



UFSM

Dissertação de Mestrado

**ASPECTOS QUALITATIVOS DA
ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS DA UFSM,
SANTA MARIA - RS**

Celina Maria Dutra Moreira

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**ASPECTOS QUALITATIVOS DA
ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS DA UFSM,
SANTA MARIA - RS**

por

Celina Maria Dutra Moreira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de
Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2005

Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO
CAMPUS DA UFSM, SANTA MARIA - RS

elaborada por

Celina Maria Dutra Moreira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva
(Orientador)

Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira

Prof. Dr. Andre Cezar Zingano

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2005.

AGRADECIMENTOS

O fato de viver em um mundo tão complexo, compromete a pessoa consciente de sua dignidade, responsabilidade e realização.

Hoje o viver tornou-se uma arte que necessita ser burlada, preparada e, acima de tudo, conscientizada; a educação por excelência, deve assumir este papel porque a complexidade do mundo volta-se para a busca de soluções de seus problemas.

Por isso, ao findar essa dissertação, cumpre agradecer à Universidade Federal de Santa Maria, sem a qual não teria desenvolvido este trabalho no programa de Pós Graduação em Engenharia Civil com área de pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Registra-se neste momento meu reconhecimento a todos os professores que me acompanharam na caminhada, com paciência, carinho, compreensão e sabedoria, em especial aos professores: meu orientador Dr. José Luiz Silvério da Silva, Dr^a. Jussara Cabral Cruz, Dr^a. Maria do Carmo Gastaldini, Dr. Carlos Ernando da Silva e sua equipe, bem como a todos os funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento em particular ao secretário da coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil Eliomar Balduino Pappis.

Foi uma etapa da vida a ser vencida e posso afirmar com muito sacrifício a mim e a meus familiares, por isso agradeço ao meu esposo Fernando Sobé Moreira, a minha filha e colega de mestrado Andréa Dutra Moreira Pavão, ao meu genro Alexandre Cardoso Pavão, ao meu neto Leonardo Moreira Pavão, ao meus cunhados Néelson e Leci Moreira e também a minha irmã Norma Beatriz Benvenuti pela sua ajuda de conhecimentos em inglês e ao meu sobrinho Cleo Dutra pelo auxílio em informática e aos vizinhos Ademir e Cláudia da Silva.

Meu agradecimento a todos que estimularam e me ampararam para chegar ao tão estimado momento como: a professora Ceres Denardim, aos amigos: Cecília Meurer, Denecir de Almeida Dutra, Isabel Camponogara, Leandro Maziero, Márcia Trentin, Mateus Mário da Costa, Odacir Antonio Mariani e Quelen da Silva Osório.

Ao Sr. Dinarte Oliveira e aos funcionários da Secção de Hidráulica e Saneamento pelo apoio e orientação que com presteza e rapidez disponibilizaram os dados sobre esta pesquisa.

Ao incentivo e compreensão da Direção, colegas e funcionários da Escola Estadual de Educação Básica “Professora Margarida Lopes”, que foram indispensáveis nesta longa jornada.

A Jesus Cristo, além de agradecê-lo por esta conquista profissional, agradeço principalmente, por todos os momentos e por todas as pessoas que tive oportunidade de conviver. Sei que sem Sua ajuda isto não seria possível. OBRIGADA!

SUMÁRIO

Lista de Figuras	vii
Lista de Quadros	x
Lista de Anexos	xi
Resumo	xii
Abstract	xiii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Objetivos	02
1.1.1. Objetivo Geral	02
1.1.2. Objetivos Específicos	02
1.2. Caracterização da área	03
2. REVISÃO DE LITERATURA	06
2.1. Situação dos recursos hídricos	06
2.2. Panorama Histórico Nacional	07
2.3. Abordagem das Águas Subterrâneas nas Legislações	
Vigentes a Nível Nacional	08
2.4. Abordagem das Águas Subterrâneas nas Legislações	
Vigentes no Estado Rio Grande do Sul	11
2.5. Gestão dos Recursos Hídricos	14
2.6. Sistemas hidrogeológicos	16
2.6.1. Províncias hidrogeológicas	20
2.6.2. Sistema Aquífero Guarani	23
2.6.3. Captação das águas subterrâneas	23

