



**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE DOM FELICIANO –
RS, VISANDO A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA CAPTAÇÃO
DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

Porto Alegre, 2016

DANILO TOMASI NETO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE DOM FELICIANO –
RS, VISANDO A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA CAPTAÇÃO
DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

Trabalho de conclusão de curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Projeto apresentado em forma de monografia como requisito para aprovação na disciplina Projeto Temático III e obtenção do grau de bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Msc. Marcos Imério Leão

Supervisor: Prof. Dr. Nelson Amoretti Lisboa

Porto Alegre, 2016

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia
Curso de Graduação em Geologia

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **Caracterização hidrogeológica do município de Dom Feliciano – RS, visando a identificação de áreas favoráveis para captação de águas subterrânea**, elaborado por **DANILO TOMASI NETO**, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Comissão examinadora:

Dr. José Luiz Flores Machado

Dr. Marcos Alexandre Freitas

Dr. Nelson Amoretti Lisboa

CIP - Catalogação na Publicação

Tomasi Neto, Danilo
caracterização hidrogeológica de Dom Feliciano -
RS, visando a identificação de áreas favoráveis para
captação de água subterrânea / Danilo Tomasi Neto. --
2016.
53 f.

Orientador: Marcos Imério Leão.
Coorientador: Nelson Amoretti Lisboa.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre, BR-
RS, 2016.

1. Hidrogeologia. 2. Geologia. I. Leão, Marcos
Imério, orient. II. Lisboa, Nelson Amoretti,
coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Jim de Oliveira Souza Junior e Claudia R. Tomasi Souza pelo apoio incondicional em todas as fases de construção da vida, sempre com bom humor e descontração.

Ao Msc. Marcos Imério Leão por aceitar, abraçar, orientar e dar vida a este projeto e ao supervisor Dr. Nelson Amoretti Lisboa pelo incansável trabalho de revisão e apoio nas interpretações de sensoriamento remoto, além das grandes conversas e histórias de cada reunião.

A todo o apoio técnico e logístico do Instituto de Geociências da UFRGS, em especial ao Jarson pelo suporte de campo e belas risadas.

Por fim, agradeço a mim mesmo pela tentativa de realizar um trabalho prático em um ambiente acadêmico.

RESUMO

Este trabalho realiza um estudo hidrogeológico para o município de Dom Feliciano – RS, visando o abastecimento da Sede da cidade por águas subterrâneas, pois de acordo com a Agência nacional de Águas há déficit hídrico previsto a partir do ano de 2015. A região localiza-se sobre os sistemas aquíferos fraturados embasamento cristalino II e III e sistema aquíferos permianos, que de acordo com a bibliografia são dados como improdutivos para captação de água por poços profundos, porém em escala de detalhe esta premissa pode ser questionada. Realizou-se estudo morfo estrutural e hidroquímico, que resultou na confecção de mapas temáticos, traçados a partir de lineamentos de médio e pequeno porte, da geomorfologia vista em imagens aéreas de escala 1:60.000, modelo numérico do terreno com resolução até escala 1:25.000, gráficos para a classificação hidroquímica das águas subterrâneas e reconhecimento de campo. A comparação das análises químicas de água de 3 poços com os Valores Máximos de Potabilidade mostra que as águas possuem potabilidade. Com base nos estudos, foram definidos níveis relativos de favorabilidade para águas subterrâneas em um raio de 8 km da Sede, indicando que a Cidade de Dom Feliciano pode usar as águas subterrâneas como forma alternativa, para junto com a água superficial, suprir o déficit hídrico do Município.

Palavras-Chave: hidrogeologia; água subterrânea; aquífero fraturado.

ABSTRACT

This work carries out a hydrogeological study for Dom Feliciano city and intends to supply the urban area problem with groundwater, because it has a study of the national water Agency (ANA) and this study shows a water deficit for this location from 2015. Dom Feliciano is Located into the fractured aquifer systems Embasamento Cristalino I and II and Aquitardos Permianos. According to the bibliography this aquifer systems are unproductive but in detail work scale this premise is questionable. A structural, morpho structural and hydrochemical study was performed and resulted in the making of thematic maps, generated from the little and medium lineaments traced, geomorphology observed in aerial images (scale 1:60000), numerical model terrain (scale 1:25000), graphs for hydrochemical classification of groundwater and fieldtrip. The chemical analysis of three wells was compared with the Maximum Values of Potability and shows that the waters have portability. Based on the studies, relative levels of groundwater favorability were defined within a radius of 8 km from Dom Feliciano urban area, indicating that the City can use groundwater as an alternative form, together with surface water, to supply the water deficit.

Keywords: Hydrogeology; Groundwater; fractured aquifer.

Lista de figuras

FIGURA 1: PORCENTAGEM DE ÁGUA NO PLANETA (MODIFICADO DE WWAP, 2006).....	13
FIGURA 2: CICLO HIDROLÓGICO (FONTE: HTTP://WWW.CESAMA.COM.BR/?PAGINA=AGUA).	14
FIGURA 3: AQUÍFERO FRATURADO (FONTE: HEATH 1982).....	14
FIGURA 4: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO CAMAQUÃ E DO MUNICÍPIO DE DOM FELICIANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.	17
FIGURA 5: PRINCIPAIS TIPOS DE AQUÍFEROS (NOTAS DE AULA DO PROF. NELSON LISBOA).	19
FIGURA 6: PADRÕES E TEXTURAS DE DRENAGEM (NOTAS DE AULA DO PROF. NORBERTO DANI).	21
FIGURA 7: ANAGLIFO EM ESCALA 1:60:00 DESTACANDO A SEDE DO MUNICÍPIO DE DOM FELICIANO.	34
FIGURA 8 FOTOS ESQUERDA E DIREITA (APÓS SCANNER E RECORTE) E ANAGLIFO RESULTANTE ATRAVÉS DO PROGRAMA ANAMAKER. .	35
FIGURA 9: IMAGEM MNT DEMONSTRANDO BLOCOS MORFOESTRUTURAIS E PRINCIPAIS LINEAMENTOS ENCONTRADOS E QUADRO INTERPRETATIVO (FONTE: DADOS DA PESQUISA).	36
FIGURA 10: AFLORAMENTO A - 04 DE GNAISSE COM INTRUSÃO GRANÍTICA E XENÓLITOS MÁFICOS.	38
FIGURA 11: AFLORAMENTO DE CORTE DE ESTRADA MOSTRANDO A CAMADA DE SOLO REGOLITO E A PERCOLAÇÃO DAS ÁGUAS PELAS FRATURAS DO GRANITO.	38
FIGURA 12: AFLORAMENTO DE CORTE DE ESTRADA ALTAMENTE FRATURADO, INDICANDO A PERCOLAÇÃO DE ÁGUA.....	39
FIGURA 13: POÇO TUBULAR PROFUNDO INVENTARIADO E CADASTRADO PELA CPRM	40
FIGURA 14: AMOSTRAGEM DE ÁGUA NOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS.	41
FIGURA 15: AMOSTRAS DE ÁGUA DO P-01 DEVIDAMENTE ARMAZENADOS EM FRASCOS DO LABORATÓRIO DE ECOLOGIA.	42
FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DOS ÍONS DAS AMOSTRAS P-01, P-02 E P-03 EM PORCENTAGEM DE MEQ/L.	44
FIGURA 17: MAPA HIDROGEOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ (MODIFICADO DE MACHADO E FREITAS, 2005). 45	
FIGURA 18: MAPA HIDROGEOMORFOLÓGICO (RELEVO) E MORFOESTRUTURAL (LINEAMENTOS) DA SEDE DO MUNICÍPIO DE DOM FELICIANO RS.....	46
FIGURA 19: MAPA DE FAVORABILIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.	47
FIGURA 20: DIAGRAMA PIPER DAS TRÊS AMOSTRAS COLETADAS P-01(AZUL), P-02(VERDE) E P-03(VERMELHO).	49

Lista de Quadros

QUADRO 1: QUADRO SIMPLIFICADO DOS GRUPOS DE AQUÍFEROS (MODIFICADO DE CPRM, 2005).	27
QUADRO 2: GRUPOS AQUÍFEROS V E VI.	28
QUADRO 3: DESCRIÇÃO DO AFLORAMENTO A - 04	37
QUADRO 4: QUADRO INDICATIVO DOS TRÊS POÇOS AMOSTRADOS.	41

Lista de Tabelas:

TABELA 1: INVENTARIO INDIRECTO DE PONTOS D'ÁGUA A PARTIR DO SIAGAS/CPRM	32
TABELA 2: TABELA COMPARATIVA DOS DADOS AMOSTRADOS E DOS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA PORTARIA PORTARIA MS N° 2914 DE 12/12/2011	48

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA:.....	14
1.2	HIPÓTESE.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.4	LOCALIZAÇÃO.....	16
2	ESTADO DA ARTE.....	18
2.1	CONCEITOS BÁSICOS.....	18
2.1.1	LINEAMENTO.....	18
2.1.2	MODELO DIGITAL DO TERRENO.....	18
2.1.3	AQUÍFERO.....	19
2.1.4	AQUÍFERO FRATURADO.....	19
2.1.5	UNIDADE HIDROGEOMORFOLÓGICA.....	20
2.1.6	PADRÕES E TEXTURAS DE DRENAGEM.....	20
2.2	CONTEXTO GEOLÓGICO.....	22
2.2.1	DOMÍNIO DOM FELICIANO.....	23
2.2.2	COMPLEXO GRANITO GNÁISSICO PINHEIRO MACHADO.....	26
2.3	CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO.....	26
3	METODOLOGIA.....	30
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1.1	INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA.....	30
3.1.2	SENSORIAMENTO REMOTO.....	33
3.2	TRABALHO DE CAMPO.....	36
3.2.1	LEVANTAMENTO GEOLÓGICO.....	37
3.2.2	INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA.....	39
3.3	TRABALHO DE ESCRITÓRIO.....	42
3.3.1	CONFECÇÃO DE MAPAS.....	42

3.3.2	ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS	43
4	RESULTADOS	44
4.1	MAPA HIDROGEOLÓGICO DA BACIA HIDROGÁFICA DO RIO CAMAQUÃ 45	
4.2	MAPA GEOMORFOLÓGICO - MORFOESTRUTURAL DE DETALHE	45
4.3	MAPA DE FAVORABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	47
4.4	ANÁLISES QUÍMICAS	48
5	CONCLUSÕES.....	50
6	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A construção de povoados e cidades desde os primórdios da civilização está ligada basicamente a capacidade das regiões escolhidas oferecerem água para suprir as necessidades humanas. Deste modo a busca por recursos hídricos por meio de estudos, amostragem ou simplesmente “achados ao acaso”, vem crescendo significativamente com o crescimento exponencial das cidades e a diminuição das áreas fontes não poluídas para captação. Neste contexto a água subterrânea ganha importância no cenário global, pois representa 30,1% da água doce disponível no planeta (Fig. 1) e via de regra possui uma qualidade química superior às águas dos rios e lagos, principalmente nas proximidades de grandes povoados e cidades. Por outro lado, o custo é menor para a captação desde que não se faz necessária à construção de grandes obras de engenharia como barragens e estações de tratamento complexas.

