

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ANDRÉ HENRIQUE GAINO**

**DETERIORAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: MÉTODO DE VIDEOSCOPIA COMO  
FERRAMENTA DE ANÁLISE DE POÇOS NO RS.**

**Caçapava do Sul  
2016**

**ANDRÉ HENRIQUE GAINO**

**DETERIORAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: MÉTODO DE VIDEOSCOPIA COMO  
FERRAMENTA DE ANÁLISE DE POÇOS NO RS.**

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

Orientador: Prof. Dr. Maximilian Fries

Coorientador: Marcelo Goffermann

**Caçapava do sul  
2016**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo autor  
através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

G142d Gaino, André Henrique  
DETERIORAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: MÉTODO DE VIDEOSCOPIA  
COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DE POÇOS NO RS / André  
Henrique Gaino.  
51 p.  
  
Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--  
Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2016.  
"Orientação: Maximilian Fries".  
  
1. Hidrogeologia. 2. Poços tubulares. 3. Deterioração.  
4. Perfilagem óptica. I. Título.

**ANDRÉ HENRIQUE GAINO**

**DETERIORAÇÃO DE POÇOS TUBULARES: MÉTODO DE VIDEOSCOPIA COMO  
FERRAMENTA DE ANÁLISE DE POÇOS NO RS.**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28/06/2016.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Maximilian Fries  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Profa. Dra. Cristiane Heredia Gomes  
UNIPAMPA

---

Msc. Rafael Lima Dessart

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Otávio e Marta, por todo do apoio e carinho  
ao longo dos anos.

## **AGRADECIMENTO**

A Profa. Dra. Andrea Cristina Lima dos Santos Matos, que mesmo com todas as dificuldades sempre se mostrou paciente e prestativa, me orientando durante grande parte do estudo.

Ao Prof. Dr. Maximilian Fries, por toda ajuda e orientação nos momentos finais e decisivos do trabalho.

Ao colega Marcelo Goffermann, por todo o apoio e ensinamentos durante o período de estágio e por toda a ajuda e confiança em mim depositada.

A todos os colegas da CPRM (Superintendência de Porto Alegre) em especial aos lotados na “sala dos estagiários”, por toda ajuda prestada nas fases iniciais do trabalho e pelos momentos de descontração, e também a Guilherme Casarotto Troian, por estar sempre disposto a ajudar em tudo que fosse necessário.

Aos colegas de curso por todos os bons momentos que tivemos ao longo dessa odisséia, pelas inúmeras conversas geológicas, churrascos e cervejas, e principalmente, por toda a mudança positiva que cada um fez em mim ao longo desses anos.

A minha família e amigos, que mesmo com a distância, sempre se mantiveram presentes e fiéis a realização de todos os meus objetivos.

“Ama-se mais o que se conquista com  
esforço.”

Benjamin Disraeli

## RESUMO

Os poços tubulares, para captação de águas subterrâneas, são uma ótima opção para combater as crises hídricas que periodicamente afetam o nosso país, uma vez que a maior quantidade de água própria para o consumo humano se encontra em aquíferos. Como reflexo dessa crescente necessidade na utilização das águas subterrâneas, se tem uma grande quantidade de poços distribuídos em todo território nacional que, seja por falta de conhecimento técnico e geológico ou de fiscalização das partes responsáveis, não possuem condições, construtivas e litológicas, necessárias para fornecer águas de qualidade aceitável para o consumo humano, porém ainda se encontram em atividade. O intuito desse trabalho é o de evidenciar problemas recorrentes da má construção de poços tubulares através da análise das filmagens adquiridas, uma ferramenta ainda pouco utilizada pelas empresas de perfuração, mas de extrema valia, uma vez que demonstra claramente os problemas construtivos apresentados que podem se agravar ao longo do tempo. A técnica proposta neste estudo, possibilitando em alguns poços a interação com a litologia local, oferece maior conhecimento das problemáticas em subsuperfície, além de gerar subsídios importantes para análises do comportamento de micro estruturas, parâmetros físicos como porosidade, ductibilidade/friabilidade das rochas das quais estes poços se encontram.

Palavras-Chave: Poços tubulares, videoscopia, água subterrânea, deterioração

.



## **ABSTRACT**

The wells for groundwater abstraction are a great choice to avoid the crises that periodically affect our country, since the greatest amount of water useful for human consumption is in the form of underground aquifers. Reflecting this growing need in the use of groundwater, there are many wells distributed throughout the national territory which many of those, either for lack of technical and geological knowledge or supervision of responsible parties, don't have the necessary conditions, constructive and even lithological, to provide water with acceptable quality for human consumptions, although they are still in use. The purpose of this work is to provide information about the correct ways to locate, drill and revitalize a well, and point the problems that arise from the poor elaboration of the same. Considering these assumptions, an analysis through the images acquired from the videoscapy, a tool not so used by all companies but still extremely valuable once that shows clearly the issues that can worsen over time. the problems in the subsurface , and generate important information for more accurate analysis of microstructures , physical parameters such as porosity, ductility / brittleness of the rocks of which these wells are found .

Keywords: Wells, Videocospy, Undergroundwater

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização dos poços analisados neste estudo e respectivas regiões, Centro Ocidental-Riograndense.....	16
Figura 2: Mapa de localização dos poços analisados neste estudo e respectivas regiões, Sudoeste Rio-Grandense, Santana do Livramento.....	16
Figura 3: Mapa de localização dos poços analisados neste estudo e respectivas regiões, Sudoeste Rio-Grandense, Alegrete.....	17
Figura 4: Caracterização Hidráulica das unidades hidroestratigráficas.....	20
Figura 5: Contexto hidrogeológico da região Serra Geral. Poços analisados representados pelos pontos pretos.....	21
Figura 6: Contexto hidrogeológico da região Sanga do Cabral/Piramboia. Poços analisados representados pelos pontos pretos.....	22
Figura 7: Equipamento utilizado na investigação dos poços. Detalhe da câmera; Conjunto câmera e hastes de proteção; Bobina e conjunto de perfilagem e Módulo de aquisição.....	24
Figura 8: Situação no interior do poço JB 009.....	36
Figura 09: Situação no interior do poço JB-011.....	37
Figura 10: Situação no interior do poço JB-012.....	38
Figura 11: Situação no interior do poço JB 132.....	39
Figura 12: Situação no interior do poço IJ 411.....	41
Figura 13: Situação no interior do poço IJ 406.....	42
Figura 14: Situação no interior do poço IJ 412.....	43
Figura 15: Situação no interior do poço JB-059.....	45
Figura 16: Situação no interior do poço IO-850.....	46
Figura 17: Situação no interior do poço IO-849.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação da localidade e dos poços selecionados para o estudo.....	17
Tabela 2: Principais problemas que afetam o desempenho de poços tubulares em vários tipos de aquíferos e frequências típicas de manutenção necessárias .....	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

DRM – Departamento de Recursos Minerais

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

SAG – Sistema Aquífero Guarani

SIAGAS – Sistema de Informações de Água Subterrânea

RIMAS - Rede Integrada De Monitoramento das Águas

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
2.1 Gerais.....	14
2.2 Específicos.....	15
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>4. ÁREA DE ESTUDO E CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO</b> .....	15
4.1 Área de estudo .....	15
4.2 Contexto Hidrogeológico .....	18
4.3 Contexto Hidrogeológico por região .....	19
<b>5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
5.1 Perfilagem óptica- Fundamentos Teóricos e Equipamento.....	23
5.2 Trabalhos anteriores .....	25
<b>6. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
<b>7. PROJETO DE POÇO - GENERALIDADES</b> .....	29
<b>8 DETERIORAÇÃO EM POÇOS - TIPOS</b> .....	31
8.1 Deterioração de Poços – Processos Químicos.....	32
8.2 Deterioração de Poços – Processos Mecânicos .....	34
<b>9 RESULTADOS</b> .....	35
9.1 Sistema Aquífero Serra Geral.....	35
10.2 Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia .....	44
<b>10 CONCLUSÕES</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

A locação de um poço consiste em determinar o melhor local para a sua perfuração, objetivando a obtenção de água em quantidade e qualidade satisfatórias com o menor custo. Essa operação depende de uma série de variáveis em função do clima, vegetação, relevo e, principalmente, do tipo de domínio hidrogeológico da região (COSTA, 2013, p. 167).

Após a definição do local de perfuração deve-se elaborar o projeto de construção do poço, que segundo Demétrio *et al.* (2008, p.429) é um aprendizado que se adquire com a prática. Devendo ser baseado em informações fornecidas por estudo hidrogeológico preliminar, que indicará dados relativos a estratigrafia, nível estático, vazão específica e qualidade de água (MARIANO, 2013, p. 189).

O método de perfuração é indicado com base na decisão do local e do projeto de perfuração. Segundo Giampa e Gonçales (2013, p. 213), todas as precauções devem ser tomadas para que o poço seja técnica e ambientalmente bem construído, tornando-se uma obra economicamente viável e rentável. Caso essas etapas sejam mal elaboradas, aumentam-se as chances do poço evidenciar problemas. Tendo como consequência o mau aproveitamento do seu potencial hidrogeológico.

O trabalho visa demonstrar, através do método de videoscopia, a ação de patologias em poços mal construídos. Propondo possíveis causas dessas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Gerais

Analisar diferentes poços tubulares distribuídos no RS, com o intuito de evidenciar suas características construtivas, interação litológica, problemas recorrentes na construção e suas possíveis consequências na produção efetiva.

## **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Analisar as perfilagens ópticas realizadas e cedidas pelos profissionais do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (Superintendência de Porto Alegre);
- Detectar os principais problemas que podem ocorrer em poços mal construídos;
- Propor possíveis causas para a atual situação dos poços e, quando possível, medidas cabíveis de mitigação;
- Demonstrar visualmente as ocorrências e problemáticas relacionadas aos perfis construtivos;

## **3. JUSTIFICATIVA**

O presente trabalho pode ser justificado por sua importância acadêmica e profissional, pois se refere a demonstração teórica dos métodos de locação e perfuração de poços tubulares. Ramo da hidrogeologia que se encontra em uma constante crescente no mercado. Além de evidenciar de maneira concreta por meio de perfilagem óptica, os problemas relacionados a poços mal construídos e suas consequências na eficiência hidráulica dos mesmos.

## **4. ÁREA DE ESTUDO E CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO**

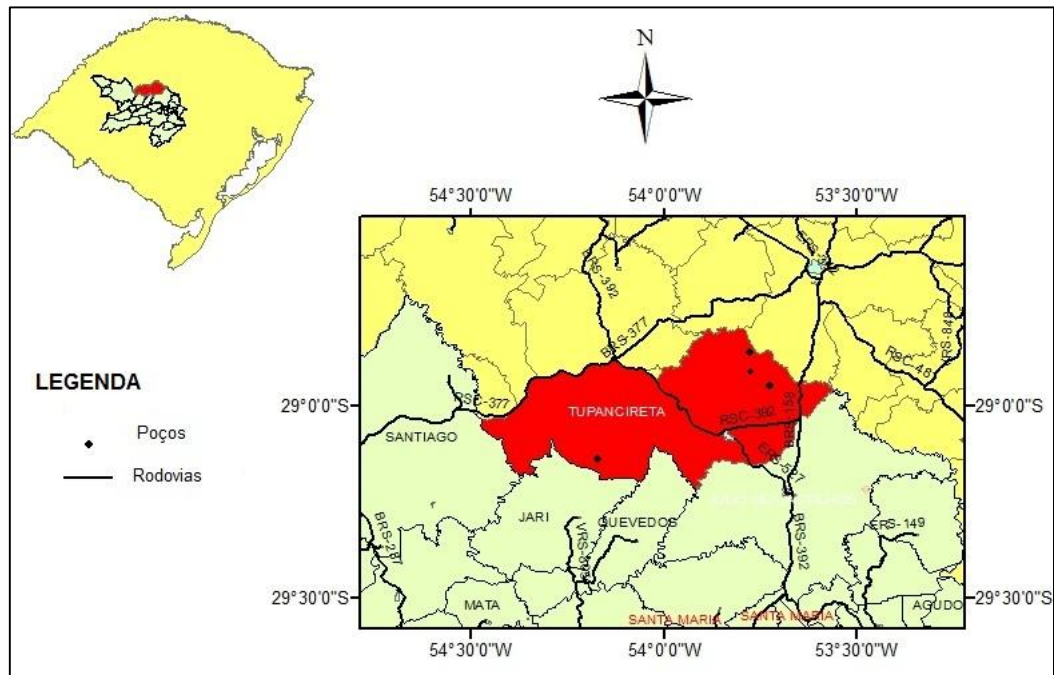
### **4.1 Área de estudo**

Os poços utilizados nesse estudo fazem parte de um projeto entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e a CPRM que visa a revitalização e perfuração de poços tubulares em assentamentos da reforma agrária do RS.