2.6.3.1. Métodos de perfuração mais usados	25
2.6.3.2. Funcionamento de um poço	25
2.6.3.3. Proteção dos poços	26
2.7. Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas	27
2.7.1. Parâmetros físico-químicos e biológicos das águas subterrâneas	27
2.7.1.1. Principais constituintes iônicos	31
2.7.1.2. Principais Constituintes Secundários	33
2.7.1.3. Principais Constituintes Tóxicos e Carcinógenos	34
2.7.1.4. Coliformes Totais e Fecais	34
2.8. Fatores quantitativos que influenciam na qualidade das águas subterrâneas	35
2.8.1. Balanço hídrico climatológico.....	39
3. METODOLOGIA	40
3.1. Material e método	40
3.1.1. Procedimentos adotados na realização das análises	41
3.1.2. Procedimentos adotados na elaboração dos planos de informação	44
3.1.3. Procedimentos para elaboração do balanço hídrico climatológico	46
3.1.4. Procedimento adotado para medição do nível da água no poço PB17.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. Informações sobre os poços	49
4.1.1. Poços ativos	49
4.1.2. Poços desativados PB (com bomba submersa) e P (com compressor)	66
4.1.3. Características Hidrogeológicas e Geológicas	69
4.2. Aspectos qualitativos das águas dos poços do Campus da UFSM	91
4.2.1. Parâmetros físico-químicos	91
4.2.2. Parâmetros Bacteriológicos	103
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	113
6. BILIOGRAFIA	117
ANEXOS	127

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização do Campus da UFSM no município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul (RS) e no Brasil	04
FIGURA 2 - Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, mostrando as diversas zonas de umidade	17
FIGURA 3 - Poço PB3 (Planetário) e reservatório Central. Data:26/11/2004	50
FIGURA 4 - Poço PB8 (Estrada do Jardim Botânico) em 26/11/2004 e troca de bomba em 12/05/2004	51
FIGURA 5 - Poço PB20 (Prédio 21 - Básicos) em 26/11/2004	52
FIGURA 6 - Poço PB5 (Centro de Ciências da Saúde) em 26/11/2004	53
FIGURA 7 - Poço PB15 (Madame) em 26/11/2004	54
FIGURA 8 - Poço PB18 (Reitoria) em 26/11/2004	54
FIGURA 9 - Poço PB19 (Torrão Paulista) em 26/11/2004	55
FIGURA 10 - Poço PB11 (Colégio Agrícola) em 26/11/2004	56
FIGURA 11 - Poço PB9 (Laticínios) e reservatório em 26/11/2004	56
FIGURA 12 - Poço PB12 (Parque de Exposições) e reservatório em 26/11/2004	57
FIGURA 13 - Poço PB16 (Ginásios - CEFD), poço P1 (Piscina Térmica) e reservatório do CEFD em 26/11/2004	58
FIGURA 14 - Poço PB13 (Marrecos de Pequim) e reservatório em 26/11/2004	58
FIGURA 15 - Poço PB14 (Jardim Botânico) e reservatório em 26/11/2004	59
FIGURA 16 - Poço PB21 (Hospital de Clínicas Veterinária) e reservatório em 26/11/2004	60
FIGURA 17 - Poço PB22 (Tambo) e reservatório em 26/11/2004	61
FIGURA 18 - Poço P12 (Suinocultura) em 26/11/2004	61