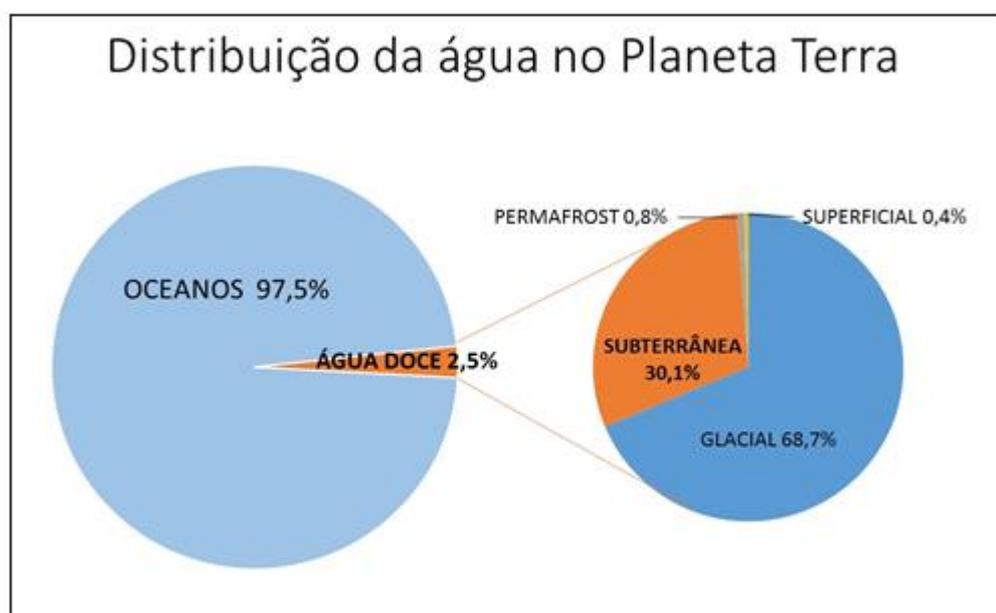


Figura 1: Porcentagem de água no planeta (modificado de WWAP, 2006).

Para a exploração das águas subterrâneas é necessário o conhecimento do ciclo hidrológico (Figura. 2) e do meio em que se está inserido (tipo de solo/rocha, regime de chuvas...), possibilitando a quantificação e dinâmica das águas dos aquíferos.

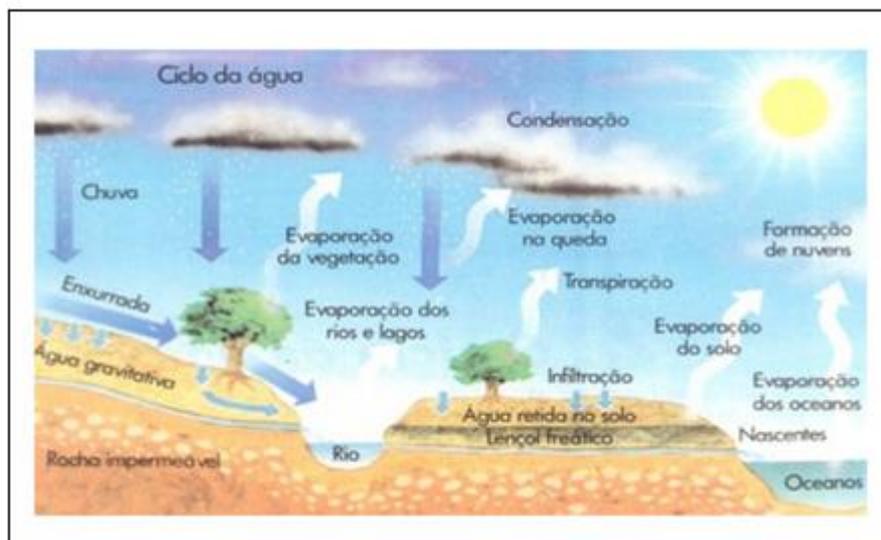


Figura 2: Ciclo hidrológico (fonte: <http://www.cesama.com.br/?pagina=agua>).

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA:

Os aquíferos são, por definição, quaisquer unidades geológicas capazes de transmitir ou armazenar água, seja por meio de poros ou descontinuidades e fraturas. Estes podem ser divididos em aquíferos livres ou confinados e em Porosos, Cársticos ou fraturados/Fissurados.

Os Aquíferos Fraturados (Figura 3), que ocorrem na região de estudo, estão associados principalmente a rochas ígneas e metamórficas e sua capacidade produtiva depende diretamente da quantidade, preenchimento e abertura das fraturas da unidade geológica, bem como da intercomunicação das mesmas.

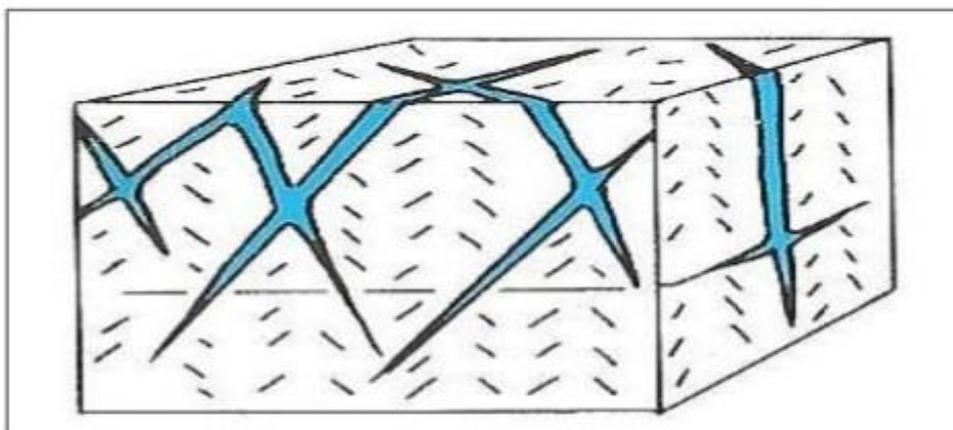


Figura 3: Aquífero fraturado (Fonte: Heath 1982).

Neste contexto encontra-se o município de Dom Feliciano – RS, situado na bacia hidrográfica do Rio Camaquã e abastecido por águas superficiais do Arroio Forqueta, sob a responsabilidade da Companhia de Rio-grandense de Saneamento (CORSAN). O objetivo do trabalho é realizar estudo hidrogeológico de detalhe, visando elucidar as condições de ocorrência de água subterrânea e a possibilidade de suprir o déficit hídrico indicado pela Agência Nacional de Águas (ANA) para a cidade a partir do ano de 2015. Estes estudos foram publicados no Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água (2010) e indicam que seria necessária a busca por um novo manancial. Este provável novo manancial seria o Arroio Sútil localizado a cerca de 7 km da área urbana de Dom Feliciano e que já possui indícios de poluição. Sendo assim, este trabalho busca estudar a possibilidade do uso de água subterrânea como uma fonte alternativa para o abastecimento da sede do município dado que na região já existem alguns poços perfurados pela CORSAN e pela prefeitura. Além disso, de acordo com o Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul em escala 1:750.000 (Machado e Freitas, 2005) a região de estudo localiza-se sobre os aquíferos Embasamento Cristalino II e Embasamento Cristalino III, que indicam poços praticamente improdutivos ou secos, pois são controlados por porosidade secundária das rochas graníticas maciças e gnáissicas da região. Apesar destas premissas restritivas, a ausência de intercomunicação das fraturas apresentada por estes autores pode ser contestada com um nível mais detalhado de pesquisa, podendo ser constatada a conexão na escala de detalhe.

1.2 HIPÓTESE

Mesmo com a busca de mananciais superficiais, não se exclui a possibilidade de uso de água subterrânea, mesmo com poços de baixa vazão, pois o uso de poços já existentes e a locação de novos poços de captação de água subterrânea podem servir como fonte alternativa para, junto com a captação de água superficial, abastecerem a sede do Município.

1.3 OBJETIVOS

- Realizar o estudo hidrogeológico e hidroquímico na área urbana e arredores do Município de Dom Feliciano (até 8 km da Sede) e verificar através deste a possibilidade de utilizar as águas subterrâneas como alternativa de abastecimento de água para a sede do município;
- Através do estudo, geomorfológico, estrutural e hidrogeológico indicar locais favoráveis para a perfuração de novos poços tubulares;
- Verificar a qualidade das águas subterrâneas, visando o abastecimento humano;
- Contribuir com a CORSAN e/ou com a prefeitura do município, fornecendo uma alternativa de fonte de abastecimento de água, enriquecendo o conhecimento hidrogeológico desta região com dados de vazão de poços e de qualidade química das águas.

1.4 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo encontra-se localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, a aproximadamente 174 km a noroeste de Porto Alegre. Está inserida na bacia hidrográfica do rio Camaquã (Figura 4), que possui uma área de 19.346,03 km² e está situada, aproximadamente, entre as coordenadas 30°02'52" a 31°32'59" (latitude sul) e 51°42'02" a 54°11'15" (longitude oeste).

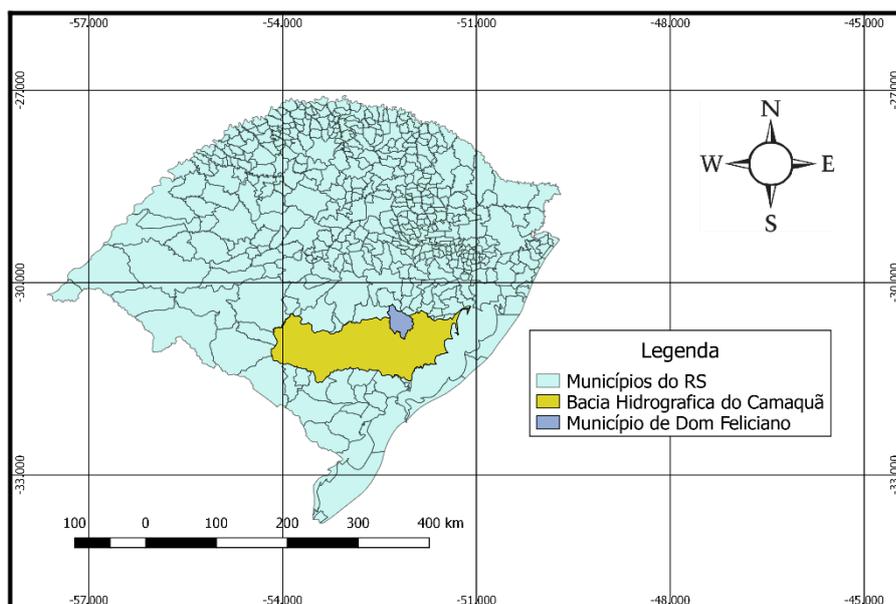


Figura 4: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica da Bacia do Rio Camaquã e do Município de Dom Feliciano no Estado do Rio Grande do Sul.

Dentro desta bacia encontra-se boa parte do município de Dom Feliciano, incluindo sua sede, localizada a uma latitude $30^{\circ}42'15''$ sul e a uma longitude $52^{\circ}06'27''$ oeste, estando a uma altitude de 154 metros, abrangendo uma área de 1.356,171 Km² segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

2 ESTADO DA ARTE

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Para o melhor entendimento do assunto é preciso revisar alguns conceitos como: o que é um lineamento; o que é modelo digital do terreno; o que é um Aquífero; em qual tipo de aquífero está inserida a área; o que é uma unidade hidrogeomorfológica e o que são padrões de drenagem.