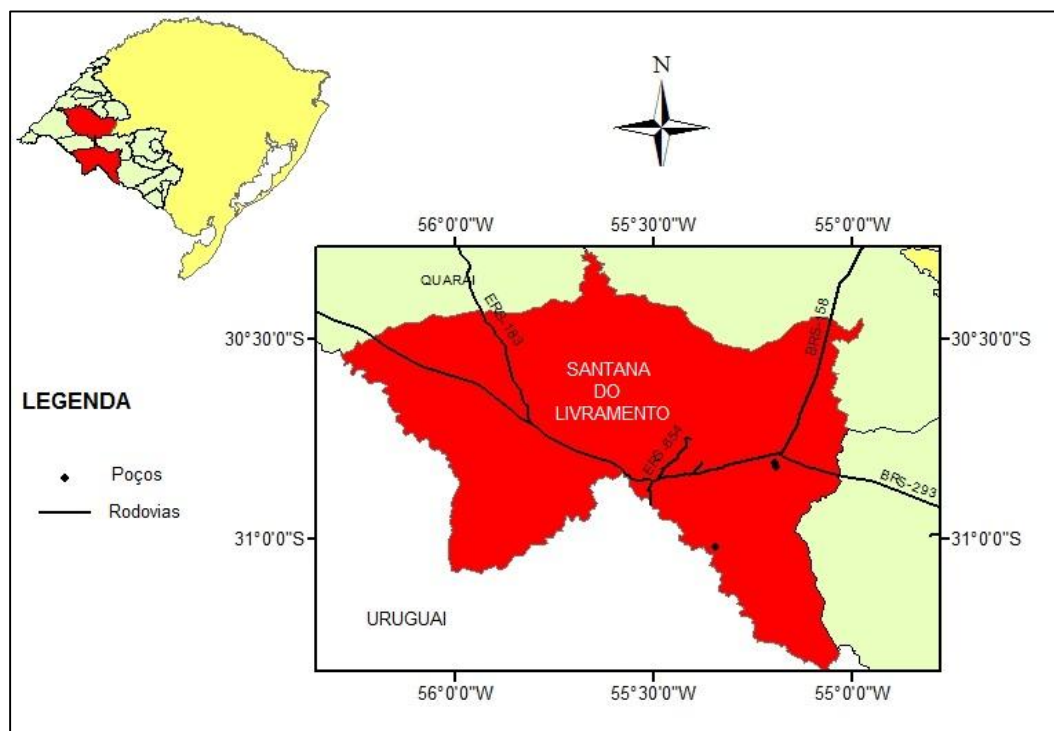
O banco de dados original desse projeto, consta com 230 poços distribuídos em 47 cidades concentradas principalmente na metade sul do Estado, próximo à fronteira com Uruguai e Argentina, e em menor escala na região das missões e do planalto do Rio Grande do Sul.

Figuras 1 a 3: Mapas de localização dos poços analisados neste estudo e respectivas regiões, **A)** Centro Ocidental Rio-Grandense, **B)** Sudoeste Rio-Grandense e subregiões, no Estado do Rio Grande do Sul,

**A)** Centro Ocidental Rio-Grandense.

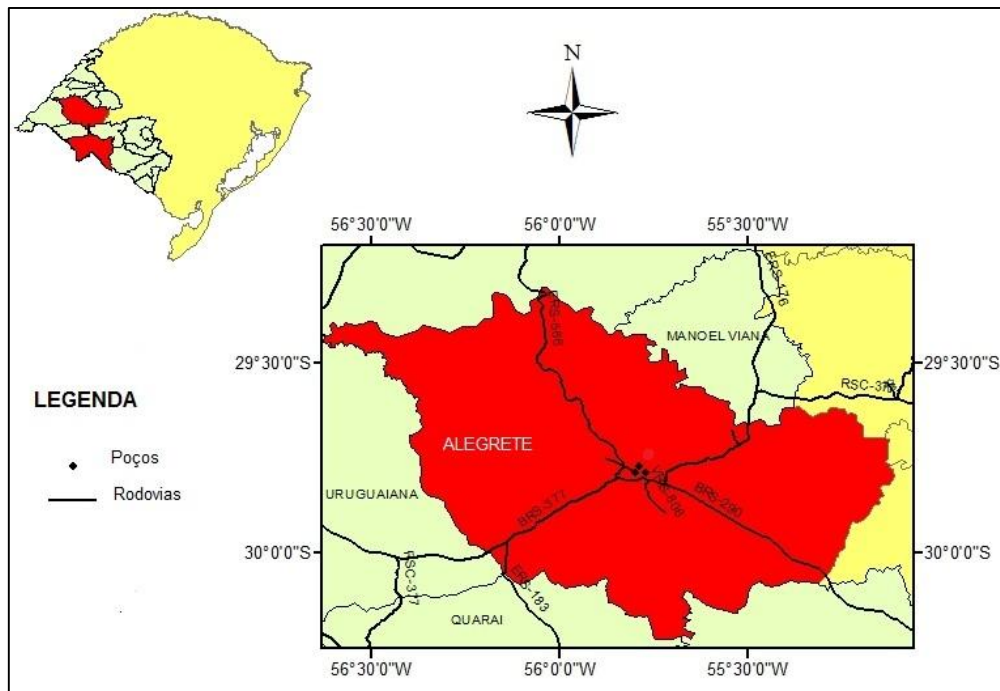


**B)** Sudoeste Rio-Grandense – Subregião Santana do Livramento





## B) Sudoeste Rio-Grandense Subregião Alegrete



Foram escolhidos 10 poços distribuídos em 3 cidades diferentes do Estado a fim de se demonstrar as possíveis deteriorações que podem ocorrer em poços para a captação de água subterrânea em sistemas aquíferos variados (Tabela 1).

Tabela 1: Relação das cidades, siglas dos poços e coordenadas.

CIDADE	SIGLA	UTM - S	UTM - E
ALEGRETE	IJ 406	6705570	616969
ALEGRETE	IJ 412	6703786	616044
ALEGRETE	IJ 411	6703798	616044
SANTANA DO LIVRAMENTO	IO 850	6566700	658000
SANTANA DO LIVRAMENTO	IO 849	6589907	672753
SANTANA DO LIVRAMENTO	JB 059	6588906	672879
TUPANCIRETÃ	JB - 009	6772986	775143
TUPANCIRETÃ	JB-011	6803797	022896
TUPANCIRETÃ	JB 132	6794379	234506
TUPANCIRETÃ	JB - 012	6806264	226735

Fonte: Autor.

## 4.2 Contexto Hidrogeológico

O Estado do Rio Grande do Sul é subdividido em diversos sistemas aquíferos e domínios hidrogeológicos, que se diferenciam por particularidades na capacidade de concentrar água subterrânea. O estado é dividido, ainda, em diversas sub-bacias, que são responsáveis pela gestão dos recursos hídricos tendo uma participação efetiva no componente de recarga de um sistema aquífero.

O Aquífero Guarani, considerado como um dos mais importante do país, também se faz presente no estado, Wrege & Mourão (2012, p. 19) salientam que ele ocupa aproximadamente 55% da área do Rio Grande do Sul, sendo a principal reserva de água do estado. Machado (2005a), afirma que o mesmo é um agrupamento de unidades hidroestratigráficas, não necessariamente com conexão hidráulica, descontínuo e compartimentado. Assim Machado *et al.* (2005, p. 55), na realização do mapa hidrogeológico do estado do RS, o divide em: área aflorante e área confinada.

A área aflorante é constituída por nove unidades hidroestratigráficas: Botucatu, Guará, Arenito Mata, Caturrita, Alemoa, Passo das Tropas 1 e 2, Sanga do Cabral e Pirambóia (MACHADO *et al.* 2005, p. 55). Ainda segundo o mesmo autor, a segunda parte se encontra confinada pelas litologias vulcânicas da unidade hidroestratigráfica Serra Geral, desdá fronteira oeste até a região litoral do estado e é compartimentado em quatro blocos: Oeste, Leste, Central – Missões e Norte – Alto Uruguai.

Com a elaboração do mapa hidrogeológico do estado do Rio Grande do Sul, Machado *et al.* (2005, p. 50-54) subdividiu os sistemas aquíferos com relação a sua capacidade de conter e transmitir água, como é mostrado resumidamente a seguir:

**4.2.1. Aquíferos** com alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular;

- Sistema Aquífero Botucatu/ Guará I;
- Sistema Aquífero Santa Maria;
- Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I;
- Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha;
- Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos;
- Sistema Aquífero Quaternário Indiferenciado;

**4.2.2** Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular;

- Sistema Aquífero Botucatu/ Guará II;
- Sistema Aquífero Sanga do Cabral/ Pirambóia;
- Sistema Aquífero Botucatu/ Pirambóia;
- Sistema Aquífero Palermo/ Rio Bonito;
- Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II;

**4.2.3** Aquíferos com alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas;

- Sistema Aquífero Serra Geral I;

**4.2.4** Aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas;

- Sistema Aquífero Serra Geral II;
- Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I;

**4.2.5** Aquíferos limitados de baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas;

- Aquitardos Permianos;
- Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II;














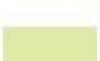




**4.2.6** Aquíferos praticamente improdutivos em rochas com porosidade intergranular ou por fraturas;

- Sistema Aquífero Basalto/ Botucatu;
- Sistema Aquífero Botucatu;
- Sistema Aquífero Serra Geral III;
- Aquicludes Eo-Paleozóicos;
- Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III;

### **4.3 Contexto Hidrogeológico por região**

Para fim de se contextualizar as regiões hidrogeológicas distintas do Estado, foi seguida a definição que consta no projeto do mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo, demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Caracterização hidráulica das unidades hidroestratigráficas.

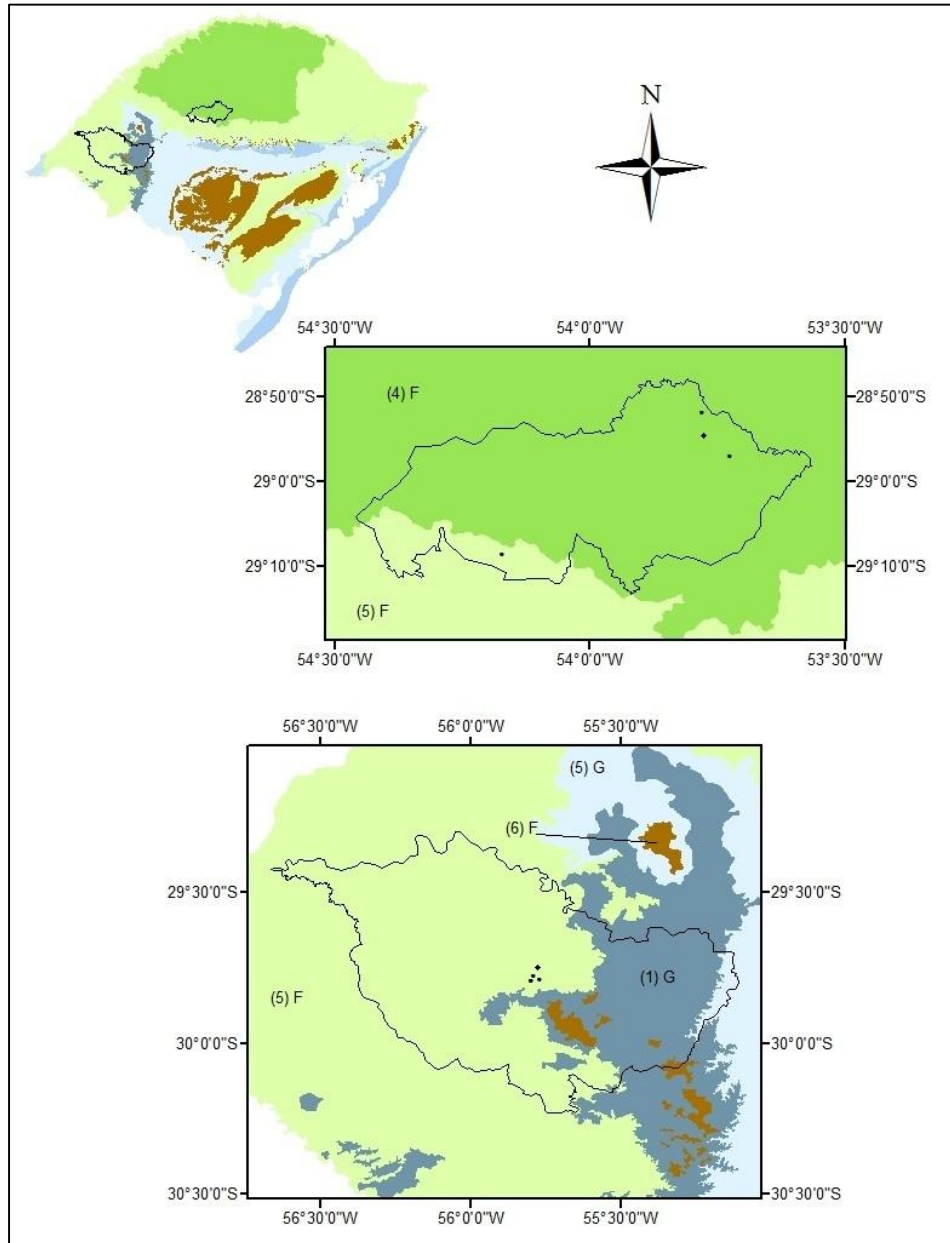
Classes	Granulares	Faturadas	Cársticas	Produtividade
(1)				Muito alta - Fornecimento de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destacam em âmbito nacional.
(2)				Alta - Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.
(3)				Moderada - Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades e irrigação em áreas restritas.
(4)				Geralmente baixa, porém localmente moderada - Fornecimento de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado.
(5)				Geralmente muito baixa, porém localmente baixa - Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.
(6)				Pouco produtiva ou não aquífera - Fornecimentos insignificantes de água. Abastecimento restrito ao uso de bombas manuais.