FIGURA 19 - Reservatório do Prédio 83 em 26/11/2004	62
FIGURA 20 - Poço P20 (Departamento de Solos) em 26/11/2004	62
FIGURA 21 - Vista superior do poço INPE Sul em 26/11/2004	64
FIGURA 22 – Vista superior do poço INPE Norte em 26/11/2004	64
FIGURA 23 – Poço INPE Norte em 26/11/2004	65
FIGURA 24 - Poço PB17 (Biblioteca) em 26/11/2004	67
FIGURA 25 - Variação da altitude do Campus da UFSM, com base nos dados dos poços	70
FIGURA 26 - Variação da profundidade dos poços tubulares no Campus da UFSM	71
FIGURA 27 - Variação do nível estático das águas subterrânea no Campus da UFSM, com base nos dados dos poços	72
FIGURA 28 – Diagrama de freqüência da profundidade do nível estático dos poços tubulares ativos	73
FIGURA 29 - Mapa das formações geológicas aflorantes no Campus da UFSM	75
FIGURA 30 – Secções transversais litológicas de alguns poços PB do Campus da UFSM	77
FIGURA 31 - Formações geológicas de cinco poços PB do Campus da UFSM.....	79
FIGURA 32 - Variação da vazão dos poços tubulares do Campus da UFSM	80
FIGURA 33 - Comparativo de temperatura média mensal (°C) entre os anos de 2000 e 2004	84
FIGURA: 34 - Comparativo de precipitação média mensal (mm) entre os anos de 2000 e 2004.....	85
FIGURA: 35 - Comparativo de excedente e déficit hídrico mensal (mm) entre os anos de 2000 e 2004	85
FIGURA 36 – Redes de Fluxo (superfície potenciométrica e linhas de fluxo), da água subterrânea no Campus da UFSM.....	88
FIGURA 37 - Perfil da superfície potenciométrica, considerando os dados dos poços tubulares.....	90
FIGURA 38 - Variação do pH na água dos poços tubulares com bomba submersa.	91
FIGURA 39 - Variação da Cor (uH) na água nos poços tubulares com bomba submersa	92
FIGURA 40 - Variação da Turbidez (UNT) na água dos poços tubulares com bomba submersa	93

FIGURA 41 - Variação da concentração de cloro (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa	93
FIGURA 42 - Variação da concentração de Flúor (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa	94
FIGURA 43 - Variação da Dureza Total (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.	95
FIGURA 44 - Variação da concentração do cálcio (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa	96
FIGURA 45 - Variação da concentração de magnésio (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa	96
FIGURA 46 - Variação da concentração de ferro (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa	97
FIGURA 47 - Variação da concentração de manganês (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.....	97
FIGURA 48 - Variação da concentração da DQO (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.....	98
FIGURA 49 - Variação do pH na água nos poços tubulares com compressor	100
FIGURA 50 - Variação da Cor (uH) na água dos poços tubulares com compressor.....	101
FIGURA 51 - Variação de Turbidez (UNT) na água dos poços tubulares com compressor.....	101
FIGURA 52 - Variação dos parâmetros Cl^- , F^- , dureza total, Mn^{+2} , Fe^{+2} , Mg^{+2} , Ca^{+2} e DQO (mg/L) na água dos poços tubulares com compressor	102
FIGURA 53 - Condutividade elétrica ($\mu S/cm$) na água dos poços tubulares do Campus...	103
FIGURA 54 - Comparação entre os resultado (positivo/negativo) das análises bacteriológicas das águas dos poços do Campus da UFSM (1998-2004)	107
FIGURA 55 - Comparação entre os resultado (positivo/negativo) das análises bacteriológicas das águas dos reservatórios e torneiras do Campus da UFSM.....	112