2.1.1 LINEAMENTO

A palavra lineamento vem do latim: Línea = linha + Mentum = semelhante a; portanto, semelhante ou como uma linha. O lineamento é uma feição linear simples ou composta de uma superfície, cujas partes estão alinhadas retilineamente ou ligeiramente em curva e que diferem claramente dos padrões de características adjacentes e presumivelmente refletem um fenômeno em sub superfície (O'Leary, 2013).

Lineamentos podem ser divididos em três escalas de comprimentos: lineamentos de grande porte, maiores do que 100 km, associados a limites entre províncias geológicas; lineamentos entre 10 e 100 km, associados a falhas; e lineamentos de pequeno porte menores do que 10 km, associados a fraturas. São reconhecidos em imagens de sensoriamento remoto pelo alinhamento de cristas escarpas, vales, vegetações naturais e tonais.

2.1.2 MODELO DIGITAL DO TERRENO

O Modelo Digital do Terreno é uma representação simplificada da realidade, onde um conjunto de dados define a distribuição espacial da elevação superficial do terreno.

Embora as nomeações Modelo Digital de Elevação (MDE) e Modelo Digital do Terreno (MDT) ou Modelo Digital de Superfície (MDS) sejam por vezes usados como sinônimos, o termo 'terreno' implica atributos de uma paisagem que não seja a altitude da "landsurface". O termo MDE é o preferido para modelos contendo apenas dados

de elevação do terreno. Nesse sentido, o MDT é uma definição mais ampla, porque inclui também qualquer objeto sobreposto a ele como edifícios, árvores, etc. (Felicísimo, 1994; Jacobsen, 2003 *apud* Quaíni, 2010).

2.1.3 AQUÍFERO

Os aquíferos são, por definição, quaisquer unidades geológicas capazes de transmitir ou armazenar água, seja por meio de poros ou discontinuidades e fraturas. Estes podem ser divididos em aquíferos livres ou confinados e em Porosos, Cársticos ou fraturados/Fissurados e Mistos (Figura 5) (CPRM, 2005).

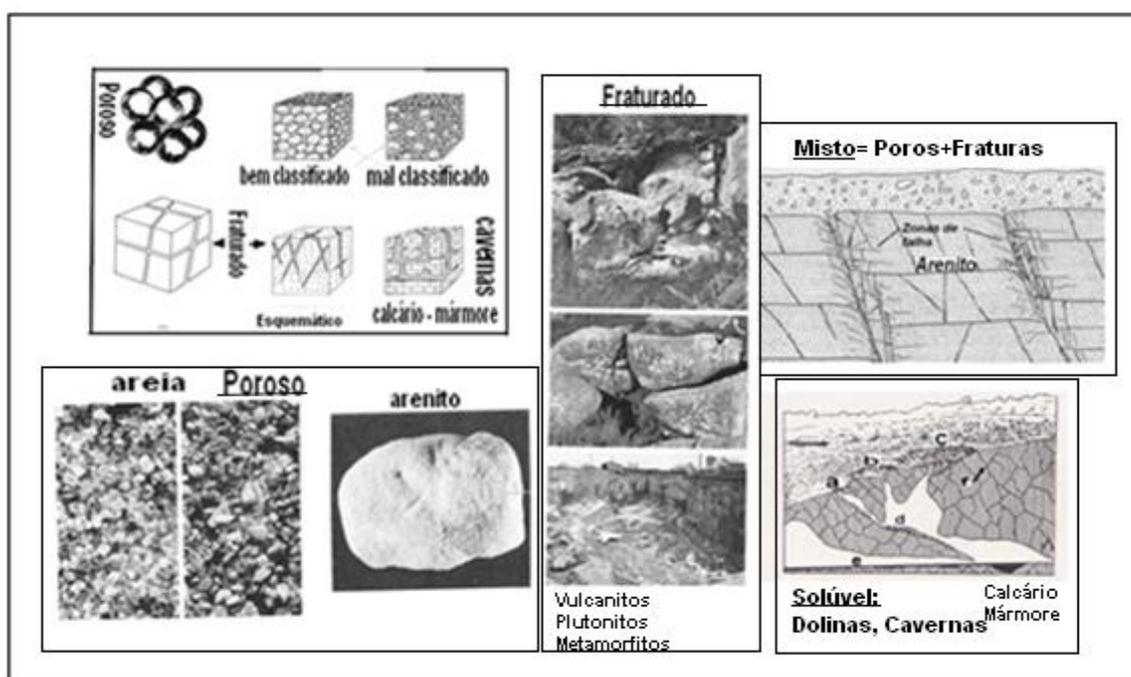


Figura 5: Principais tipos de aquíferos (Notas de Aula do Prof. Nelson Lisboa).

2.1.4 AQUÍFERO FRATURADO

Aquíferos fraturados são aqueles que possuem sua porosidade devido a discontinuidades físicas do meio (porosidade secundária), ou seja, a água é armazenada/transmitida através de fissuras e/ou fraturas. Este tipo de aquífero está diretamente ligado a rochas ígneas plutônicas e vulcânicas e às rochas metamórficas onde o predomínio estrutural é significativo (CPRM, 2005).

2.1.5 UNIDADE HIDROGEOMORFOLÓGICA

Uma Unidade Hidrogeomorfológica (HGU) compreende uma ou mais topo sequências que tenham um determinado padrão de drenagem. Assim, uma Unidade Hidrogeomorfológica descreve indiretamente a topografia local ou a morfometria do solo e suas características. Características estas que regem a recarga, o armazenamento e a descarga das águas subterrâneas. Quando a geologia influencia a geomorfologia, os limites de unidades devem coincidir com os limites geológicos, porque a composição mineralógica, foliação e fraturas influenciam as propriedades hidrogeológicas (Meijerik, 2007).

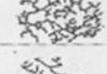
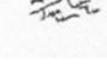
Esta segmentação pode ser baseada no sistema de mapeamento geomorfológico de Verstappen (1983). O sistema utiliza essencialmente critérios genéticos, com uma base litológica, e permite a diferenciação das subunidades.

As HGUs são diferenciadas principalmente na base do que pode ser visto nas imagens, tais como padrões de drenagem, cobertura do solo, diferenças tonais e estruturais, seguido de descrição dos elementos da topo sequência e das subunidades.

2.1.6 PADRÕES E TEXTURAS DE DRENAGEM

Os padrões de drenagem e a sua textura (Figura 6) são elementos importantíssimos para a identificação das unidades hidrogeomorfológicas, pois a textura indicará o número de canais em uma determinada área, onde texturas grossas indicam poucos canais e rochas permeáveis e texturas finas muitos canais e rochas impermeáveis. Já o padrão de drenagem nos indica a distribuição estrutural do substrato e correlação com o subsolo. Assim é possível a identificação das litologias pelo método de sensoriamento remoto com a utilização de fotos aéreas ou outras imagens de sensoriamento remoto (Notas de Aula Prof. Norberto Dani).

Padrões de drenagem

Padrão	Forma	propriedades do substrato	Arranjo espacial do padrão
1. Lagunado desorganizado	Lagunar, ocorre em locais planos (mesas, platôs e planícies)	Exudações freáticas	
2. Dendrítico arborescente	Vários ramos multidirecionais sinuosos	Material homogêneo	
3. Subdendrítico	Multidirecional mostrando uma direção pouco marcada	Material homogêneo com fraca inclinação	
4. Subparalelo	Unidirecional com ramos sinuosos paralelos	Pacotes muito fracamente basculados	
5. Paralelo	Ramos unidirecionais paralelos retílicos	Pacotes fracamente basculados	
6. Retangular	Ramos bidirecionais formando ângulos de aprox. 90°	Padrão de fratura bidirecional	
7. Angular	Ramos multidirecionais retílicos formando ângulos variados	Padrão de fraturas multidirecionais	
8. Pinado	Ramos bidirecionais, os canais tem um conjunto em forma de pena	xistosidade, fissilidade	
9. Râdial	Ramos arranjados numa forma radial	Estruturas circulares	
10. Aneiar	Ramos arranjados numa forma de anel	Estruturas circulares	
11. Treliça	Bidirecional, formando ângulos de 90°	Planos de dobra, charneiras, falhas, diáclases	

Texturas de drenagem

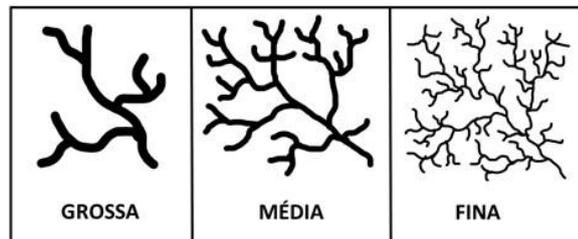


Figura 6: Padrões e texturas de drenagem (Notas de aula do prof. Norberto Dani).

2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia do rio Camaquã está inserida no contexto do Planalto Sul-Rio-Grandense, que é subdividido em Planalto de Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado de Canguçu (IBGE, 1995), e é caracterizado por um vasto arqueamento crustal, gerando um planalto desnudado em formato dômico ou de paleoabóboda (AB'SABER, 1998).

Esta bacia encontra-se sob o escudo Sul-rio-grandense, de grande complexidade, que apresenta um núcleo cratônico, estabilizado desde o evento Transamazônico, e faixas móveis de idades neoproterozóicas (DELGADO et al., 2003). O embasamento cratônico com idades arqueanas a paleoproterozóicas compreende ortogranulitos e ortognaisses, já os cinturões orogênicos neoproterozóicos são constituídos por rochas ígneas intrusivas (monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e dioritos). Ocorrem ainda faixas metamórficas compostas por ortognaisses e paragnaisses, corpos máfico-ultramáficos com predomínio de serpentinitos, anortositos e gabros, e derrames vulcânicos ácidos e básicos compostos por riolitos, dacitos e basaltos. Além de rochas sedimentares de composição arcósea formando arenitos e conglomerados, de idade neoproterozóica a ordoviciana, preservadas no interior de pequenos rifts isolados (CPRM, 2006).

O Município de Dom Feliciano está situado no Domínio Dom Feliciano, e conforme Soliani Jr. (1986), este bloco ocupa toda a porção oriental do escudo sul-rio-grandense e corresponde a um grande complexo plutônico com rochas gnáissicas intensamente deformadas e numerosos plútons graníticos. Mais especificamente na área do município, encontra-se o Diorito Capim Branco, a suíte granítica Dom Feliciano com os sienogranitos tipo Morrinhos e Serra do Erval e o Complexo Granito Gnáissico Pinheiro Machado.

A região também está submetida a um regime climático subtropical e úmido, bastante vulnerável ao avanço das massas polares e são submetidas a uma moderada atuação do intemperismo químico com formação de solos pouco profundos e húmicos, de boa fertilidade natural, embasados por rochas cristalinas (EMBRAPA, 2001).

2.2.1 DOMÍNIO DOM FELICIANO

Este complexo foi definido por Fragoso César *et al.* (1986) como um batólito composto, multi-intrusivo e polifásico, relacionado à evolução do Cinturão Dom Feliciano e que denominaram Batólito de Pelotas. Este domínio foi dividido em complexo granito-gnáissico Pinheiro Machado, Granito Passo da Mozinha, Diorito Capim Branco e Suíte Granítica Dom Feliciano, que se subdivide nas Fácies Monzograníticas tipo Barão do Triunfo, Cerro Grande e Arroio Carajá, nas Fácies Sienograníticas tipo Microgranitos, Morrinhos e Serra do Erval e na Fácies subvulcânica e enxame de Diques Riolutos Ana Dias (CPRM, 1997).