**Fonte:** Extraído e modificado do mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo (CPRM 2014)

#### 4.3.1 Sistema Aquífero Serra Geral

Esta unidade hidroestratigráfica (Figura 5) corresponde, segundo Machado (2005b, p. 99) ao teto do conjunto litológico intergranular que compõe o SAG. Constituída por uma sequência de derrames básicos e ácidos, com litologias basálticas toleíticas, andesitos, riocitos, riolitos e dacitos apresentando então uma porosidade exclusiva por fraturas, apresentando localmente excelentes características aquíferas.

Figura 5: Contexto hidrogeológico da região Serra Geral. Poços analisados representados pelos pontos pretos.

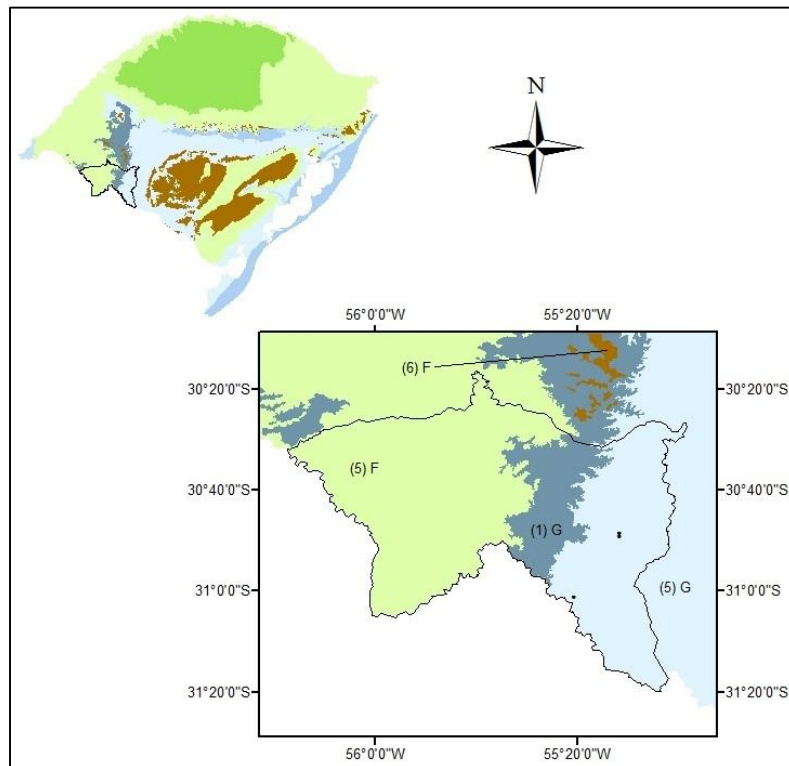


Todos os poços analisados na cidade de Alegrete, IJ 406, AG14-A, IJ 423 e IJ 411 juntamente com o JB-009 na cidade de Tupanciretã se encontram no sistema aquífero Serra Geral II que segundo Machado *et al.* (2005, p. 52) apresenta média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas. Os restantes dos poços situados em Tupanciretã, JB-011, JB 132 e JB 012, se encontram, segundo o mesmo autor, no sistema aquífero Serra Geral I, com alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas.

#### 4.3.2 Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia

Segundo Machado *et al.* (2005, p. 51), é caracterizado por ter média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos com porosidade intergranular, nessas unidades estão localizados os poços IO 850, IO 849 e JB 059 na cidade de Santana do Livramento. A unidade hidroestratigráfica Sanga do Cabral é constituída segundo Machado (2005b, p. 148-149), como uma sequência composta predominantemente por arenitos finos a muito finos de origem fluvial, com pequena participação de pelitos e de arenitos eólicos (Figura 6).

Figura 6: Contexto hidrogeológico da região Sanga do Cabral/Piramboia. Poços analisados representados pelos pontos pretos.



As litologias pelíticas são constituídas por siltitos e siltitos argilosos. Os arenitos possuem matriz argilosa e possuem cores variadas. Devido a sua grande extensão, essa unidade hidroestratigráfica sofre variações litológicas, podendo se comportar em alguns casos até como aquícludes, como ocorre com suas unidades na região central do estado.

A unidade hidroestratigráfica Piramboia também apresenta grande extensão e conseqüentemente comportamentos hidráulicos e litológico diferentes. Na região Oeste, onde os poços a serem estudados se encontram, Machado (2005b, p. 152) afirma se ter a presença de arenitos finos com estruturas com predominância de estratificações cruzadas de grande porte de origem eólica, com homogeneidade das litologias. Em subsuperfície caracteriza-se por uma sucessão de porções mais ou menos argilosas, contendo um cimento carbonático.

## 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Perfilagem óptica- Fundamentos Teóricos e Equipamento

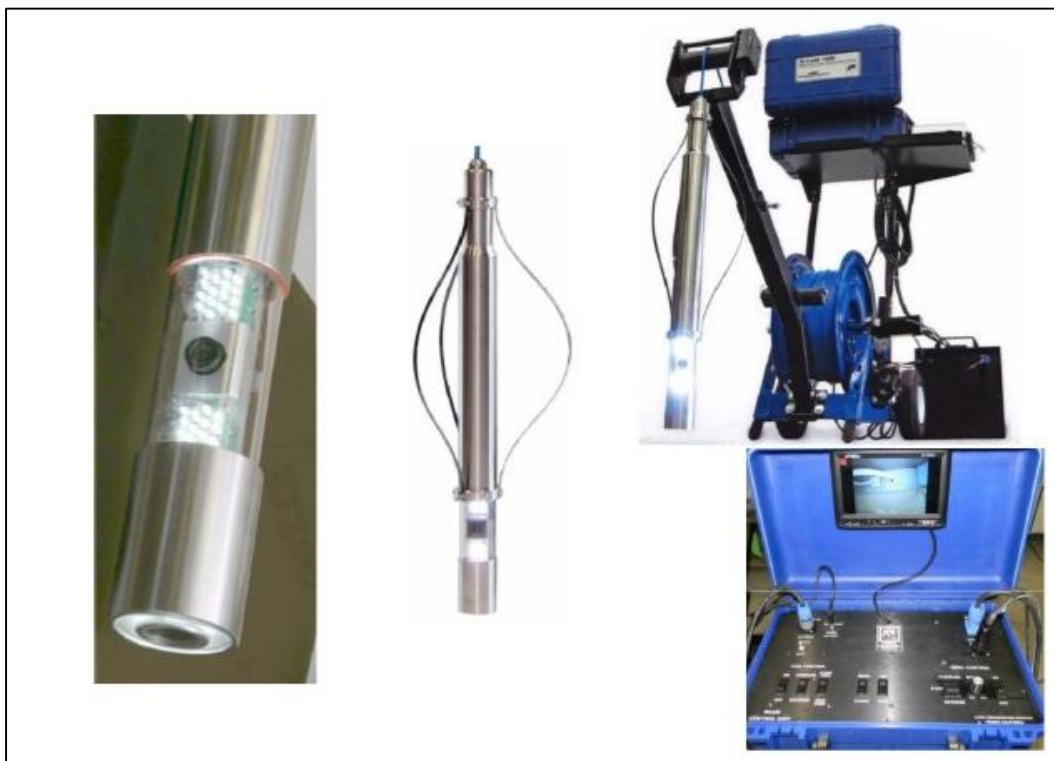
A perfilagem óptica, também conhecida como videoscopia, é uma ferramenta muito útil na avaliação das condições construtivas de um poço e na quantidade de incrustações presentes. Exibe o resultado de modo instantâneo e claro, possibilitando, assim, uma melhor identificação dos problemas construtivos e de deterioração do poço estudado.

Segundo Junior, *et al.* (2013, p. 582-584), anteriormente à filmagem das características construtivas do poço e de suas condições, se faz a descida de corda graduada para a verificação de sua profundidade. Além de ocorrência de objetos e outros materiais abandonados/introduzidos que possam obstruir o caminho da câmera ou, até mesmo, danificá-la. Caso o poço possua um sistema de bombeamento, pode ser feito a fim de melhorar a visibilidade da água em profundidade.

O equipamento, R – 1000 *Dual Cam*, Marca *Laval Underground Surveys*, de acordo com a *Drill Center* empresa representante no Brasil, consta basicamente de um conjunto montado em um carro de mão portátil com 2 rodas, com um guincho elétrico portátil com capacidade de 340 Kg e um braço ajustável para centralizar a câmera sobre o poço. Acionamento elétrico com uma bateria de 12 Volts recarregável, cabos de conexão, monitor de LCD em cores fixo na tampa do painel de controle com a medida de profundidade na tela. Gravador de vídeo digital DVR, que grava vídeos direto da câmera para um cartão de memória. A câmera tem um comprimento de 51 cm e um diâmetro externo de 2” promove imagens coloridas com visão de fundo e lateral com 360° de rotação. Iluminação com 50 *LEDs* de alta intensidade promovendo

imagens com ótica resolução. Possui um centralizador de cintas regulável, afim de evitar o impacto do equipamento com as paredes do furo (Figura 7).

Figura 7: Equipamento utilizado na investigação dos poços. Detalhe da câmera; Conjunto câmera e haste de proteção; Bobina e conjunto de perfilagem e Módulo de aquisição



**Fonte:** Disponível em: <http://www.lavalunderground.com/index.php?c=20>

A montagem do equipamento é bastante simples, os cabos são ajustados no painel de controle, onde é plugado o motor do guincho, a gravadora de DVD e o cabo de força conectado a uma bateria de 12 volts. A técnica do manuseio das câmeras é simples, porém não se deve fazer a transição da câmera de profundidade para a câmera lateral de forma brusca, pois esta operação pode prejudicar o bom funcionamento do aparelho. O procedimento é acompanhado em tempo real através de uma tela, onde pode-se acompanhar a profundidade em que a câmera se encontra, podendo pausar a descida da câmera, afim de se realizar anotações que se considera importantes (JUNIOR, *et al.* 2013, p. 582–584).

Houben & Treskatis (2007, p. 153-154) afirmam que durante a inspeção, as seguintes características construtivas e de deterioração devem ser avaliadas: Sinais de corrosão, danos mecânicos, quantidade de sedimentação no fundo do poço,



quantidade e tipos de incrustações e a distribuição espacial das mesmas. Salientam também que a inspeção por esse método somente avalia o interior dos poços, ou seja o resultado das ações patológicas, que por sua vez ocorrem, em grande maioria, no exterior do poço.

Após a obtenção das imagens é possível analisa-las novamente em um computador pessoal, em busca de detalhes não observados na primeira inspeção em campo.

## **5.2 Trabalhos anteriores**

A maioria dos trabalhos que tratam de poços tubulares são de âmbito profissional e visam demonstrar as maneiras corretas de locação e perfuração, como também de manutenção. A ABNT possui uma norma para a construção de poços utilizados na exploração de água subterrânea (NBR 12244, 1992), onde fixa condições exigíveis para construções destinadas ao abastecimento público. Se aplicando a todos os tipos de poços perfurados em rochas de características físicas diversas. Tal norma apresenta de forma detalhada e clara, todas as especificações e condições para se realizar a construção de poços para uso humano. Para a aplicação da norma citada se faz necessário consultar a (NBR 12212, 1992), que se aplica a casos onde se tem a existência de um estudo hidrogeológico. Permitindo uma elaboração mais completa do projeto, ou em casos onde não se tem o estudo completo, mas se baseia em conhecimentos gerais e é concluída após comprovações conseguidas através da perfuração de poço de pesquisa.

Iritani & Ezaki (2010), com apoio do governo do estado de São Paulo, produziram um roteiro para a delimitação de área de proteção de poço com o intuito de auxiliar os municípios de seu estado na implementação de um instrumento de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, protegendo os poços de atividades potencialmente contaminantes, através do controle e restrição do uso e ocupação do solo no entorno do poço. Ainda no roteiro elaborado pela secretária de meio ambiente e o instituto geológico do estado de São Paulo, se discrimina o método de definição dessa área, que basicamente, se considera um perímetro no entorno do limite das águas de recarga do aquífero que contribuem diretamente para o poço e o isola de possíveis ações contaminantes.

Giampá *et al.* (2013, p. 391), associa as causas dos problemas que ocorrem em poços a diferentes origens, podendo ser mecânica, hidráulica e de qualidade química da água. Essas causas atuam de forma combinada, tornando difícil a identificação do fator predominante. As obstruções de seções filtrantes refletem-se em rebaixamentos progressivos do nível dinâmico, sem queda significativa do nível estático. A diminuição da vazão específica e o incremento da perda de carga no poço são determinantes na detecção do problema (GIAMPÁ *et al.* 2013). Ainda segundo o mesmo autor, outro problema que afeta os poços é a produção de areia originada por procedimentos inadequados de construção de poços, pelo desenvolvimento de processos de corrosão e por danos físicos ocasionados a coluna, principalmente na estrutura dos filtros. Defeitos no equipamento de bombeamento também podem mascarar a real capacidade efetiva de um poço, sendo necessário então uma constante manutenção dos mesmos. Os problemas hidráulicos são aqueles associados à queda de produção de água e à diminuição da vazão de bombeamento, que segundo Giampá *et al.* (2013, p. 395) ocorrem devido a taxa de bombeamento em volume e período diário ser incompatível com a estrutura do poço e/ou a interferências não gerenciadas provocadas por poços vizinhos.

