Poço tubular	69.00	0.00	9.00	60.00	51.00	0.20	2439.20	Múltiplo	Rio Jaguaribe	11/08/2009	21/07/2009
66	2300022083	444692	9440696	Quixeramobim	10/07/2009	Poço tubular	77.00	0.01	15.00	57.00	42.00	0.50	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	12/09/2009
67	2300022105	447868	9404848	Quixeramobim	22/08/2009	Poço tubular	60.00	0.03	3.00	43.00	40.00	1.20	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	17/09/2009
68	2300022106	451451	9411416	Quixeramobim	24/08/2009	Poço tubular	93.00	0.03	24.00	63.00	39.00	1.20	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	09/09/2009
69	2300022107	456143	9417282	Quixeramobim	25/08/2009	Poço tubular	40.00	0.31	3.00	20.00	17.00	5.30	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	10/09/2009
70	2300022108	464455	9429302	Quixeramobim	26/08/2009	Poço tubular	73.00	0.01	8.00	57.00	49.00	0.70	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	11/09/2009
71	2300022341	460949	9427880	Quixeramobim	27/08/2009	Poço tubular	69.00	0.01	10.00	58.00	48.00	0.45	S/F	Múltiplo	Rio Jaguaribe	S/F	11/09/2009
72	2300022563	446215	9408533	Quixeramobim	14/07/2009	Poço tubular	40.00	0.15	20.00	30.00	10.00	1.50	2752.60	Múltiplo	Rio Jaguaribe	11/08/2009	22/07/2009

\*S/F = Sem informação