2.2.1.1 DIORITO CAPIM BRANCO

Segundo a CPRM (1997) na cidade de Dom Feliciano aflora uma associação de granitoides básicos composicionalmente diversificada, incluindo desde dioritos e quartzo-dioritos até granodioritos e monzogranitos. Tessari e Picada (1966, p.54) ao caracterizarem o Complexo Granítico Dom Feliciano, mencionaram a ocorrência local, nas proximidades do arroio Sutil, de massas de rochas escuras com composição mais básica. Igualmente Fragoso *et al.* (1986) refere-se a corpos com geometria desconhecida, com áreas quilométricas de afloramentos de dioritos e quartzo-dioritos maciços, intrudidos por veios e apófises da Suíte Dom Feliciano ocorrentes na cidade de Dom Feliciano.

O Diorito Capim Branco na área de Dom Feliciano compreende desde dioritos até monzogranitos, com mineralogia característica de suítes calcialcalinas. A principal área de ocorrência do diorito, na região de Dom Feliciano, apresenta uma forma grosseiramente retangular, alongada na direção NE-SW, com cerca de 30 km². Seus limites são balizados, em sua quase total extensão, por falhamentos NE-SW e NW-SE.

O Diorito Capim Branco encontra-se intensamente intrudido pelos sienogranitos da Suíte Granítica Dom Feliciano. As relações de contato entre os sienogranitos e os dioritos são nítidas, com o desenvolvimento de contatos retilíneos e raras feições de assimilação, devido ao contraste elevado de temperaturas e viscosidade entre estes magmas.

O Diorito Capim Branco é representado por rochas equigranulares médias a finas, eventualmente porfiríticas, meso a melanocráticas, com cores cinza-escuro a preta, quando intercaladas, e cinza-esverdeados nos termos mais intemperizados. Os afloramentos apresentam-se como matacões arredondados ou pequenos lajeados. Apresentam textura equigranular hipidiomórfica fina a média, dada pelo arranjo dos cristais de plagioclásio (An₃₆₋₄₈) e anfibólio (hornblenda), seus constituintes essenciais. Somam-se a estes, em proporções variadas, o K-feldspato (predomínio de microclínio micropertítico), biotita, quartzo e piroxênio (diopsídio), e os acessórios são esfero, apatita, e zircão e como alteração sericita, muscovita e clorita.

As rochas que constituem esta associação são petrograficamente, classificadas como dioritos, quartzo-dioritos, granodioritos e monzogranitos, afetadas por um evento metamórfico da fácies xisto-verde médio, zona da biotita.

2.2.1.2 SUÍTE GRANÍTICA DOM FELICIANO

A Suíte Granítica Dom Feliciano é constituída por uma série de plútons, estruturalmente alongados na direção NE, faciologicamente distintos entre si, mostrando evidências intrusivas de uma fácies em outra. Composicionalmente predominam monzo e sienogranitos, tendo granodioritos, feldspato alcalino-granitos e quartzo-sienitos como termos muito subordinados.

2.2.1.3 SIENOGRANITO SERRA DO ERVAL

Na folha Porto Alegre, identificam-se diversos corpos de sienogranitos intrusivos nos termos monzograníticos do arroio Carajá, Cerro Grande, e Barão do Triunfo. O corpo com maior expressão em área é designado Serra do Erval em referência ao granito Serra do Erval.

Este Sienogranito aflora segundo uma faixa contínua ao longo da borda do batólito da suíte granítica Dom Feliciano fazendo, em grande extensão, o limite entre os domínios Dorsal de Canguçu e Dom Feliciano. Constitui assim um corpo alongado na direção NE que, na realidade, deve ser constituído por múltiplas intrusões, cujos limites não puderam ser definidos (CPRM, 1997).

Os afloramentos desta litologia constituem, em geral, campos de matacões e blocos que recobrem as encostas íngremes e escarpadas, desenvolvendo vertentes e cristas rochosas.

São rochas de textura equigranular média a grossa, e localmente porfirítica, são leucocráticas vermelhas a rosadas, identificando-se apenas o quartzo e o K-feldspato (microclínio micropertítico) como constituintes essenciais e M' em geral não ultrapassa 1% (biotitas). Plagioclásio (Albita An8).

2.2.1.4 SIENOGRANITO TIPO MORRINHOS

Segundo a CPRM (1997) os sienogranitos desta unidade apresentam, em geral, limites bem definidos por falhas ou constituindo stocks de contornos ovalados a aciculares, que ressaltam na topografia. São intrusões que afetam todas as unidades aflorantes no domínio Dom Feliciano, inclusive os termos sienograníticos mais precoces (Sienogranito Serra do Erval). A principal área de exposição desta fácies, constitui um corpo alongado NE, que se estende desde Morrinhos até Guaíba, na porção leste da folha, limitando-se por falhas com o sienogranito Serra do Erval, e parecendo constituir uma continuidade desta intrusão.

O sienogranito Tipo Morrinhos apresenta características texturais e petrográficas extremamente homogêneas em todas as intrusões cartografadas. Corresponde a sienogranitos granulares médios a grossos, localmente porfiríticos com fenocristais de K-feldspato imersos em matriz de granulação média. São vermelhos e praticamente isentos de máficos, os quais se restringem a ocorrências localizadas de biotita.

Petrograficamente, mostram textura equigranular alotriomórfica média a porfirítica, com diâmetro médio dos cristais em torno de 4 mm. Predomina amplamente o K-feldspato (microclínio micropertítico), com inclusões de quartzo arredondado e de plagioclásio, e apresentando intercrescimentos micrográficos. Os Plagioclásios (albita-oligoclásio) são subédricos a anédricos e, muitas vezes zonados. Os minerais acessórios são allanita, zircão e apatita, sendo comum também a presença de veios preenchidos por quartzo, fluorita e clorita.

Estes granitos representam o último evento magmático ácido da região, tendo sido emplaçados em um regime estável a nível de crosta superior (epizona).

2.2.2 COMPLEXO GRANITO GNÁISSICO PINHEIRO MACHADO

O Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado, compreende xenólitos que variam da escala centimétricas a quilométrica; incluem gnaiss quartzo-feldspático (781 Ma U-Pb); biotita gnaiss, rocha calcissilicática, quartzito, xisto, mármore, anfibolito, gnaiss migmático (CPRM 2007).

De acordo com Dummer (2010) nas suítes graníticas da região há grande variedade de xenólitos de rochas metamórficas de alto e baixo grau. Segundo Philipp et al. (1990, 1998) citado por Holz & De Ros (2000) os granitóides da Suíte Intrusiva Pinheiro Machado possuem uma variedade de xenólitos, constituindo gnaisses granodioríticos a tonalíticos, alguns anfibolitos granonematoblásticos, gnaisses calcissilicáticos, biotita-hornblenda anfibolitos finos bandados (paranfibolitos), biotita gnaisses bandados (metapelitos) e ortognaisses migmatíticos. Estes xenólitos por sua vez representam a Suíte Intrusiva Pinheiro Machado, tendo como rocha encaixante os granitos da Suíte Granítica Dom Feliciano.

2.3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

Os aquíferos do estado do Rio Grande do Sul foram identificados e separados a partir do Projeto Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (Machado e Freitas, 2005), realizado a partir de parceria entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (DRH-SEMA/RS), que dividiu os aquíferos em 21 sistemas, conforme a porosidade e potencialidade para ocorrência de águas subterrâneas. Estes sistemas foram distribuídos e divididos em seis grupos apresentados no Quadro que segue.

Quadro 1: Quadro simplificado dos grupos de aquíferos (modificado de CPRM, 2005).

Grupos Aquíferos	Potencial para água subterrânea	Tipo de aquífero
Grupo I	Alto – Médio	Sedimentos com porosidade Intergranular
Grupo II	Médio – Baixo	Sedimentos com porosidade Intergranular
Grupo III	Alto – Médio	Rochas com porosidade por Fraturas
Grupo IV	Médio – Baixo	Rochas com porosidade por Fraturas
Grupo V	Baixo	Rochas com porosidade Intergranular ou por Fraturas
Grupo VI	Muito Baixo	Rochas com porosidade Intergranular ou por Fraturas

O município de Dom Feliciano está inserido dentro dos grupos V e VI, que contemplam cerca de 33,3% dos aquíferos do Estado. Estes aquíferos estão apresentados de maneira simplificada no Quadro 2.

Quadro 2: Grupos aquíferos V e VI.

Grupos Aquíferos	Aquífero	Litologias	Área	Vazão dos poços
Grupo V	Aquitardos Permianos	Siltitos Argilosos	18,048 Km ² Em uma estreita faixa na depressão periférica	Muito Baixa Ou Secos
		Argilitos Cinza-escuro		
		Folhelhos Pirobetuminosos		
		Margas		
		Arenitos Finos		
	Embasamento Cristalino II	Granitos	64,538 Km ² No Embasamento Cristalino	Capacidade específica inferior a 0,5m ³ /h/m Ou Secos
		Gnaisses		
		Andesitos		
		Xistos		
		Filitos		
Calcários Metamorfizados				
Grupo VI	Aquicludes Eopaleozóicos	Arenitos Finos a Médios com Baixa porosidade		Secos Ou Insignificantes
	Embasamento Cristalino III	Granitos	Porção mais elevada do Embasamento Cristalino	Condições desfavoráveis para poços
		Gnaisses		
		Riolitos		
		Andesitos pouco alterados		

O grupo V é composto por dois tipos de aquíferos, os Aquitardos Permianos que estão localizados em estreita faixa de 18.048 km² na Depressão Periférica, circundando o Embasamento Cristalino. Suas litologias são formadas por siltitos argilosos, argilitos cinza-escuros, folhelhos pirobetuminosos e pequenas camadas de margas e arenitos finos. Normalmente, os poços que captam essas litologias apresentam vazões muito baixas ou são secos. Outro é o aquífero Embasamento Cristalino II que ocorre em uma área de 64.538 km² no Embasamento Cristalino. Suas litologias são granitos, gnaisses, andesitos, xistos, filitos e calcários metamorfizados, que estão, localmente, afetadas por fraturamentos e falhas. Geralmente, apresentam capacidades específicas inferiores a 0,5 m³/h.m, ocorrendo muito frequentemente poços secos (CPRM, 2010).

O grupo VI é constituído pelos Aquicludes Eopaleozóicos compostos por arenitos finos a médios, róseos a avermelhados, com cimentação ferruginosa, calcítica e silicosa. Estes sofreram intensa diagênese e metamorfismo e, hoje, encontram-se

muito endurecidos. Devido a esses fatores, a porosidade é muito baixa, o que ocasiona péssimas condições de armazenamento de água subterrânea. Com isso, os poços tubulares presentes nessa unidade são secos ou têm vazão insignificante. O outro aquífero é o Embasamento Cristalino III, localizado nas porções mais elevadas do Embasamento Cristalino, composto principalmente por rochas graníticas maciças, gnaisses, riolitos e andesitos pouco alterados. A ausência de fraturas interconectadas, pequena espessura do manto de alteração e a condição topográfica desfavorável inibem a perfuração de poços tubulares nessa unidade (CPRM, 2010).