Durante a exploração, podem surgir problemas de corrosão ou de incrustação no poço, no sistema de bombeamento, geralmente causadas pela qualidade ou por mudanças nas características físico-químicas e pela ação bacteriológica (GIAMPÁ *et al.* 2013). Por fim, nos problemas relacionados a qualidade química da água se tem, ainda, a atividade bacteriana que segundo Giampá *et al.* (2013, p. 397) são identificadas a partir da coleta de amostras das partes internas dos filtros e remoção de material depositado no fundo do poço para análise. Abaixo, de acordo com a Tabela 2, evidencia-se os principais problemas em poços.

**Tabela 2-** Principais problemas que afetam o desempenho de poços tubulares em vários tipos de aquíferos e frequências típicas de manutenção necessárias.

<b>Aquífero</b>	<b>Principais Problemas</b>	<b>Frequência de manutenção requerida</b>
Aluvial	Carreamento de silte, argila e areia; Precipitação de óxido de ferro; Incrustação de filtros; Falta de recarga; Danos no revestimento.	2 - 5 Anos
Arenito	Obstrução de fissura; Rompimento de revestimento; Carreamento de areia; Corrosão.	6 – 10 Anos
Calcário	Obstrução de fissura por argila, silte e precipitação de carbonatos	6 – 12 Anos
Basalto	Obstrução de vesículas e fissuras por argila e silte; Deposições.	6 – 12 Anos
Alternância de folhelhos e arenitos	Baixa vazão inicial: Obstrução do aquífero por argila e silte; Obstrução de fissuras; Rompimento de revestimento; Falta de recarga.	4 – 7 Anos
Rocha metamórfica	Baixa vazão inicial; Obstrução de fissuras por argila e silte; Mineralização de fissuras	12 – 15 Anos
Sedimentos consolidados	Obstrução de fissuras por ferro ou outros minerais; Vazão inicial fraca a média.	6 – 8 Anos
Sedimentos pouco consolidados e consolidados	Carreamento de argila, silte e areia; Incrustação nas ranhuras dos filtros em camadas de areia e cascalho; Obstrução de fissuras em calcários intercalados com níveis de areias, cascalho, silte e argila; Precipitação de ferro.	5 – 8 Anos

**Fonte:** Extraído e Modificado de (GASS *et al.apud* DRISCOLL 1987).

Quanto a trabalhos referentes a manutenção e revitalização de poços, se destacam Rocha & Jorba (2007) onde se faz um breve diagnóstico dos problemas ligados à exploração de água subterrânea por poços. Aborda também os procedimentos necessários para o estabelecimento das condições iniciais de operação de um poço e os problemas mais comuns recorrentes em seus sistemas de bombeamento. Estabelecendo critérios e soluções para os distintos tipos de problemas. Orsati *et al.* (1997, p 95 – 104) demonstram os problemas frequentes relacionados a manutenção em poços tubulares profundos perfurados em sedimentos inconsolidados com origem relacionada às características mecânicas, hidráulicas e química, apresentando soluções para a recuperação dos mesmos. Goffermann & Trein (2008), em parceria com a CPRM e o INCRA, atuaram em regiões do estado do Rio Grande do Sul onde se tinham poços em atividade e que devido a uma redistribuição de terra os mesmos passaram a ser utilizados por um maior número de habitantes, se fazendo necessário então, conhecer a real situação desses poços. Dentre outros métodos, foi utilizado o de perfilagem óptica, sendo de grande valia no momento de determinar os poços a serem revitalizados e os que deveriam ser descartados permanentemente.

Trabalhos específicos sobre o método de perfilagem óptica são escassos. Junior, *et al.* (1988), foram os pioneiros no assunto demonstrando de modo eficaz as características técnicas do equipamento e a metodologia do processo. Os mesmos autores, salientaram ainda que o método quando aliado as demais informações dos poços, aquíferos e análises de água, permite uma melhor interpretação da real situação em que o poço se encontra. Com o passar dos anos e as melhorias tecnológicas, o método de perfilagem óptica foi aprimorado, se tornando cada vez mais uma das melhores opções de avaliação de poços. Reginato & Ahlert (2012) relacionou o método de perfilagem na avaliação de poços encontrados em aquíferos fraturados e associados a rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. O objetivo dos autores foi a identificação de características e problemas construtivos dos poços.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo a fim de se alcançar os objetivos propostos, foram utilizados as etapas descritas a seguir:

- A) Levantamento bibliográfico;**
- B) Compilação dos dados obtidos e descrição da situação dos poços**
- C) Análise dos resultados/diagnóstico**
- D) Elaboração, conclusão e apresentação do trabalho desenvolvido**

### **a) Levantamento bibliográfico;**

Compilação de todo material disponível sobre locação, perfuração, revitalização de poços e referente ao método de perfilagem óptica.

### **b) Compilação dos dados obtidos e descrição da situação dos poços;**

Seleção e definição dos poços, filmados e cedidos pela CPRM, utilizados nesse trabalho.

### **c) Análise dos resultados/diagnóstico;**

Detalhada análise das filmagens, com interpretação das principais deteriorações e possíveis causas.

### **d) Elaboração, conclusão e apresentação do trabalho desenvolvido;**

Nessa etapa foi definido as principais deteriorações, suas consequências e suas possíveis causas, demonstrando-as por meio de foto da filmagem, Este item, possibilitou a obtenção dos resultados culminando na conclusão e apresentação deste Trabalho.

## 7. PROJETO DE POÇO - GENERALIDADES

Segundo Mariano (2013, p.189) não há atualmente no Brasil uma regra padrão para projeto de poços, que proponham diretrizes e critérios básicos conforme discriminados a seguir. Diretrizes que podem minimizar riscos e maximizar as potencialidades do aquíferos. Ainda segundo o mesmo autor, ao se elaborar um projeto para captação de água subterrânea é preciso buscar sempre o maior volume de água com a maior eficiência hidráulica assimilando sempre a um menor custo

possível. Deve-se definir os materiais de aplicação a partir das características hidroquímicas da água, da profundidade do poço, dados de estratigrafia, nível estático, vazão específica e qualidade de água.

O mesmo autor ainda argumenta que, todo projeto de poço deveria começar com a perfuração para a instalação do tubo de proteção sanitária, com a cimentação do anelar entre a perfuração e o tubo, garantindo o isolamento de águas indesejáveis. Em aquíferos sedimentares, o comprimento do tubo estaria relacionado a problemas locais de suscetibilidade e nos fraturados ao isolamento da porção alterada.

Após a proteção sanitária e em ordem sequencial, segundo as recomendações do projeto, chega-se a câmara de bombeamento que tem seu diâmetro definido em função dos diâmetros dos equipamentos de bombeamento projetados para explorar as vazões desejadas. Deve-se considerar, também, para a construção da câmara, os parâmetros que podem provocar o acréscimo no rebaixamento dos níveis estático e dinâmico do poço acarretados pela variação sazonal do aquífero, efeitos de interferência atuais ou futuros, entre outros fatores.

A próxima etapa do projeto de poço é a referente a coluna de produção e zona filtrante. Deverão ter diâmetros compatíveis com as perdas de carga do fluxo, que por sua vez dependerão da vazão e do comprimento da coluna, refletindo em um maior rebaixamento do nível, aumentando os custos de exploração. Após a definição dos diâmetros utilizados nessa etapa é importante se focar na quantidade e localização das seções filtrantes que ocorrerá em função do tipo de aquífero em que se deseja perfurar.

Difícilmente irá se encontrar aquíferos homogêneos e com espessuras constantes, onde se aconselha a instalação das seções filtrantes somente no terço inferior da perfuração. Quase sempre se tem uma camada argilosa que provoca um retardamento do fluxo vertical, se essas camadas estiverem acima dessa recomendação de um terço na espessura saturada, pode-se deixar de captar importantes contribuições de água. Sabe-se, de acordo com a literatura, que em aquíferos multicamadas, elas se comportam de forma independente, com níveis d'água e produção diferentes, sendo então necessária a integração de todos os níveis das várias camadas para se ter o nível estático do poço. Se uma camada não receber um filtro, ela não produzirá água e conseqüentemente não influenciará no nível

estático. Levando-se o rebaixamento abaixo das seções filtrantes, explora-se a camada inferior e se tem um aumento na produção.

Os filtros industrializados de aço, podem ser divididos, segundo Mariano (2013, p, 194), em dois tipos distintos; i) frestas e ii) ranhuras contínuas.

*Frestas:* também conhecido como filtro do tipo nold, é construído em chapa de aço estampada, com as frestas dispostas longitudinalmente ou ortogonalmente ao comprimento do tubo. A aparência externa das ranhuras faz com que o fluxo de dentro para fora seja tangencial, dificultando os trabalhos de limpeza e desenvolvimento. Podem ser construídos em aço carbono preto, galvanizado, inoxidável, entre outros aços especiais.

*Ranhuras contínuas:* apresenta uma série de vantagens sobre o anterior, dentre elas: a entrada e saída de água ortogonais à parede do poço, a sua forma trapezoidal apresenta uma menor abertura no lado externo, tem uma área aberta significativamente maior que as demais.

Em princípio, todos os poços perfurados em sedimentos inconsolidados são revestidos com tubos e filtros e necessitam da aplicação de um material filtrante entre a parede do poço e o revestimento. O objetivo é reter partículas mais finas do aquífero. Esse pré-filtro é injetado no poço de tal maneira que venha a atingir todo o espaço anelar existente entre a coluna de revestimento centralizada e a parede do poço (MARIANO 2013, p. 197). O pré-filtro deve ser calculado com a finalidade de reter 70% da formação fina, para garantir a produção do poço sem a produção de areia.

## **8 DETERIORAÇÃO EM POÇOS - TIPOS**

A deterioração de poços tubulares pode ser causada por processos mecânicos, químicos ou biológicos que atuam sobre os mesmos ou no ambiente que os circunda. Dentre as causas de deterioração, pode-se salientar: A corrosão do material metálico do poço, acúmulo de incrustações minerais ou de biomassa e a entrada de material arenoso.

## 8.1 Deterioração de Poços – Processos Químicos

O processo de corrosão pode ser definido como a reação de um componente metálico com o ambiente ao seu redor, ocasionando uma grande mudança no mesmo e acarretando em efeitos adversos para todo o sistema em que está incluso. Segundo Houben & Treskatis (2007, p. 55), a corrosão de materiais metálicos, utilizados em poços, é caracterizada como um processo eletroquímico que envolve o desenvolvimento de uma célula galvânica, onde se tem duas áreas com diferentes cargas elétricas e uma corrente que flui através de um condutor que liga essas duas áreas. A área de menor potencial elétrico é classificada como anódio e perde elétrons para a de maior potencial (cátodo), acarretando em uma incrustação no cátodo por produtos provenientes dessa reação e em uma perda de material na área do anódio. Essa perda de matéria, nas regiões menos nobres, é retratada como corrosão, que é acentuada em regiões onde se tem uma interação entre o ar e a água, devido a constante reabastecimento de oxigênio.

Se tem ainda a corrosão anaeróbica, realizada por bactérias redutoras de sulfato, classificada como corrosão microbiana induzida, e que é, segundo Houben & Treskatis (2007, p. 59), o fator de maior relevância na destruição de material metálico de poços. O aço exposto a ácidos forma um gás hidrôgenio que pode ser usado por essas bactérias como fonte de energia, o sulfeto de hidrogênio gerado durante esse processo reage com o ferro ferroso presente nas águas subterrâneas levando a a geração de mais ácidos, que podem “atacar” o ferro e criar um ciclo de reações.

Muitos aquíferos mostram uma zonação hidroquímica vertical, resultado de uma série de reações da água infiltrada com a da matriz do aquífero. Como as reações dependem do tempo em que as águas permanecem no aquífero, as variações hidroquímicas são relativas a profundidade. A recarga transporta oxigênio dissolvido para a parte superior da coluna de águas subterrâneas, que é chamada de zona oxidante. O oxigênio é usado por certos microorganismos, que vivem no aquífero, para oxidar a matéria orgânica existente. Após o esgotamento do oxigênio, a água percola a maiores profundidades, onde outras bactérias atacam o nitrato, que é o próximo elemento oxidante.

Após total desnitrificação, mais uma bactéria, em maior profundidade, dissolve o mangânes e posteriormente os óxidos de ferro. Essas ações acarretam em elevadas concentrações de  $Mn^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  na água. Essas três últimas zonas de ação



bacteriológica são chamadas de “post-oxic” que juntamente com a ‘oxic” formam a zona de incrustação ( HOUBEN & TRESKATIS .2007).

Justamente pela elevada concentração de  $Mn^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  , são os elementos mais abundantes nas incrustações em poços, sendo o ferro ferroso o mais comum. A exposição do ferro ferroso dissolvido com o oxigênio, conduz a formação de ferro férrico e a uma subsequente precipitação na forma de óxido de ferro. O manganês se comporta de modo similar ao ferro, o  $Mn^{2+}$  dissolvido e, em contato com o oxigênio, se oxida e precipita para óxidos de manganês. O mineral mais comum em incrustações recentes de óxido de ferro é a Ferridrita que é instável e transforma-se espontaneamente em Goethita, como visto em incrustações mais antigas. Similar as incrustações de ferro, as de manganês podem conter também minerais de diferentes fases de cristalização, só que são bem menos entendidas por causa da grande variabilidade de composição química dos minerais, os mais comuns são a Todorokita e a Birnessita.