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Comparativo entre os poços INPE Sul e INPE Norte	65
QUADRO 2 – Frequência dos poços tubulares ativos em função da profundidade do nível estático.....	73
QUADRO 3 – Parâmetros hidrodinâmicos dos cinco poços tubulares ativos com perfil geológico	78
QUADRO 4 – Simulações de bombeamento das vazões dos poços ativos do Campus	81
QUADRO 5 - Balanço hídrico climático entre os anos de 2000 e 2004.....	82
QUADRO 6 – Variação do nível da água do poço PB17	86
QUADRO 7 - Análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM em 02/09/2004.....	99
QUADRO 8 - Análises Bacteriológicas das águas dos poços do Campus na UFSM no período entre 1998-2004.....	105

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Banco de dados com informações gerais dos Poços Tubulares do Campus da UFSM e Área Nova	127
ANEXO 2 - Informações sobre análises químicas	129
ANEXO 3 - Organização Institucional.....	132
ANEXO 4 – Variação do nível da água do poço PB17 com 31 avaliações, sendo a frequência mensal de 17/07/2003 a 17/12/2003 e a frequência semanal de 06/01/2004 a 22/07/2004	134
ANEXO 5 – Mapa dos Setores	136
ANEXO 6 – Serviço de Limpeza e Desinfecção das caixas d’água da Universidade	138

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS DA UFSM, SANTA MARIA - RS

Autora: Celina Maria Dutra Moreira
Orientador: Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva
Santa Maria, 28 de fevereiro de 2005.

Atualmente há um aumento significativo do uso das águas subterrâneas, devido ao menor custo de tratamento, distribuição e, principalmente, escassez de recursos hídricos. Ao longo dos anos foram perfurados 40 poços tubulares para abastecer cerca de 17.000 pessoas, que circulam no Campus da UFSM, segundo a Prefeitura Universitária. Entretanto, apenas 20 poços estão ativos, para suprir um consumo médio de 850m³/dia de água tomando por base um consumo de 50 litros por pessoa dia (NBR 7229/93). Esse abastecimento é feito totalmente por poços tubulares e as águas subterrâneas são explotadas por meio de dois tipos de equipamentos, por compressor ou bomba submersa. Assim, teve-se como objetivo investigar a situação de potabilidade e disponibilidade das águas subterrâneas no Campus, através da coleta e preparação de um banco de dados, análise da condição de funcionamento dos poços, avaliação da qualidade físico-química e bacteriológica das águas desses poços, além de investigar os parâmetros hidrodinâmicos disponíveis e fornecer subsídios técnicos para a outorga dos recursos hídricos subterrâneos da área estudada. Identificou-se que alguns poços apresentam perfis geológicos de perfuração e análises físico-químicas e bacteriológicas das águas realizadas com certa periodicidade. Sendo que as águas estão de acordo com as exigências hidro-sanitárias e com as normas estabelecidas para consumo humano (OMS e Portaria nº518/04). Posteriormente, com o programa *Surfer* 8.0 representou-se a distribuição espacial da altitude, profundidade, nível estático e vazões dos poços, além da rede de fluxo das águas subterrâneas. Ainda elaborou-se o mapa geológico, perfis litológicos e geológicos dos poços. Simulou-se situações de bombeamento a fim de fornecer subsídios à gestão das águas subterrâneas no Campus da UFSM. Verificou-se também que não há um bom controle dos níveis piezométricos e conforme os dados de nível estático dos poços, notou-se que sofreram rebaixamento no decorrer dos anos e diminuição da vazão, fatores provavelmente oriundos do aumento do consumo de água ou das alterações climáticas que alteram a capacidade de recarga do aquífero conforme observado no desenvolvimento do balanço hídrico climático dos últimos cinco anos. O sistema aquífero explorado é raso com profundidades dos poços variando entre 51m a 128m e faz parte da Bacia do Paraná, pertencendo ao Sistema Aquífero Guarani.