3 METODOLOGIA

Para que se obtivesse êxito na realização deste trabalho foram adotadas metodologias já conhecidas e de eficácia comprovada. A construção deste trabalho se iniciou através de um levantamento bibliográfico prévio, de parte pré-campo através de sensoriamento remoto, que posteriormente foi comprovado em etapa de campo, e etapa pós-campo com tratamento de dados coletados e metodologias de laboratório.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

No início do trabalho foi realizado um levantamento de dados bibliográficos sobre a área de estudo, envolvendo os assuntos relacionados com a temática do trabalho, como hidrogeologia, geologia, análises e tratamento de fotos aéreas. Estes dados foram levantados a partir de Livros, artigos, estudos realizados e de sites de órgãos governamentais (CPRM-SIAGAS, IBGE, SEMA-RS, DNPM). Além de levantamentos cartográficos realizados pelo Exército Brasileiro em escala 1:50.000 nas folhas Arroio Sutil, Cerro Negro e Dom Feliciano e aerofotos em escala 1:60.000, além de Imagens MNT e Landsat retirados do CD-Brasil Relevo confeccionado pela EMBRAPA em escala 1:25.000.

3.1.1 INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA

Um inventário de pontos d'água é um levantamento de qualquer estrutura de acesso às águas subterrâneas capaz de fornecer informações sobre a parte construtiva e de exploração do aquífero. Neste levantamento podem constar poços tubulares, poços cacimba e fontes que influenciam nos aquíferos. Esta etapa consistiu na busca bibliográfica de trabalhos já realizados da CPRM (SIAGAS), SEMA, DNPM, Prefeitura e empresas particulares de perfuração, com objetivo de coletar dados existentes sobre localização, proprietário, tipo de pontos d'água, equipamento instalado, nível estático e nível dinâmico, além de dados construtivos, análises químicas, índices físico-químicos e dados de ensaios de bombeamento realizados no município de Dom Feliciano (Tabela 1.).

Estes dados serviram para elaboração de um diagnóstico prévio da área de estudo, além de guiar a visita ao campo, indicando locais onde deveria ser realizado um inventário de pontos d'água no campo, ou seja, a busca de novos poços. Este trabalho de inventário auxiliou no estudo de áreas favoráveis para locação de poços.

Tabela 1: Inventário indireto de pontos d'água a partir do SIAGAS/CPRM

N° SIAGAS	UTM Norte	UTM Leste	LOCALIDADE	Proprietário	Litologia	N. E	ND	Prof.	Cap. Esp. (m³/h/m)	Temp.	pH
4300001015	6602900	394250	DOM FELICIANO	CORSAN	Complexo granito-gnáissico	0.80		88.00			
4300001016	6603150	393900	DOM FELICIANO	CORSAN	Complexo granito-gnáissico	2.58	87.75	93.00	0.005	19.0	7.5
4300021436	6613610	388441	STA.RITA -GASPAR	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	6.01	29.34	148.00	0.22	20.0	6.5
4300021705	6598383	378928	FAXINAL	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	9.00	88.00	110.00	0.03		
4300021706	6603949	393673	ANAPIO SILVEIRA	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	1.50	61.00	100.00	0.04		
4300021707	6606291	378348	HERVAL	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	3.60	84.00	192.00	0.015		9.0
4300021708	6602106	383075	SAO VALENTIN	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	2.50	22.40	44.00	0.312		
4300022318	6608556	383253	HERVAL	ALVINO DOS SANTOS	Complexo granito-gnáissico	70.00	92.00	103.00	0.077		
4300022319	6596400	394753	LINHA LOCO NETO	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	54.70		85.00			6.94
4300022320	6611426	399945	LINHA Nsa SENHORA DE FATIMA	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	11.00	71.00	150.00	0.033	21.0	7.00
4300022321	6603579	398412	PONTE DO SUTIL	PAULO LEMPEK	Complexo granito-gnáissico	32.70		120.00		20.0	6.40
4300022322	6602605	401395	PASSO DO BARRO	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	5.10	27.82	130.00	0.198	21.0	7.20
4300022324	6595212	391142	LINHA ASSIS BRASIL	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	49.70		190.00			
4300022335	6605921	387266	COLONIA NOVA	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico			100.00			6.99
4300022336	6601256	374814	FAXINAL	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico			100.00			6.94
4300022337	6585861	391381	REMANSO	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	00.00	18.00	132.00	0.5		7.37
4300022338	6595612	391305	LINHA ASSIS BRASIL	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	7.50	36.30	230.00	0.057		6.90
4300022339	6600804	392972	LINHA LAURENTINO FREIRE	PREFEITURA	Complexo granito-gnáissico	9.60	132.00	150.00	0.008	20.0	6.90

3.1.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Nesta etapa foram utilizadas fotos aéreas em escala 1:60.000 de 1964 realizadas pelo Exército Brasileiro. Estas fotos foram trabalhadas em estereoscópios, com a utilização de transparências, e através do programa Anamaker (<http://pt.scribd.com>) para confecção de anaglifos tridimensionais digitais visualizáveis em monitor de computador (Figura 7). Estas imagens permitiram a identificação de lineamentos e feições hidrogeomorfológicas, além da indicação de locais favoráveis à perfuração de novos poços tubulares.

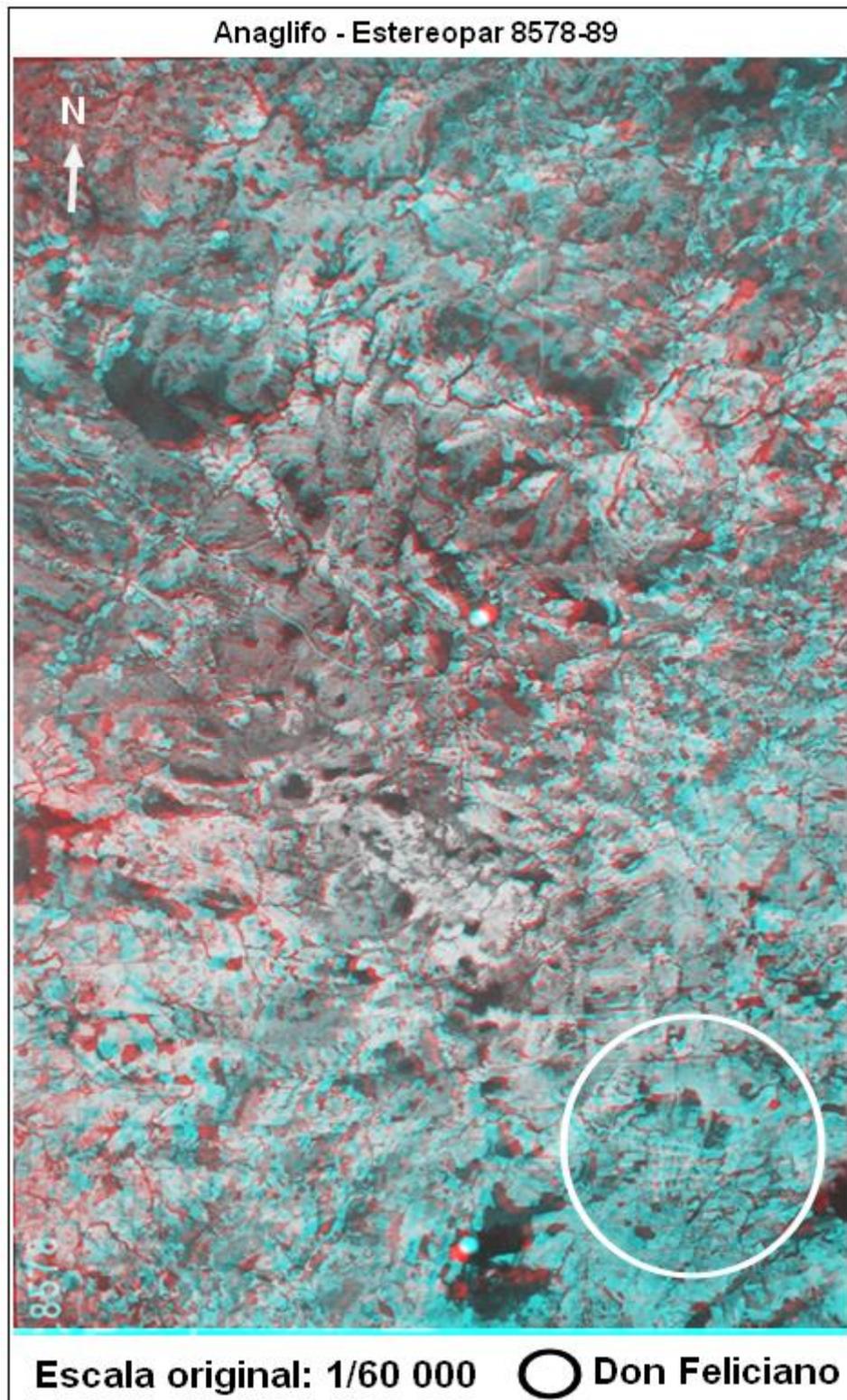


Figura 7: Anaglifo em escala 1:60:00 destacando a sede do município de Dom Feliciano.

No estereoscópio foram utilizadas transparências e canetas permanentes para traçar as estruturas e feições de interesse. Para a confecção dos anaglifos as fotos

aéreas foram digitalizadas e orientadas a partir do Norte, sendo recortados para uso apenas os 60% de sobreposição uteis para a estereoscopia. Após este procedimento as imagens foram tratadas no programa Anamaker, sendo carregadas primeiro a foto esquerda e depois a foto direita, gerando uma nova imagem - um anaglifo tridimensional (Figura 8) - e que ainda pode ser ajustado manualmente para melhorar a estereoscopia.

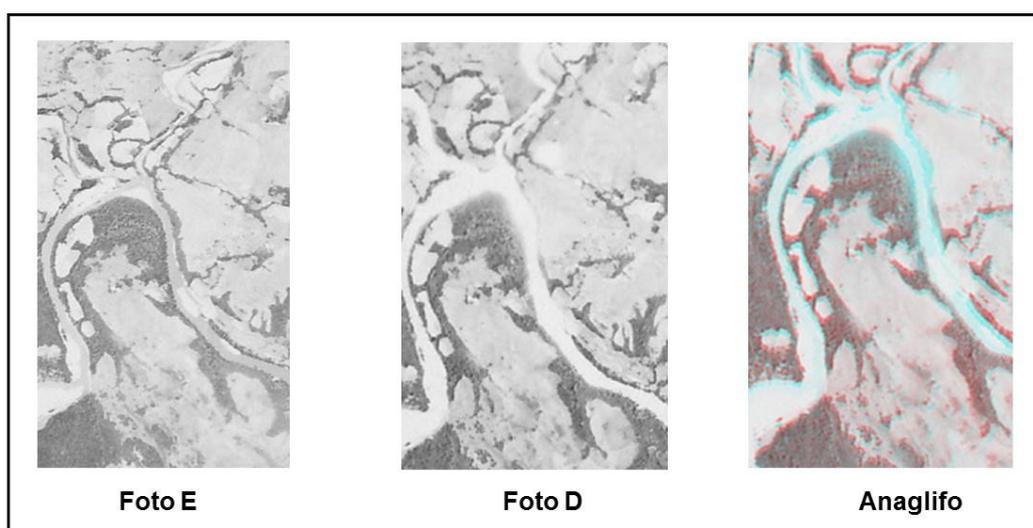


Figura 8 Fotos esquerda e direita (após scanner e recorte) e anaglifo resultante através do programa Anamaker.