Os grãos de quartzo ( comumente os constituintes dos pacotes de cascalho ) geralmente possuem uma carga superficial negativa, enquanto que os óxidos de ferro possuem carga positiva, sendo assim é fácil de se imaginar como a atração entre as forças eletrostáticas pode promover a interação entre os óxidos e os grãos de quartzo, promovendo a sua agregação no poço. Caso não ocorra uma atração eletrostática, a ação bacteriológica pode entrar em atividade. O ferro é um nutriente essencial para praticamente todas as bactérias, mas algumas tem uma certa afinidade para o mesmo e para o manganês. Os ciclos geoquímicos do ferro e do manganês são fortemente influenciados por bactérias específicas, conhecidas por acelerar significativamente as reações de oxidação. Os tipos, prováveis de bactérias mais abundantes, nesses casos, são a *Gallionella* e a *Leptothrix*.

As bactérias ferro-manganesianas oxidantes ocorrem naturalmente na maioria dos aquíferos e são bem adaptadas a ambientes na interface entre a zona oxidante e a redutora, onde encontram tanto oxigênio como ferro ou manganês. Nessas zonas elas consomem as pequenas quantidades de ferro e oxigênio presentes no baixo fluxo de água subterrânea. É o fornecimento limitado de nutrientes então, que limita a quantidade de bactérias existentes. Em poços onde se tem grande volume de fluxo de água em uma área limitada, acarretando em uma grande concentração de

ferro e oxigênio, pode-se ter uma reprodução explosiva e conseqüentemente uma maior precipitação e, assim, maiores incrustações.

Além das incrustações por óxidos de ferro e mangânes, se tem outros elementos que atuam na deterioração de poços, nesse trabalho vamos nos manter no considerado mais relevante, o carbonato de cálcio. Nesse tipo de incrustação, naturalmente se precisa de um ambiente rico em carbonato. Diferente das incrustações citadas, a mistura de águas não é a principal causa para a precipitação do carbonato. A mistura de duas águas, ambas em equilíbrio com carbonato de cálcio acarreta em águas subsaturadas que podem dissolver os carbonatos. A precipitação só ocorre quando a água é saturada ou supersaturada em carbonatos. A solubilidade dos mesmo na água depende fortemente na quantidade de dióxido de carbono dissolvido, ele se relaciona com a água a partir da atmosfera e causa dissolução do carbonato sólido. A quantidade máxima, portanto, de carbonatos solúveis, é definida a partir do equilíbrio da dissolução do  $\text{CO}_2$  na água. As águas que são ricas em  $\text{CO}_2$  vão então dissolver mais carbonatos, enquanto que a sua remoção transforma a água em um estado supersaturado, que pode levar a precipitação de carbono inorgânico. Todos os processos que diminuem a solubilidade de gases na água irá aumentar as incrustações de carbonato, que se dão principalment a partir da calcita e aragonita.

## **8.2 Deterioração de Poços – Processos Mecânicos**

O processo de filtragem é de grande importância na captação de águas subterrâneas, o espaçamento entre os poros e o tamanho de grãos das partículas em movimento e do meio filtrante, são os principais responsáveis pela definição de quais e quantas partículas irão passar pela seção filtrante. Caso ocorra a entrada de muito material dentro do poço, pode-se ter a ocorrência de fenômenos como abrasão e sedimentação. Se muitos forem retidos, os poros irão ser bloqueados acarretando em um decréscimo na condutividade hidráulica.

A obstrução mecânica, segundo Houben e Treskatis (2007, p. 125), está relacionada a migração de partículas e a sua retenção no meio. Como um resultado do aumento das velocidades de escoamento, as partículas são movimentadas e transportadas, conforme sua proximidade ao poço maiores são as velocidades e conseqüentemente a quantidade de material mobilizado. Toda essa ação pode

resultar na obstrução de poros perto da parede do poço. Esse processo pode ser composto por duas fases, a primeira que ocorre durante a perfuração do poço e a segunda após o desenvolvimento, quando o poço começa a sua produção.

A abrasão atua sob as bombas, tubulações e nos demais materiais sólidos do poço, através da movimentação das partículas em suspensão na água subterrânea. Essas partículas densas e em altas velocidades exercem grandes forças sobre a superfície do material que encontra. Segundo Houben e Treskatis (2007, p. 133) os grãos de quartzo, devido a sua dureza, são os principais causadores de abrasão em materiais que compõem um poço. O processo de abrasão pode também, danificar a camada inibidora de corrosão, facilitando a ação dos agentes corrosivos.

Outro parâmetro que proporciona a deterioração mecânica de poços tubulares é a entrada de material arenoso nos mesmos. As partículas que conseguem atravessar o pré-filtro e o filtro podem então sair de suspensão e se depositar no fundo do poço ou entrar no sistema de bombeamento. As causas mais comuns que acarretam na entrada de material no poço são o mal dimensionamento do pré-filtro, ranhuras no revestimento e um mal desenvolvimento.

Existem ainda casos mais raros de deteriorações mecânicas em poços tubulares, como o crescimento de raízes de árvores que rompem o revestimento do poço e adentram o sistema. O vandalismo é um problema sério que atinge principalmente a parte superficial das instalações de poços, e em casos mais graves se nota a presença de rochas ou outro tipo de material, jogados no interior simplesmente com o intuito de se danificar a construção.

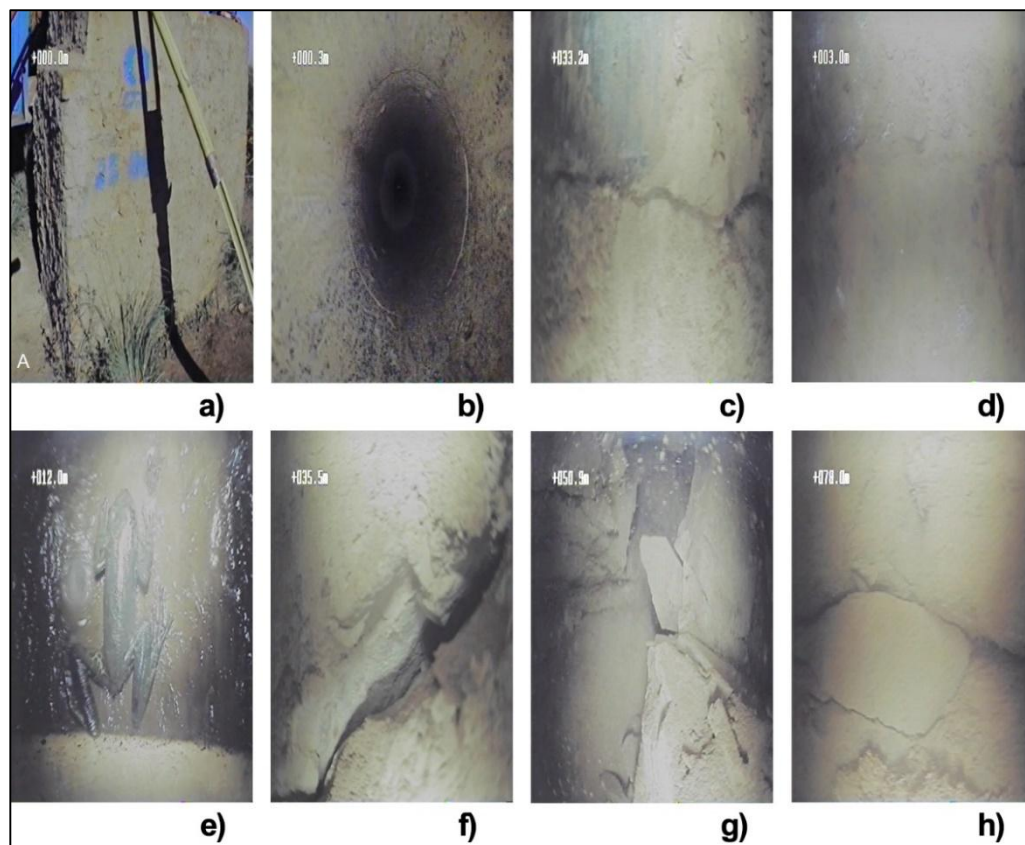
## **9 RESULTADOS**

### **9.1 Sistema Aquífero Serra Geral**

Em Tupanciretã, todos os poços se encontram em aquíferos cristalinos, mas segundo a análise de poços na região pelo SIAGAS, nota-se que em profundidades superficiais se tem a interação do ambiente fraturado com material argiloso. O poço JB-009 apresenta boa proteção superficial (Figura 8a), é cimentado e revestido aparentemente por aço galvanizado com rosca e luva (Figura 8b), tendo seu fim a 33,2m (Figura 8c) o revestimento apresenta pontos de rachadura consequência da

má qualidade do material e da falta de cuidado no momento de implantação, o que possibilitou a entrada de grande quantidade de material argiloso que se encontra por quase toda a parede de revestimento do poço (Figura 8d). Na profundidade de 12 m, se tem o nível estático com presença de vida animal (Figura 8e). Após o fim do revestimento se têm a ocorrência de falhas e zonas de fraturas, que possibilitam a entrada d'água (Figura 8f), algumas dessas zonas apresentam rochas que se encontram aparentemente soltas (Figura 8g) podendo se desagregar e cair no interior do poço danificando a bomba. Comprovado pela Figura 8h, onde se tem a presença delas no fundo do poço.

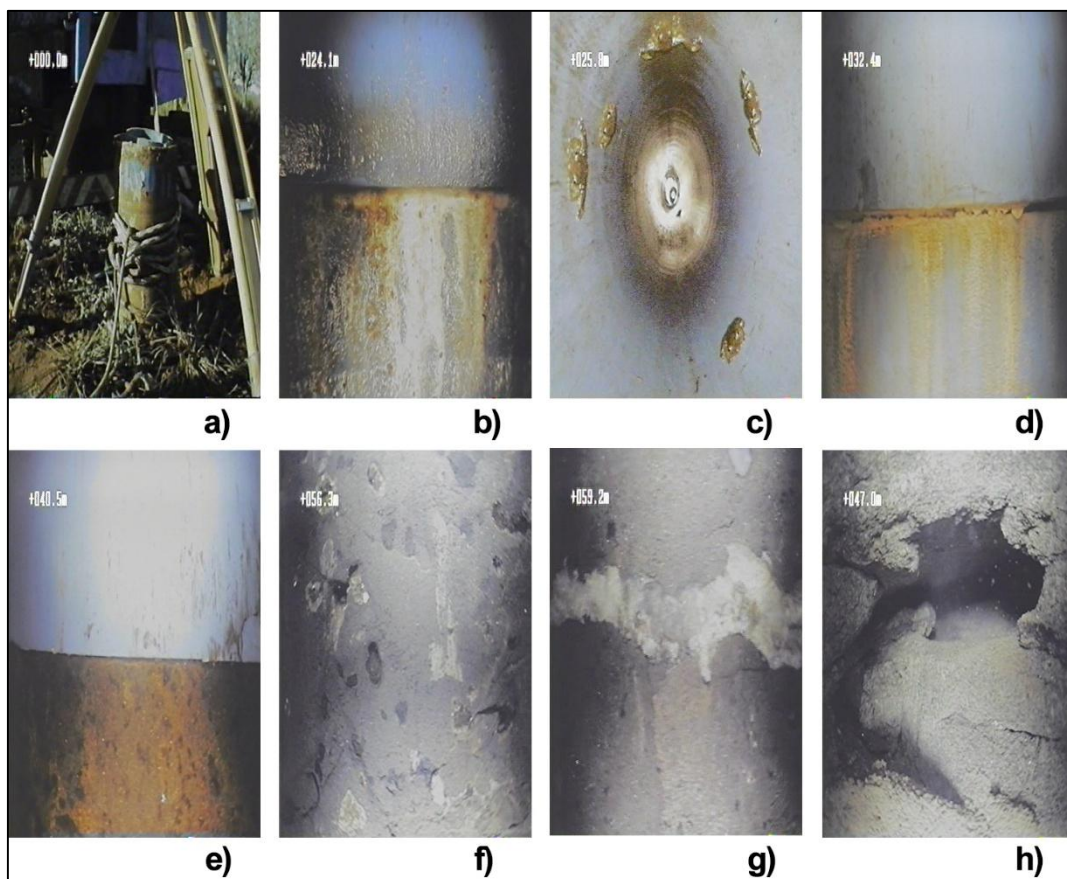
Figura 8: Situação no interior do poço JB 009.



O poço JB-011 não apresenta proteção ao redor da boca do poço (Figura 9a), o cano de revestimento utilizado é o de plástico geomecânico, mas ainda assim a falta de cuidado ao se conectar os canos, torna aquela área como um ponto de fraqueza, sendo mais susceptível a ruptura ou a incrustações como demonstrado na Figura 9b. O poço apresenta também uma grande quantidade de anfíbios no seu interior (Figura 9c) e o nível estático se encontra a 28,7 m. As incrustações nas juntas do revestimento

continuam conforme se tem a presença de água (Figura 9d) ocorrendo até o fim do revestimento a 40,5m (Figura 9e). A partir daí, tem-se a presença de uma rocha basáltica vesicular (Figura 9f) que possibilita a entrada de água. Localmente se tem a presença de material preenchendo as vesículas, caracterizando-se como amigdalóide (Figura 9g), o que impossibilita a entrada de água, diminuindo a capacidade específica. Conforme se chega a maiores profundidades, as vesículas também aumentam em quantidade e se tem outras áreas com prováveis entrada d'água (Figura 9h). Não apresenta muitas fraturas e/ou falhas com perigo iminente de queda de material rochoso, sendo então os principais problemas relacionados a incrustações e deposições de material nos revestimentos e a grande quantidade de áreas amigdalóides, que não permitem a captação de água pelo poço.