As imagens de Satélite foram obtidas a partir do Site da EMBRAPA (relevobr.cnpm.embrapa/) e processadas em ambiente SIG. Foram coletadas imagens de modelo numérico do terreno e imagens Landsat em escala 1:25.000 e 1:50.000. Nestas imagens foram identificados lineamentos de médio e pequeno porte além de estruturas que auxiliaram na confecção dos mapas de favorabilidade (Figura 9).

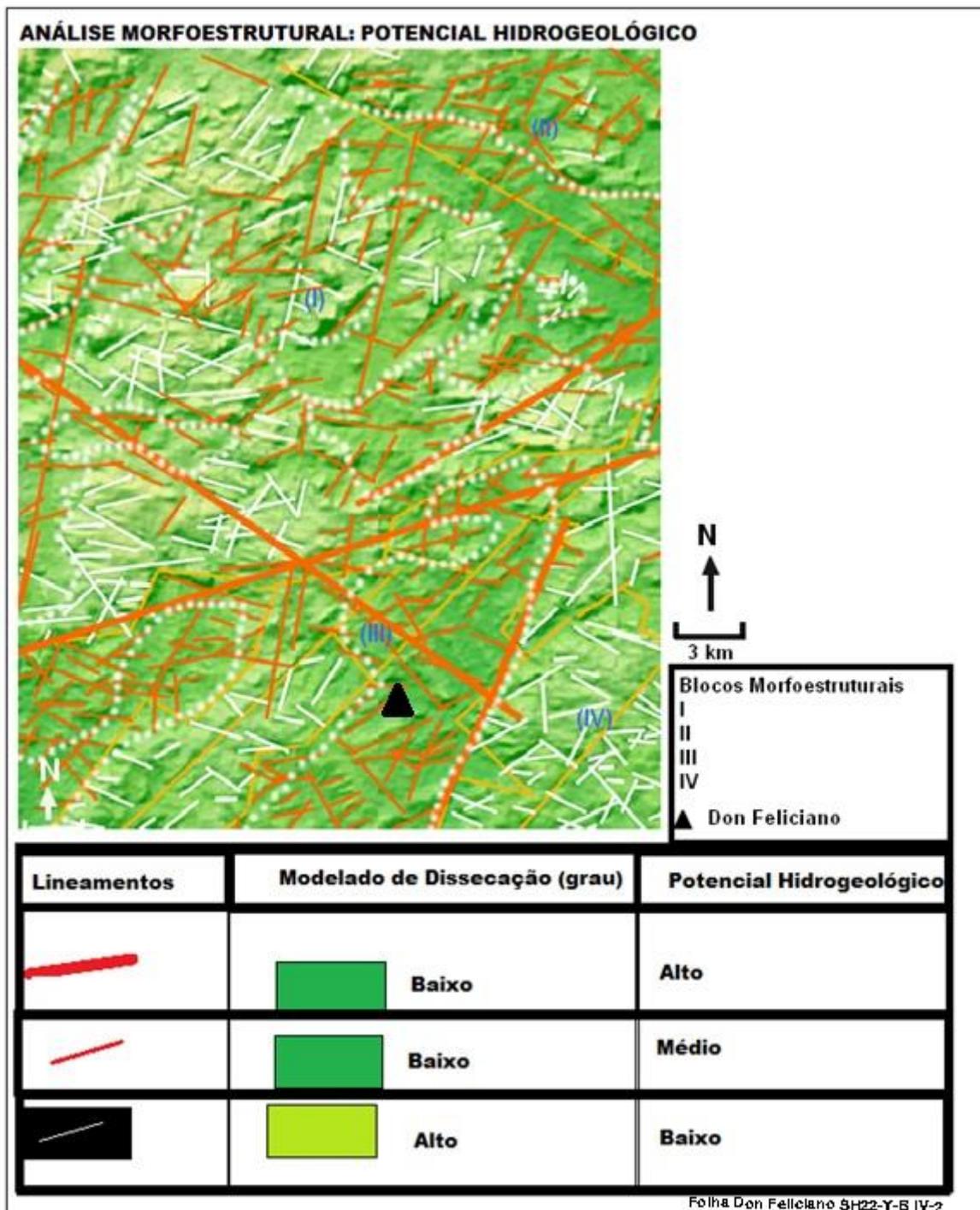


Figura 9: Imagem MNT demonstrando blocos morfoestruturais e principais lineamentos encontrados e quadro interpretativo (fonte: dados da pesquisa).

3.2 TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 10 e 13 de maio de 2016 no município de Dom Feliciano-RS. Nesta foi delimitado um raio de 8 Km a partir da sede

do município (aproximadamente 200 Km²). Dentro desta área foram levantados dados litológicos, para a confirmação dos dados bibliográficos, e um inventário direto de poços, para a captação de amostras de água para análises físico-químicas e distribuição da malha de poços para captação de água subterrânea para a sede.

3.2.1 LEVANTAMENTO GEOLÓGICO

O levantamento geológico realizado constituiu-se de um trabalho de campo com o objetivo de identificar a geologia regional bem como as estruturas presentes. Foram levantados seis pontos de interesse, onde foram coletados dados sobre a litologia presente, uma breve descrição das características observadas, medidas a direção e mergulho das fraturas presentes (Quadro 3), feito um registro fotográfico (Figura 10) e de localização dos pontos via GPS Garmin para utilização em ambiente georreferenciado (SIG). Estes dados serviram para a confirmação e complementação dos dados previamente analisados em laboratório, identificando-os e classificando-os de acordo com a bibliografia, além de contribuírem para a confecção dos mapas e para a compreensão da distribuição espacial das litologias da região.

Quadro 3: Descrição do afloramento A - 04

Descrição do Afloramento A- 04	
Local:	Afloramento junto ao Poço P - 02
Tipo de Afloramento	Lajeado
litologia	Gnaisse e Granito
Descrição	Gnaisse com bandas félsicas de até 10cm e bandas máficas de até 5cm com bandamento sub-vertical de direção N70W. Este gnaisse possui enclaves máficos de anfibólios e piroxênios de aproximadamente 0,5 cm. Enclaves maficos e intrusão de granito. O granito possui textura porfirítica, com fenocristais de feldspato rosa e matriz fina-média bem alterada, com biotita, quartzo e feldspatos brancos.



Figura 10: Afloramento A - 04 de Gnaiss com intrusão granítica e xenólitos máficos.

Nesta etapa observou-se a importância do manto de alteração (Figura 11) que serve como aquífero poroso para a infiltração e retenção de água para o subsolo. Após a infiltração da água da chuva é possível observar claramente a percolação das águas no meio fraturado (Figura 12) através das discontinuidades físicas das rochas, característico de aquíferos fraturados.



Figura 11: Afloramento de corte de estrada mostrando a camada de solo regolito e a percolação das águas pelas fraturas do granito.



Figura 12: Afloramento de corte de estrada altamente fraturado, indicando a percolação de água.

3.2.2 INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA

O Inventário direto de pontos de água consistiu em trabalho de campo visando completar o inventário de poços previamente estudado e gerar informações em novos poços (Figura 13) e poços ainda não cadastrados, em um raio de 8 km da Sede do município. Foram inventariados e amostrados três poços tubulares profundos (P-01, P-02, P-03). Nesta etapa contatou-se a Prefeitura e a Secretaria de Agricultura do município para auxiliar na localização dos poços e contato com os proprietários.



Figura 13: Poço tubular profundo inventariado e cadastrado pela CPRM

Na visita, em contato com o proprietário, foi respondido um questionário com o objetivo de levantar dados sobre vazão, horas de funcionamento do poço, quantas famílias são beneficiadas por este abastecimento, quem perfurou, profundidade total, nível estático, nível dinâmico, qual a localização e se havia alguma análise química recente (Quadro 4). Em cada poço foi anotada a coordenada UTM com auxílio de GPS Garmin e coletada amostra de água para análise físico-química conforme os parâmetros constantes dos laudos (Figura 14). Estas amostras foram coletadas em três poços tubulares profundos e armazenadas em frascos padrão fornecidas pelo Laboratório do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências da UFRGS (Figura 15), as amostras foram armazenadas em caixa de isopor com gelo para preservação e posterior encaminhamento ao laboratório.

Quadro 4: Quadro indicativo dos três poços amostrados.

Poço	UTM Norte	UTM Leste	Cota	Localidade	Proprietário	Nº de famílias abastecidas
P – 01	- 6602612m	- 401398m	266m	Picada Grande	Geraldo Szczecinki	28
P – 02	- 6595597m	- 391317m	231m	Linha Assis Brasil	Ivo	22
P – 03	- 6600804m	- 397972m	247m	Linha Laurentino		50



Figura 14: Amostragem de água nos poços tubulares profundos.



Figura 15: amostras de água do P-01 devidamente armazenados em frascos do laboratório de Ecologia.

Além destas coletas foi realizado amostragem de água para medições em campo com a Sonda multiparâmetro -Horiba Model U-10- em quatro poços (três tubulares e um cacimba) onde foram medidos dados de pH, Temperatura, Turbidez, Condutividade Elétrica e salinidade.

3.3 TRABALHO DE ESCRITÓRIO

A parte pós-campo foi reservada para a compilação e processamento dos dados obtidos em campo. Estes dados foram comparados com a bibliografia e as análises químicas foram confrontadas com os valores máximos permitidos para potabilidade. Foram comparadas as litologias e descrições de campo com amostras de poços perfurados pela Companhia rio-grandense de Saneamento (CORSAN) e com as descrições dos poços perfurados por empresas privadas de perfuração. Também foram confeccionados mapas temáticos para interpretação e apresentação dos dados.

3.3.1 CONFECÇÃO DE MAPAS

Os mapas utilizados foram criados em ambiente SIG (Geographic Information System) e o software escolhido foi o Quantum Gis, que é um SIG livre.

Nesta etapa foram georreferenciadas as cartas topográficas do município de Dom Feliciano para servirem como base para os dados a serem plotados. Foi realizada a sobreposição e posterior georreferenciamento dos mapas geológicos e hidrogeológicos da CPRM e da carta de Porto Alegre, bem como os anaglifos e as imagens MNT e Landsat.

Nestas imagens foram plotados os pontos d'água inventariados, os afloramentos descritos, em uma área com raio de 8km a partir da sede do município, bem como foram traçados com detalhe os lineamentos provavelmente associados a fraturas de distensão ligados a vales retilíneos. Foi traçada a rede de drenagem com detalhe e analisadas as suas texturas e padrões. Interpolando essa série de dados buscou-se, através da análise geomorfológica e morfoestrutural das imagens tridimensionais observadas em anaglifos e estereoscópio, produzir um mapa geomorfológico - morfoestrutural de detalhe, e um mapa indicando áreas favoráveis para locação de novos poços e coleta de água.

3.3.2 ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

As três amostras coletadas em campo (P-01, P-02, P-03) foram levadas para o laboratório do Centro de Ecologia do Instituto de Biociências da UFRGS e foram analisadas de acordo com as normas técnicas Standard Methods 21st, NBR 12621/1992, NBR 13736/1996. Os dados obtidos foram de Alcalinidade, Dureza, Fluoreto, Fósforo total, Nitrato, Ortofosfato, sólidos dissolvidos, sólidos totais, turbidez. E os metais, Alumínio, Bário, Cádmio, Cálcio, Chumbo, Cobre, Cromo total, Ferro, Lítio, Magnésio, Manganês, Mercúrio, Níquel, Potássio, Sódio e Zinco.