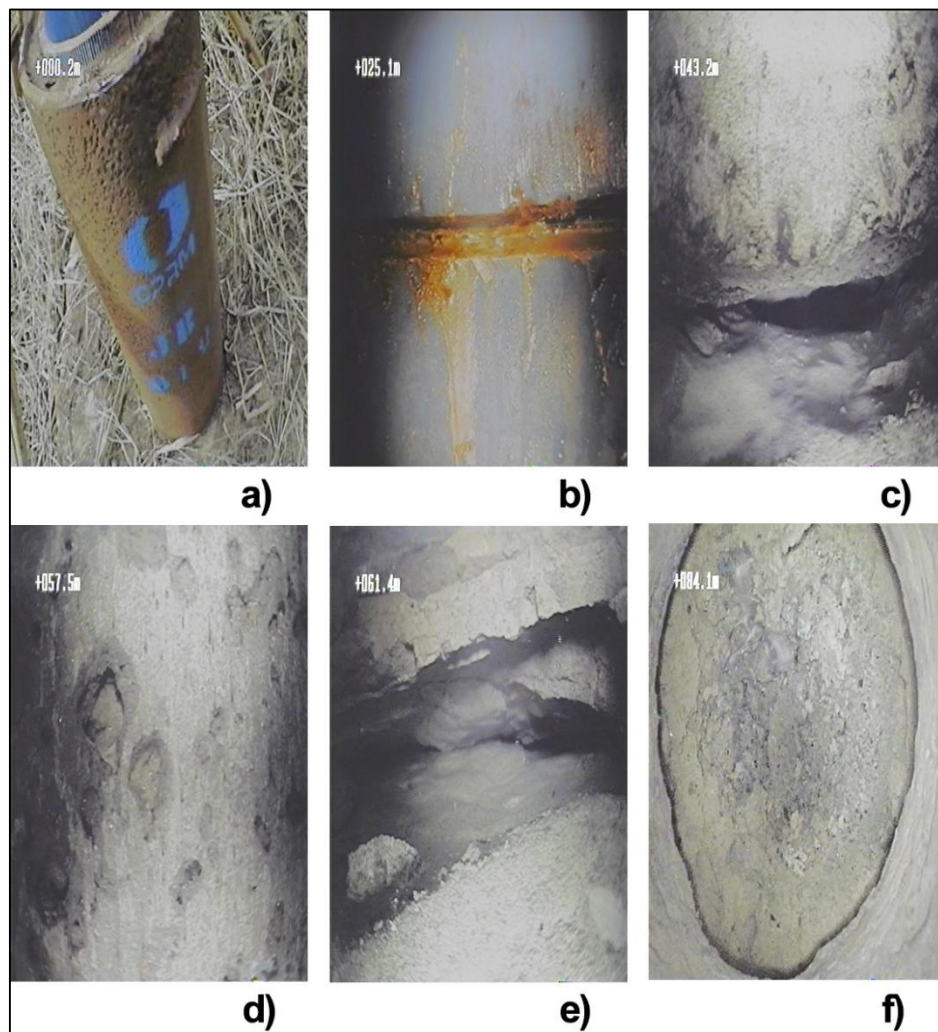
Figura 9: Situação no interior do poço JB-011.



Poço JB-012 não apresenta proteção na boca do poço (Figura 10a), toda a parte revestida se encontra em boa situação, com pequenas incrustações nas seções de conexão entre os canos (Figura 10b) mas nada que afete o bom desempenho do

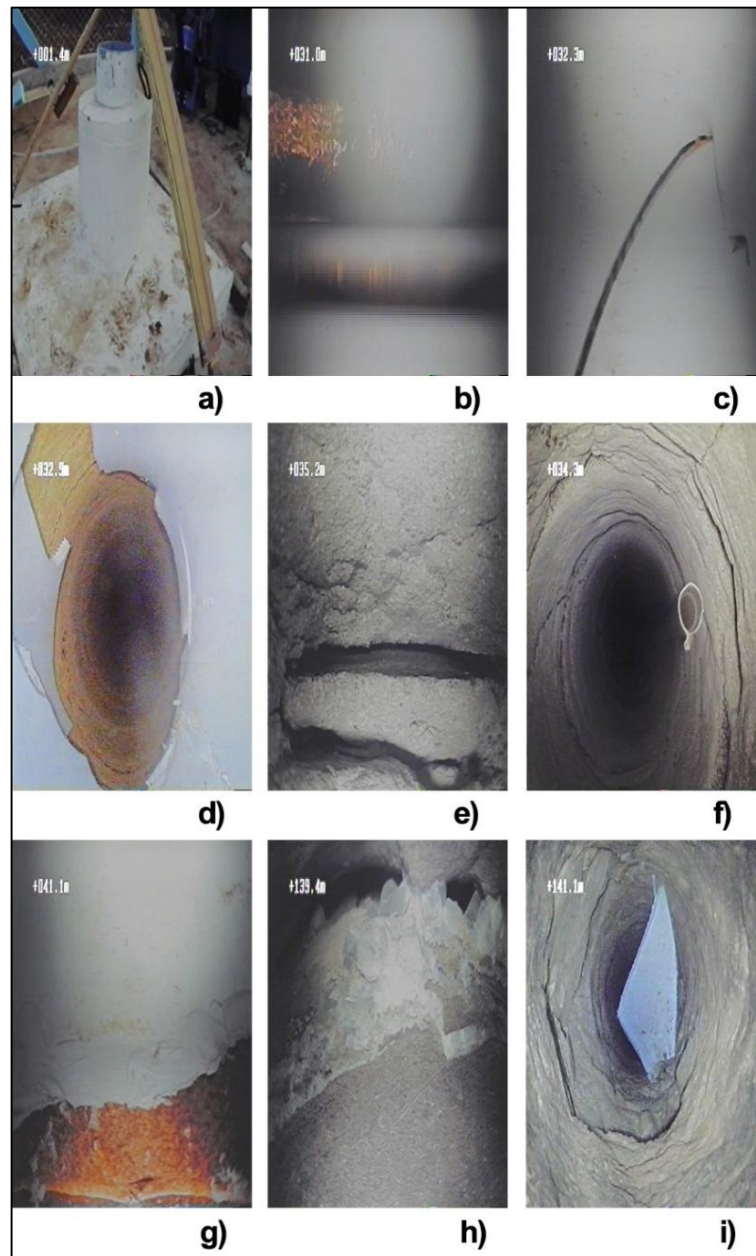
mesmo. O nível estático se encontra a 31,9 m de profundidade e o revestimento alcança até 38,3 m. A partir dessa profundidade a rocha se mostra bem compactada, apresentando nos primeiros metros pouca indicação de fraturamento. Conforme se aumenta a profundidade, as fraturas começam a aumentar, fornecendo a possibilidade de entrada d'água pelas mesmas (Figura 10c), se tem também a presença de vesículas e, em menor quantidade, de amígdalas (Figura 10d). A 61,4m se tem uma grande fratura, provavelmente responsável pela entrada d'água (Figura 10e), caso não contribua com a entrada d'água, pode influenciar diretamente na recuperação do poço, uma vez que seria necessário encher toda a área fraturada. O poço tem sua profundidade final em 84,4 m (Figura 10f).

Figura 10: Situação no interior do poço JB-012.



O poço JB132 situado na localidade conhecida como invernada das mulas apresenta uma boa estrutura de proteção superficial na boca do poço (Figura 11a). O nível estático se situa a 31 m (Figura 11b) e logo em seguida já é possível notar deteriorações mecânicas, onde se tem rachaduras no revestimento (Figura 11c) e um pouco mais profundo se tem uma quebra total do revestimento (Figura 11d). Segue-se aproximadamente 4 metros sem nenhum revestimento, ocasionado pela ruptura do cano a partir, provavelmente, da má colocação no momento de construção, nesse segmento nota-se na parede do poço, diversas zonas de falhas e fraturas (Figura 11e).

Figura 11: Situação no interior do poço JB132.

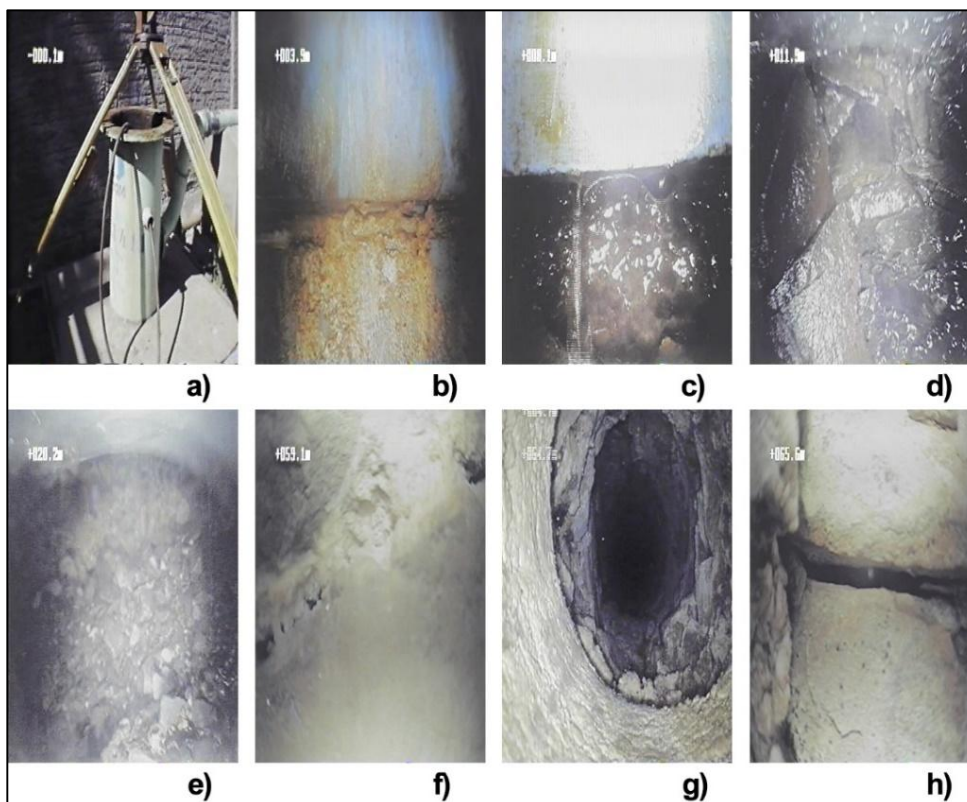


Tem-se ainda a presença de um cano de menor diâmetro, utilizado provavelmente acoplado a bomba, que se encontra sem nenhuma conexão com a superfície (Figura 11f) e que segue por trás do revestimento a superfícies maiores, remetendo a ideia de que foi introduzido posteriormente a remoção da bomba. O revestimento tem fim a 41,1m (Figura 11g) onde se tem a transição para uma rocha de composição basáltica que segue bem compactada e sem muitas zonas de entrada d'água, uma das mais significativas foi encontrada a 139,4m (Figura 11h). Devido a presença de material solto do revestimento no interior do poço, não foi possível terminar o processo de filmagem do poço, sendo interrompido na profundidade de 142 m (Figura 11i).

Os poços na cidade de Alegrete estavam, em uso pela CORSAN. O primeiro a ser analisado foi o IJ411 que apresentou uma boa proteção superficial (Figura 12a) realizada pela CPRM. Logo nos primeiros metros, na conexão entre os revestimentos se tem a acumulação de material exógeno e de incrustações (Figura 12b) seguindo-se assim até o fim do revestimento a 8,1m (Figura 12c) é possível notar também na imagem a presença de água proveniente por trás do revestimento, provavelmente de alguma fonte de contaminação superficial. A partir dessa profundidade a rocha apresenta falhamentos e fraturas (Figura 12d) sendo a de maior expressão a 20,2m (Figura 12e) com grande quantidade de material desagregado, podendo, facilmente, cair no seu interior. O nível estático se encontra a 39,7 m, abaixo dele as falhas continuam sendo regulares por todo o poço. Na profundidade de 59 m se tem fraturas que provavelmente proporcionam a entrada d'água (Figura 12f), a partir delas se tem um período de aproximadamente 6m em que a parede se mantém maciça, a aproximadamente 65 m percebe-se a mudança abrupta no comportamento estrutural, onde se tem grande presença de fraturas e falhas (Figura 12g). Essas zonas se seguem até o fim do poço, e apresenta áreas com possível entrada d'água (Figura 12h).