Estes dados têm como finalidade a classificação das águas subterrâneas da região de estudo, sendo estes comparados com a portaria MS nº 2914 de 12/12/2011 (Federal) para identificação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para a potabilidade e consumo humano.

Estes dados foram trabalhados com auxílio do software de uso livre Qualigraf, elaborado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Foram utilizados dados de análises das 3 amostras coletadas e da análise DFE-02 realizada pela CORSAN em 1974. Estes dados estão apresentados em um Diagrama Piper,

para ilustrar a classificação das águas subterrâneas e a sua distribuição na região, e gráficos ilustrando o balanço iônico das amostras ().

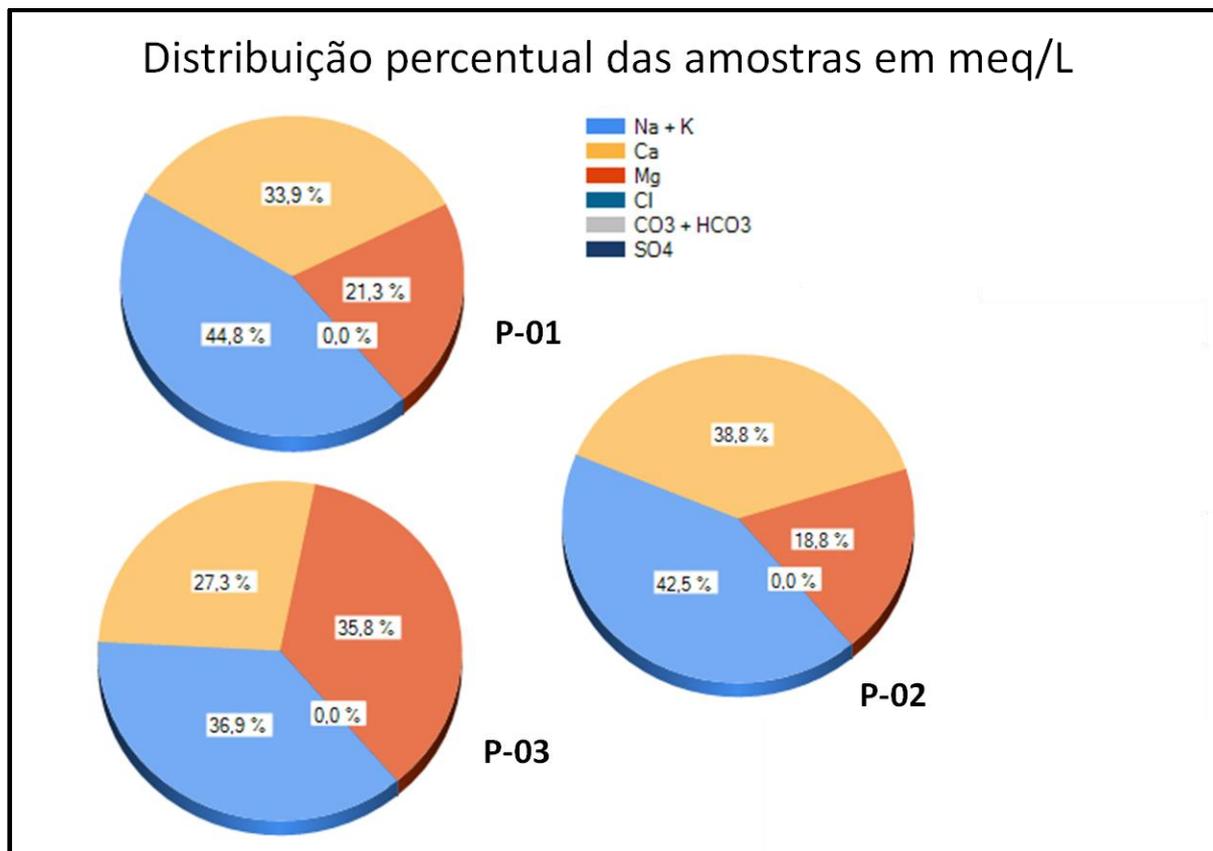


Figura 16: Distribuição dos íons das amostras P-01, P-02 e P-03 em porcentagem de meq/L.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho cumpriram os objetivos propostos. Foi elaborado mapa hidrogeológico regional da bacia do Rio Camaquã com base no mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul (Machado e Freitas 2005).

Produziu-se um mapa geomorfológico – morfoestrutural de detalhe de área em torno da sede do município, que serviu de base para o mapa de favorabilidade para captação de águas subterrâneas. As análises químicas efetuadas indicam boa qualidade da água subterrânea para o consumo humano.

4.1 MAPA HIDROGEOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ

No mapa hidrogeológico da bacia hidrográfica do Rio Camaquã pode-se observar o predomínio dos Sistemas Aquíferos Embasamento Cristalino II e Embasamento Cristalino III, além dos Sistemas Costeiros I e II na margem oriental da bacia bem como uma pequena porção do sistema Palermo/Rio Bonito na porção Oeste (Figura 17).

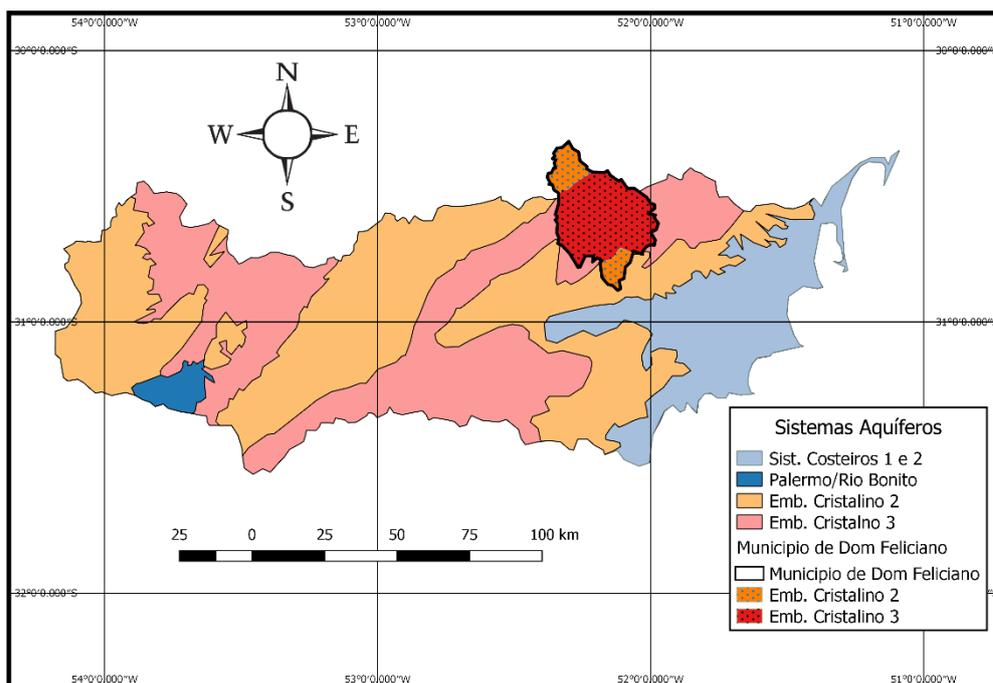


Figura 17: Mapa Hidrogeológico da bacia hidrográfica do Rio Camaquã (modificado de Machado e Freitas, 2005).

Dentro do município de Dom Feliciano foram mapeados os Sistemas Aquíferos Embasamento Cristalino II, representado por gnaisses e xistos, e o Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III, representando as porções mais elevadas do escudo e com predomínio das rochas graníticas.

4.2 MAPA GEOMORFOLÓGICO - MORFOESTRUTURAL DE DETALHE

No Mapa Geomorfológico - Morfoestrutural de detalhe da área em torno da Sede do Município pode-se observar a divisão entre duas unidades hidrogeomorfológicas, a representada em rosa onde ocorrem corpos cupuliformes (maciços) com textura fina e relevo moderadamente ondulado, característico de

rochas metamórficas e a representada em laranja, caracterizada por corpos cupuliformes (maciços) de textura grossa com relevo fortemente ondulado, característico de corpos ígneos plutônicos (Figura 18).

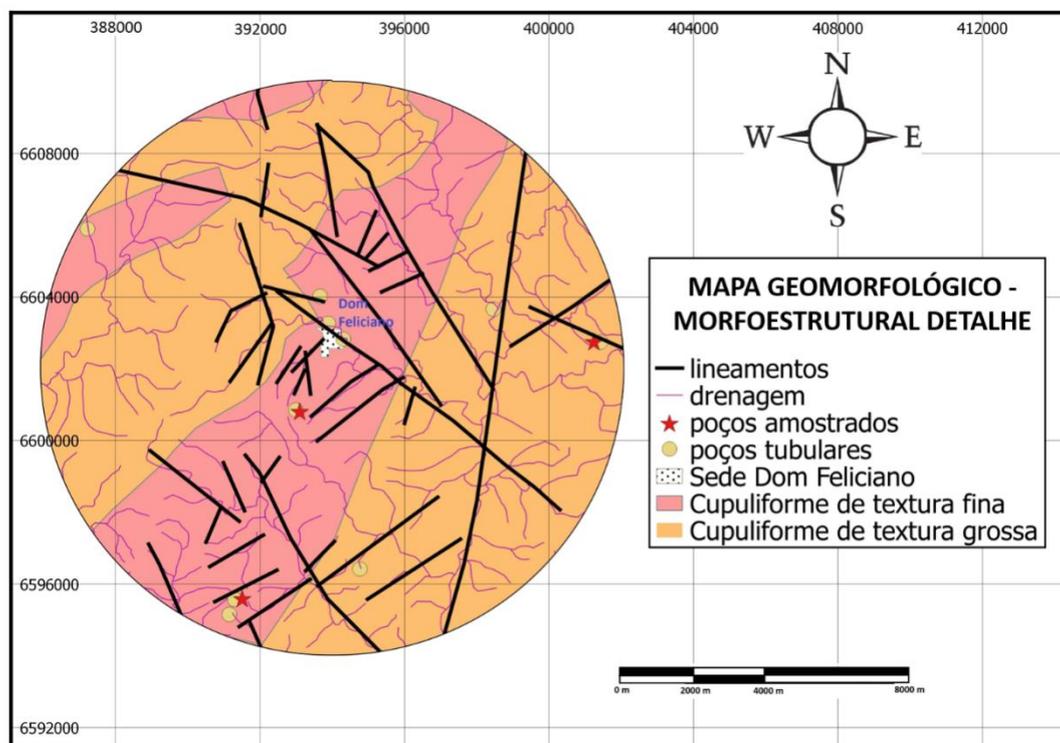


Figura 18: Mapa hidrogeomorfológico (relevo) e morfoestrutural (lineamentos) da sede do município de Dom Feliciano RS.

Com base nas características geomorfológicas descritas pode-se afirmar que a unidade geomorfológica representada em rosa corresponde aos gnaisses do Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II e a unidade geomorfológica representada em laranja corresponde os granitos do Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III.