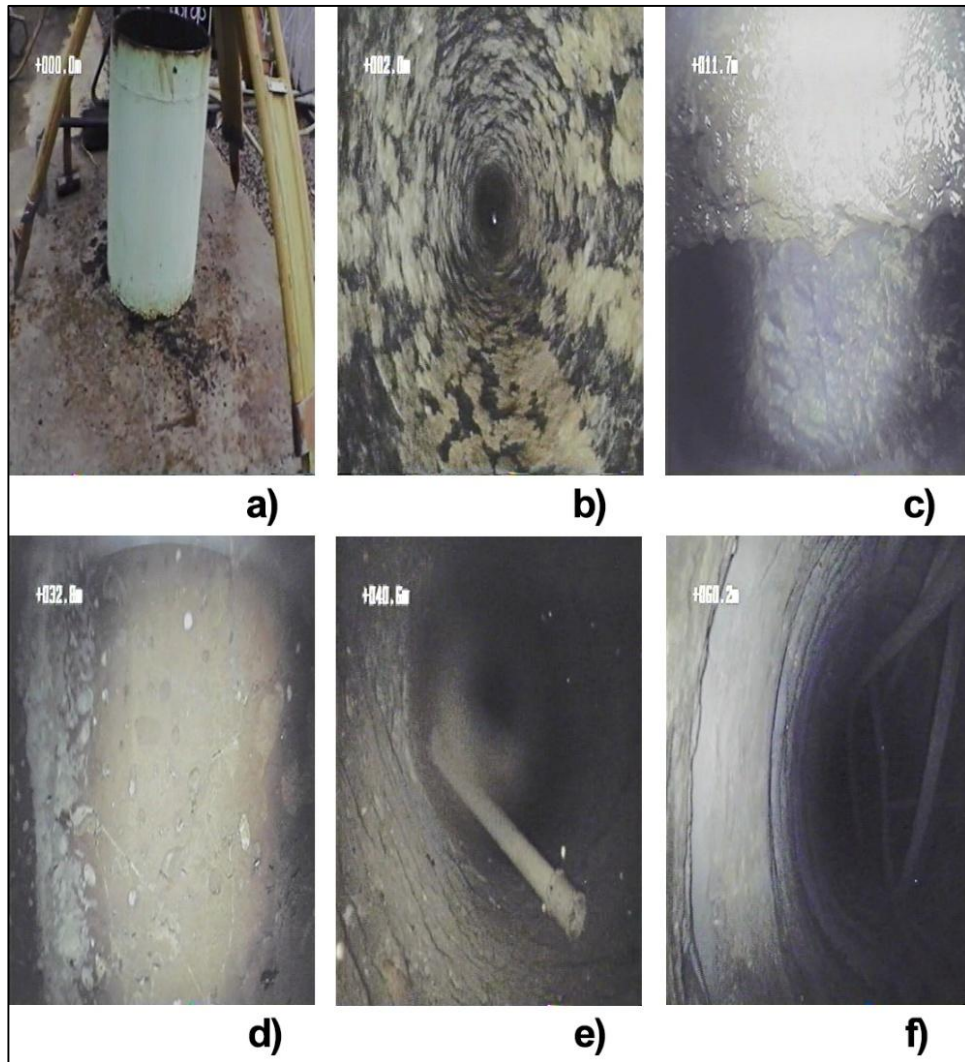


Figura 12: Situação no interior do poço IJ411.



O poço IJ406 não apresenta o mesmo cuidado superficial que o anterior, mas ainda assim tem uma boa proteção na região da boca (Figura 13a). Logo nos primeiros metros nota-se a falta de revestimento (Figura 13b) sendo a parede do poço composta então pela própria rocha. A partir de 11,7m começa o surgimento de fraturas, de grandes proporções (Figura 13c), proporcionando feições semelhantes a cavernas no subsolo. O nestático se encontra a 25,4 m, a partir daí se tem um comportamento localmente vesicular/amigdalóide (Figura 13d) seguido por zonas de fraturas de pequeno porte, sendo ambas as feições prováveis áreas de entrada d'água. Em cerca de 40 m se tem a presença de um cano largado no seu interior (Figura 13e), ao se alcançar 46 m é possível notar a presença de um segundo e ainda a 57 m surge um terceiro. Devido à presença desses materiais, chega a um momento em que se torna perigoso a continuação da filmagem (Figura 13f), se tornando impossível se chegar a maiores profundidades.

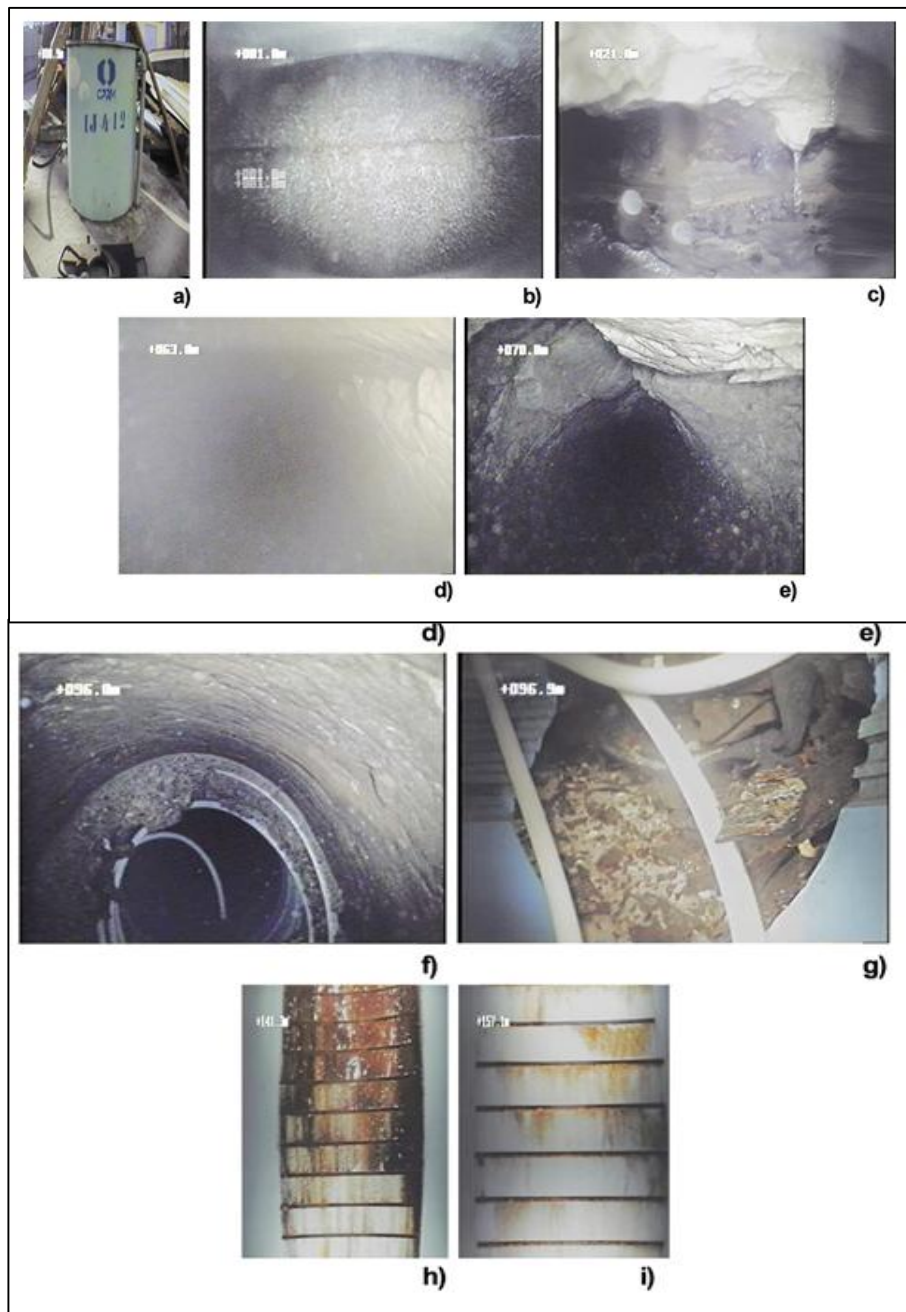
Figura 13: Situação no interior do poço IJ406.



O IJ412 por sua vez apresenta uma ótima proteção superficial na boca do poço (Figura 14a) e uma cimentação nos primeiros metros (Figura 14b), provavelmente para isolar uma camada arenosa. A partir do fim da cimentação, a parede do poço é constituída da própria rocha, que nos primeiros metros se mostra bem fraturada (Figura 14c), conforme se chega a maiores profundidades, se tem a entrada de água por fraturas, em profundidade não definida. O poço se segue com a rocha de característica granítica e bem fraturada, com o nível estático a 39, 4 m. Abaixo dele, a parede do poço se segue pouco fraturada e se tem muito material em suspensão, o que dificulta a qualidade da imagem obtida (Figura 15d). Após é possível notar que a as fraturas voltam a ser constantes e de dimensões maiores (Figura 14e), fornecendo várias áreas com possíveis queda de material desagregado. Com mais de 90 metros, se tem a presença de revestimento (Figura 14f), que se encontra bem

danificado no contato com a rocha (Figura 14g), se tem também incrustações, deposição de material nas juntas do revestimento e a presença de grande quantidade de material em suspensão. O revestimento com seção filtrante têm início a partir de 120,7m, apresenta ranhura de 0,75mm e é do tipo geomecânico. As primeiras seções se encontram em boas condições de funcionamento. Conforme se chega a maiores profundidades, o revestimento com as ranhuras horizontais, passam a apresentar incrustações (Figura 14h) e se tem a entrada de material sedimentar pelos filtros (Figura 14i).

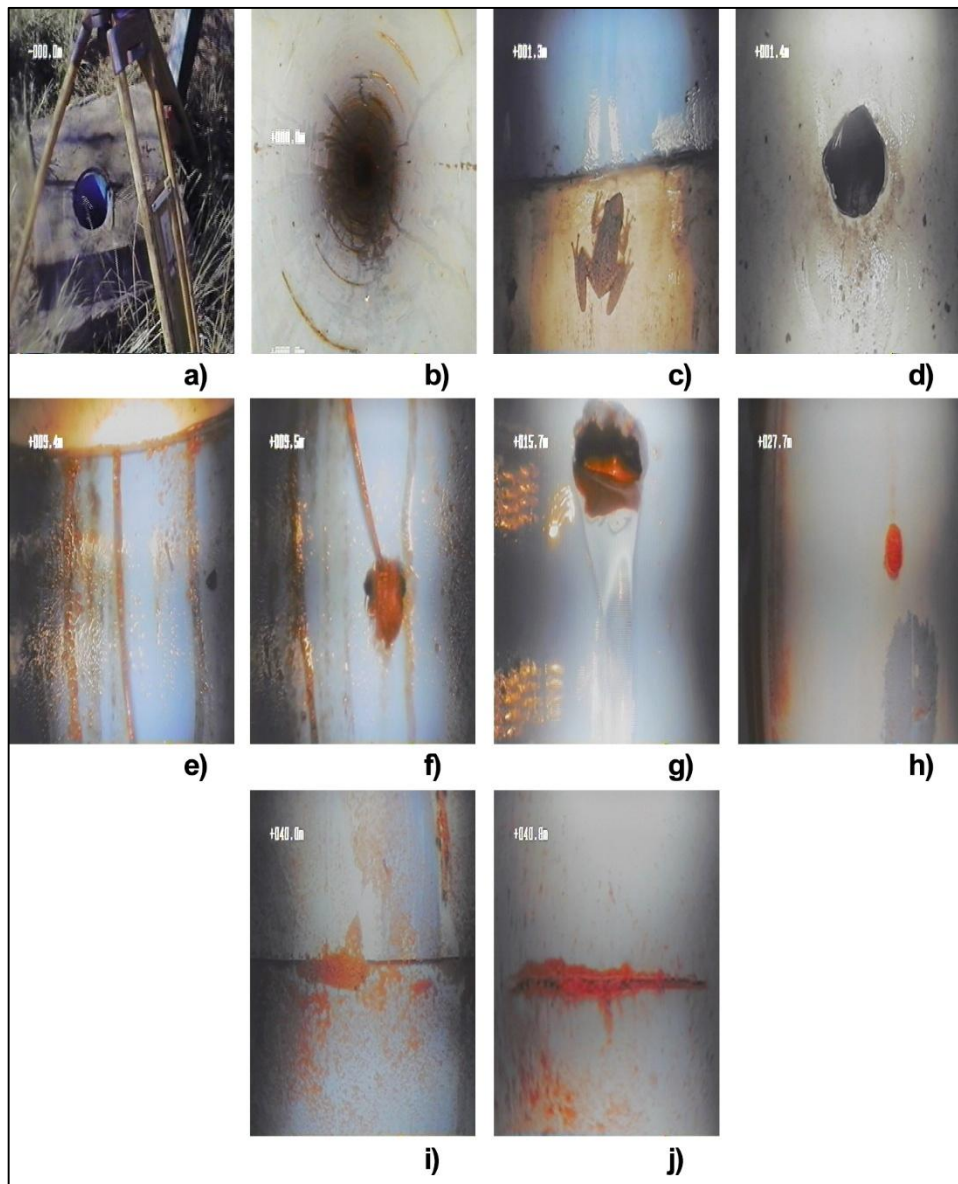
Figura 14: Situação no interior do poço IJ412.



## 10.2 Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Piramboia

Os poços se encontram na cidade de Santana do Livramento, o JB-059 apresenta pouca proteção superficial ao redor da boca (Figura 15a), se tem já em pouca profundidade cortes horizontais (Figura 15b), que geralmente são realizados para servir como filtros, mas se encontram em profundidades sem a presença de água, podendo ocasionar então a entrada de sedimentos ou outros materiais indesejados. A partir de 1 m, se tem a troca do material de revestimento, passando do tubo geomecânico para um branco, aparentemente de PVC (Figura 15c), que também apresenta furos (Figura 15d) e que se segue por 8 metros, voltando ao mesmo material anterior. Esses momentos de troca de material, apresentam pequenas incrustações e acumulações de sedimentos (Figura 15e). Com a volta ao tubos geomecânicos se tem a continuação dos furos utilizados para entrada d'água (Figura 15f) que se mostram uteis na profundidade de 15,7m com entrada d'água (Figura 15g). Abaixo do nível estático o poço continua apresentando furos redondos no revestimento para entrada d'água, mas que em sua maioria se encontram tapados por material sedimentar (Figura 15h), nas juntas dos revestimentos (Figura 15i) e em ranhuras horizontais que servem como filtro (Figura 15j) também se tem a presença da entrada de material exógeno que diminui a capacidade específica do poço. O mesmo tem fim em cerca de 46m.