Como os lineamentos identificados representam a tectônica rígida que afetou de modo igual os gnaisses e granitos, as melhores características hidrogeológicas detectadas na área dos gnaisses devem-se ao relevo moderadamente ondulado que favorece uma maior recarga das fraturas. Já nos granitos com relevo forte ondulado, esta situação favorece uma maior descarga nas encostas dos seus vales, daí o baixo potencial aquífero em suas zonas de fraturas.

4.3 MAPA DE FAVORABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com base no mapa hidrogeológico e no mapa geomorfológico de detalhe foi gerado um mapa de favorabilidade de águas subterrâneas, onde foram apresentados locais com alta, média e baixa favorabilidade para locação de poços (Figura 19).

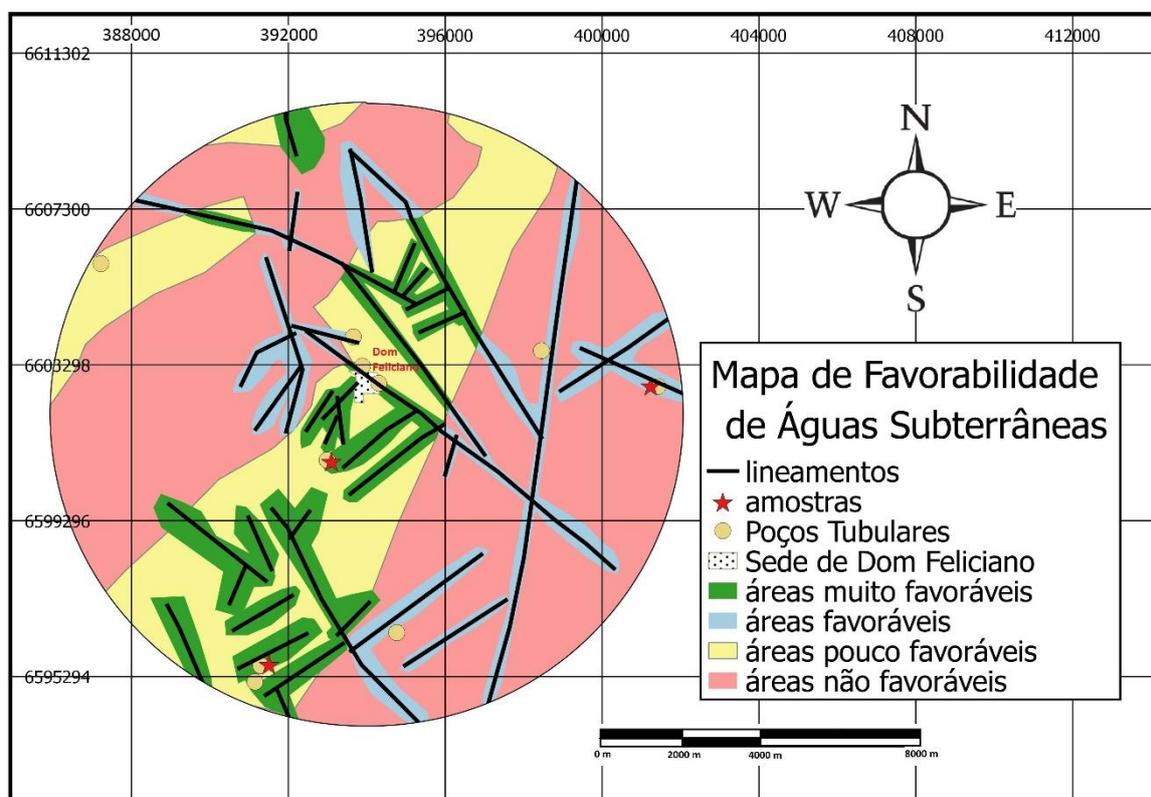


Figura 19: Mapa de favorabilidade de água subterrânea.

No mapa podemos identificar que as áreas muito favoráveis (verde) estão relacionadas aos lineamentos presentes nas unidades que apresentam geomorfologia cupuliforme com textura fina aplainado, localizados em zonas baixas. As áreas favoráveis (azuis) estão relacionadas aos lineamentos presentes nas unidades que apresentam geomorfologia cupuliforme maciça com textura grossa, e normalmente se encontram em zonas altas. As áreas pouco favoráveis (amarelas) estão relacionadas às zonas baixas, porém sem lineamentos e as áreas não favoráveis estão relacionadas às zonas altas sem lineamentos.

4.4 ANÁLISES QUÍMICAS

Ao comparar os resultados das análises químicas das amostras coletadas (P-01, P-02, P-03) e a amostra DFE-02 (realizada pela CORSAN, 1974) com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011 (Tabela 3) pode-se avaliar a qualidade das águas para consumo humano dentro da sede do município.

Tabela 2: Tabela Comparativa dos dados amostrados e dos valores máximos permitidos pela portaria Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011

Elementos Analisados	P-01	P-02	P-03	DFE-02	Portaria VMP
Alumínio	ND	ND	ND	48,1	0,2
Bário	ND	ND	ND	ND	0,7
Cádmio	ND	ND	ND	ND	0,005
Cálcio	10,4	5,03	14,8	54,6	
Chumbo	ND	ND	ND	ND	0,01
Cobre	ND	ND	ND	ND	2
Cromo Total	ND	ND	ND	ND	0,05
Ferro	0,148	0,118	ND	11,2	0,3
Lítio	0,011	ND	ND	ND	
Magnésio	3,97	1,48	11,8	0,8	
Manganês	ND	ND	ND	0,3	0,1
Mercurio	ND	ND	ND	ND	0,001
Níquel	ND	ND	ND	ND	0,07
Potássio	1,5	1,84	0,708	2,5	
Sódio	14,9	5,25	14,5	15	200
Zinco	0,33	ND	0,748	ND	5
Alcalinidade	60	35	120	148	
Dureza	34	14	78	180	500
Fluoreto	1,16	0,21	0,44	0	1,5
Fósforo Total	0,012	0,06	0,074		
Nitrato	4,07	0,607	2,23		10
Ortofosfato	0,01	0,048	0,037		
Sólidos Dissolvidos	103	44	153		1000
Sólidos Totais	119	52	158	1309	1000
Turbidez	1	3	27	9	5
pH	8,26	7,65	7,72	7,5	
CE	0,188	0,67	0,228		
Salinidade	0	0	0		
Temp.	19,3	17,7	19		

5 CONCLUSÕES

A metodologia adotada, análise de imagens de sensoriamento remoto orbitais e sub orbitais controlada por verificações de campo e por dados de poços existentes na área de estudo, se mostrou efetiva na produção de um mapa de favorabilidade para perfurar poços tubulares.

O resultado do estudo pode ser de eficiente valia para futura campanha de perfuração de poços como fonte de alternativa para o abastecimento de água potável para a cidade de Dom Feliciano e seus arredores em vista da previsão de provável escassez do recurso hídrico aventado pelo estudo da Agencia Nacional de Águas em 2010.

O estudo regional dos lineamentos e relevo na Folha Dom Feliciano SH 22Y-B-IV, no modelo numérico do terreno (MNT) da EMBRAPA é um bom ponto de partida para uma futura avaliação dos recursos hídricos subterrâneos do município de Dom Feliciano.

Com a interpretação dos mapas hidrogeológico, mapa geomorfológico e as imagens de satélite (modelo numérico do terreno) pode-se concluir que as áreas onde ocorrem lineamentos de pequeno e médio porte e que estão situadas em relevo mais rebaixado fracamente ondulado, dominado por rochas metamórficas, são mais favoráveis para a perfuração de poços tubulares. As áreas dominadas por relevos mais acidentados e elevados, domínio dos granitos do Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III, são pouco favoráveis, pois o regolito é menos espesso e os lineamentos não estão tão interligados como no Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II.

Com este trabalho conclui-se que a qualidade química das águas está de acordo com as normas exigidas para consumo humano pela Portaria MS 2914 de 12/12/2011, e embora a amostra realizada pela CORSAN em 1974 extrapole os valores máximos permitidos, indicando que possa ser uma ocorrência local de excesso de alumínio, podendo estar relacionada ao lineamento onde o poço foi perfurado. Nos poços amostrados neste estudo não foi detectado o Alumínio.

Este estudo mostra que não deve ser descartada a possibilidade do uso de água subterrânea como fonte alternativa conjuntamente com as águas superficiais no

abastecimento da sede do município de Dom Feliciano, para tanto um estudo mais detalhado dos lineamentos de interesse deve ser realizado, com visita a campo, para a locação definitiva de poços tubulares.

6 REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. (1998): Megageomorfologia do território brasileiro. In: Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T (Eds.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 71-106
- ANA, Agência Nacional de Águas (2010), Atlas Brasil – Volume 1 - Panorama Nacional.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2010), Atlas Brasil – Volume 2 – Resultados por Estados.
- Brassington, Rick (2006). Field Hydrogeology – Terceira Edição, Jhon Wiley & Sons, Ltd.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, (1997): Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. Porto Alegre. Folha SH22-Y-B. Estado do Rio Grande do Sul / Organizado por Gilberto Ramgrab, Wilson Wildner e Eduardo Camozzato - Escala 1:250000 - Brasília. Editorial DIEGIG e DEPAT.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2010) Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul, Programa Geologia do Brasil, levantamento da geodiversidade, Cap. V, pg. 71 - 81.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2005): Hidrogeologia conceitos e aplicações, volume 3: edição revisada e ampliada. Porto Alegre.
- Delgado et al. (2003): Geotectônica do escudo Atlântico In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Eds.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Brasília: CPRM. 692 p. p. 227-334. 674 p. il. DVD-ROM anexo.
- DNPM, Departamento Nacional da Produção Mineral, ABAS: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas: Hidrogeologia das Rochas Fraturadas. Florianópolis, setembro de 1997.
- Dummer, Juliana; Koester, Edinei; Brush, Alexandre Felipe (2010): Levantamento Geológico visando estudo sobre erosão do solo no município de Chувиска, RS. Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos.
- Fernandes, Amélia João (2008): Aquíferos fraturados: Uma revisão dos condicionantes Geológicos e dos métodos de investigação. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 29 (1/2), 49-72.
- Fragoso Cesar, A. R. S.; Figueiredo, M. C. H.; Solimani Jr., E.; Faccini, U. F. O batólito de Pelotas (Proterozoico superior/Eopaleozoico) no escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. Anais... Goiânia: SBG, 1986. v. 3, p. 1322-1342.
- Frantz, J. C. (Eds.) (2007): 50 anos de geologia: Instituto de Geociências, contribuições. Porto Alegre: Comunicação e Identidade. p. 355-367.
- Holz, M.; De Ros, L.F. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. 444 p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo 2010. Site www.ibge.gov.br. Consultado em outubro/2015.
- Machado, J. L. F.; Freitas, M. A. de. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Escala 1:750000. Porto Alegre: CPRM, 2005.
- Meijerink, A.M.J. (2007): Remote Sensing Applications to Groundwater, IHP-VI, Series on Groundwater No.16. © UNESCO.

O'Leary D. W., J. D. Friedman, H. A. Pohn (2013): Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. July 30. 2013.

Philipp, R.P.; Nardi, L.V.S.; Bitencourt, M. de F. O Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M., ROS, L.F.De (EDS). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS Porto Alegre, 2000, p. 133-160

Quaíni, Karina (2010): State of art of digital elevations model. CONAE Master of Space Applications on Early Warning and Response for Emergencies.