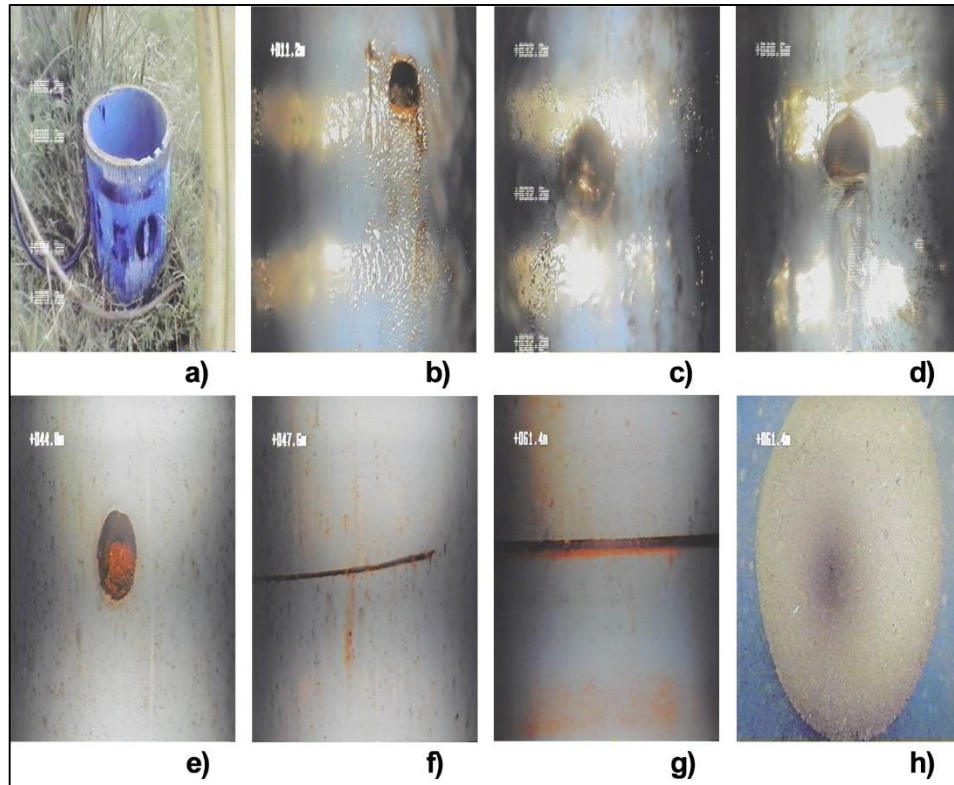
Figura 15: Situação no interior do poço JB-059.



O IO-850 não apresenta proteção na boca (Figura 16a), assim como o anterior ele apresenta furos redondos no revestimento, desde profundidades mais superficiais (Figura 16b) até maiores profundidades (Figura 16c), possibilitando a entrada de sedimentos no poço e só possibilitando a entrada d'água a 40 m (Figura 16d). Se continua com o método de furos no revestimento, mas além dos furos redondos (Figura 16e) se passa a ter ranhuras horizontais que trabalham como filtros e permitem uma entrada menor de material sedimentar (Figura 16f), mesmo não sendo o tipo de filtro aconselhável para se usar. Além da entrada de material sedimentar nos filtros mal elaborados, ocorre também no momento de conexão entre

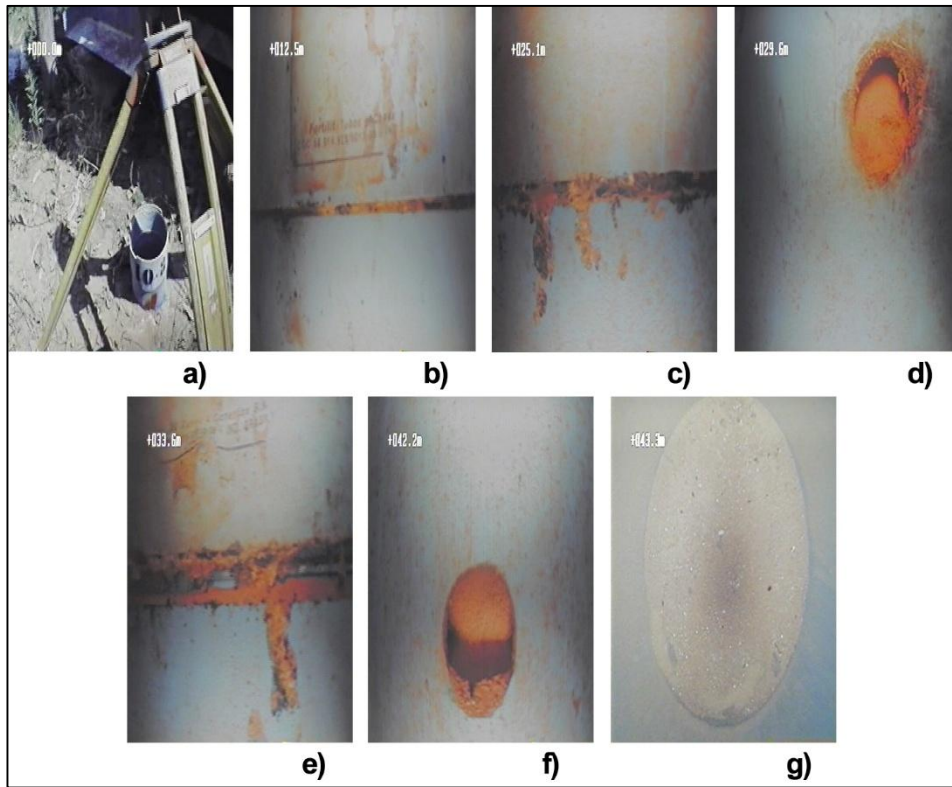
os revestimentos (Figura 16g), explicando a grande quantidade de material no fundo do poço a 62 m (Figura 16h).

Figura 16: Situação no interior do poço IO-850.



Como os demais, o IO-849 também não apresenta proteção superficial (Figura 17a) e apresenta grande entrada de sedimentos no seu interior, através das zonas de conexão entre os revestimentos (Figura 17b), que apresentam grande entrada de material como também muitas incrustações (Figura 17c). Já em maior profundidade as maiores preocupações são a presença dos furos redondos com a presença de muito material arenoso (Figura 17d) intercalados com incrustações e presença de material nas juntas dos revestimentos (Figura 17e). Os furos utilizados como filtro se seguem até o fim do poço, permitindo não só a entrada de água como também a de sedimentos (Figura 17f) podendo ser notada no fundo do poço, pela presença de grande quantidade de material arenoso (Figura 17g).

Figura 17: Situação no interior do poço IO-849.



## 10 CONCLUSÕES

A análise das filmagens obtidas para este estudo permite concluir que o método é válido para reconhecimento e identificação do mau funcionamento de poços tubulares. Consegue demonstrar, de forma nítida, as condições construtivas dos mesmos e as deteriorações existentes e que podem vir a ocorrer. Concluiu-se que os poços que se encontram em aquíferos porosos, totalmente revestidos, não se tem necessariamente a presença do material de revestimento sugerido (plástico geomecânico), principalmente na parte de filtragem, o que facilita a entrada de sedimentos, diminuindo a capacidade específica e aumentando a quantidade de incrustações. A presença desse material não aconselhável, pode ter relação com a idade em que o poço foi realizado, em épocas em que se era comum a utilização de canos de PVC para a captação das águas.

Poços situados em aquíferos fraturados são construídos sem revestimento, ou com revestimento apenas nos primeiros metros a fim de se isolar uma camada argilosa ou arenosa. Como a própria rocha se comporta como revestimento se tem também uma questão econômica no fato de não se revestir por completo o poço, além da falta de conhecimento da real zona de entrada d'água que ocorre a por meio de fraturas, falha e vesículas, possibilitando assim a presença de feições cavernosas que interferem diretamente no momento de recuperação do nível após bombeamento, e que causam a queda de material desagregado da parede do poço podendo danificar o equipamento.

O estudo realizado tem como vantagem, oferecer uma técnica de análise e diagnóstico de baixo custo, sem a necessidade de equipes numerosas para realização e de efetividade nas problemáticas referentes as deteriorações dos poços e litologias circundantes.

Tem também como resultados, evidenciar a carência de critérios e métodos construtivos na construção de poços no Brasil evidenciando, mesmo em um número pouco representativo de poços, um problema de caráter abrangente.



## REFERÊNCIAS

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR 12212- Projeto de poço para captação de água subterrânea. 1992.

\_\_\_\_\_.- NBR 12244- Construção de poço para captação de água subterrânea. 1992.

COSTA, Waldir Duarte. **Locação de poços**. Capítulo 6. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos, v 2, 2013.

DEMETRIO, J. Geilson A; FILHO, João Manoel; LINS, Normando T. de L. **Projeto e construção de poços**. Capítulo 6.1. Hidrogeologia conceitos e aplicações, v 3, 2008.

Drill Center. **Manual Técnico**. Disponível em: <http://docplayer.com.br/1076629-R-cam-1000-xs-e-r-cam-1300-xs.html> , acessado em 09/11/2015 às 08:47.

FEITAS, Marcos Alexandre de; LOPES, Ricardo da Cunha; GOFFERMANN, Marcelo; TREIN, Heinz Alfredo; GASPARINI, Carla. **Utilização da camada Candiota como guia para prospecção de água subterrânea em Candiota e Hulha Negra-RS**. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo – SP. 2006.

GASS, T. E; BENNET, T.W.; MILLER, J.; MILLER, R. **Manual of water well maintenance and rehabilitation technology**. Ada, Okla: Robert S. Kerr Environmental Research Lab. 1987.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano. **Métodos de perfuração, completação e desenvolvimento de poços tubulares**. Capítulo 8. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos, v 2, 2013.

\_\_\_\_\_.; GONÇALES, Valdir; GONÇALES, Valter Galdiano. **Operação, manutenção e telemetria em poços tubulares**. Capítulo 12. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos, v 2, 2013.

GOFFERMAN; Marcelo; TREIN, Heinz Alfredo. **Revitalização e perfuração de poços tubulares em assentamentos de reforma agrária do RS**. XV Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. Natal - RN, 2008.

HOUBEN, Georg; TRESKATIS, Christoph. **Chemical Ageing Processes**. Capítulo 3. Water well rehabilitation and reconstruction, 2007.

\_\_\_\_\_.; TRESKATIS, Christoph. **Mechanical Causes of Well Ageing**. Capítulo 4. Water well rehabilitation and reconstruction, 2007.

\_\_\_\_\_.; TRESKATIS, Christoph. **Identification of Ageing Processes and Performance Assessment of Wells and Rehabilitation**. Capítulo 5. Water well rehabilitation and reconstruction, 2007.

IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe. **Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poço**. Governo do estado de São Paulo, Secretária de Meio Ambiente, Instituto Geológico. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos, v 1, 2010.

JUNIOR, Antonio Camargo; PENTEADO, Rogério Arruda; GOEBEL, Werner. **Perfilagem ótica em poços tubulares**. V Congresso Brasileiro de águas subterrâneas, 1988.

JUNIOR, Manoel Imbiriba; FREIMANN, Boris Chaves; MELO, José Paulo dos Santos. **Perfilagem ótica: Aplicação em rede de monitoramento das águas subterrâneas**. Anais do 13<sup>o</sup> Simpósio de Geologia da Amazônia- Belém, p. 582-584, 2013.

MACHADO, José Luiz Flores. **A verdadeira face do “Aquífero Guarani”: Mitos e Fatos**. XIV Encontro nacional de perfuradores de poços, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. São Leopoldo, 2005b.

\_\_\_\_\_. FREITAS, Marcos Alexandre de; TRAININI, Douglas Roberto; CAYE, Bráulio Robério; PIMENTEL, Geraldo Barros; MARQUES, José Luiz; GOFFERMANN, Marcelo; GUGLIOTTA, Antonio Pierino. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final**. Porto Alegre: CPRM, 2005.

MARIANO, Ivanir Borella. **Projetos de poços**. Capítulo 7. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos, v2, 2013.

ORSATI, Walter Antônio; FILHO, Almiro Cassiano; NETO, César Bianchi. **Manutenção de poços tubulares profundos**. X Encontro nacional de perfuradores de poços, p. 95-104, 1997.

ROCHA, Gerônimo Albuquerque; JORBA, Antonio Ferrer. **Manual de operação e manutenção de poços**. DAEE- Departamento de águas e energia elétrica- São Paulo, v 3, 2007.

REGINATO, Pedro Antonio Rohe; AHLERT, Siclério. **Utilização da perfilagem ótica na avaliação de poços tubulares.** 3<sup>o</sup> Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, 2013.

SCHERER, C. M. S; LAVINA, E. L. **Aloformação Guará: Uma nova unidade estratigráfica mesozoica na porção meridional da Bacia do Paraná.** Simpósio Sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Barra do Graças, Resumos, V.3, p. 36-37, 1997.

WREGGE, Mario; MOURÃO, Maria Antonieta Alcântara. **Projeto Rede Integrade de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagóstico Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.** Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico Do Brasil, 2012.