ABSTRACT

Dissertation of Master's Degree
Course of Masters degree in Resources Hydric and Environmental Sanitation
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

QUALITATIVE ASPECTS OF GROUNDWATER AT UFSM CAMPUS, SANTA MARIA – RS

Author: Celina Maria Dutra Moreira
Advisor: Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva
Santa Maria, February 28, 2005

Nowadays there is an expressive increase of the use of groundwaters because of the lower cost for treatment, distribution and, mainly the scarcity of hydrous resources. Over the years 40 tubular wells were drilled to supply provide about 17.000 people, who circulate at UFSM Campus, according to data given from University Cityhall, only 20 wells are working, to provide average waste of 850m³/day of water taking for basis an average of 50 liters for person a day (NBR 7229/93). This supplying is all done for tubular wells and groundwaters are exploited by two kinds of rigs, through compressor or submerse pump. Like this, it was had the objective investigates the potability situation and readiness of the groundwaters in the Campus, through the collection and preparation of the database, analysis of the condition of operation of the wells, evaluation of the physiochemical and bacteriological quality of the waters of those wells, besides to investigate the available hydrodynamic parameters and to supply technical subsidize goes the granting of the resources groundwaters hydrous of the studied area. Identified that some wells present geological profiles of perforation and physiochemical and bacteriological analyses of the waters accomplished with some frequency. And the waters plows in agreement with the hidro-sanitary demands and with the established norms goes human consumption (OMS and it would Carry n°518/04). Later, with the software Surfer 8.0 the space distribution of the altitude was acted, depth, static level and flows of the wells, besides the net of flow of the groundwaters. Still the geological map, profiles lithological was elaborated and geological of the wells. It was simulated situations of word pumping in order to supply subsidize to the administration of the groundwaters in the Campus of UFSM. It was verified that there isn't a good control for piezometric levels, and according data of wells'statics levels, according to its historic function, it was observed that they had lowered by the years and decrease of drainage. These results may be come from an increase of water consume or weather alterations, which change the capacity for reloading the aquifer, according to what was observed in the development of the weather hydric balance in the last five years. Aquifer System investigated is plain with wells depth oscillating between 51m and 128m and it belongs to Paraná's Basin, belonging to Guarani Aquifer System.

1. INTRODUÇÃO

Á água é elemento indispensável para todos os seres vivos, constitui o insumo essencial à preservação da vida. No mundo atual com a utilização predatória cada vez mais intensa dos recursos hídricos superficiais, muitos países já começam a se preocupar com a escassez da água potável. Na última década a utilização da água subterrânea para o consumo humano aumentou significativamente em relação à água superficial, isso tem afetado gravemente a disponibilidade deste recurso para o futuro.

Vivenciamos uma realidade em que a quantidade e a qualidade dos recursos naturais que sustentam a nossa vida estão ameaçadas, como prova a escassez da água, pois segundo o Secretário Geral da ONU, “se o desperdício atual continuar, em vinte anos, duas pessoas em cada três sofrerão efeitos da escassez da água” (Freitas *et al.*, 2004).

A Organização das Nações Unidas (ONU) faz uma projeção nada alentadora para os próximos cinquenta anos: (Faccioni, 2004) em 2050, menos de $\frac{1}{4}$ da população mundial terá, acesso ao mínimo de água necessário a sobrevivência – 50 litros diários. Já hoje, em quarenta países, a maioria localizada na África a média é de oito litros por dia *per capita*, o que não é suficiente para hidratação e preparação de alimentos

É muito difícil avaliar se a quantidade de água subterrânea disponível, mas possui maior disponibilidade de água doce, do que os rios, córregos e lagos. Não é inesgotável e sua exploração depende de condições naturais, tais como: porosidade e permeabilidade das rochas, declividade superficial do terreno, precipitação, infiltração, perdas por evapotranspiração, área da seção transversal do lençol, além de sua contribuição hidrogeológica relativa à circulação de água.

As águas subterrâneas podem ser captadas das mais diversas camadas do terreno (constituído às vezes por areias, cascalhos, argilas, rochas em decomposição, arenitos, calcáreos) ou de fendas existentes nas rochas, normalmente, contêm menos bactérias, matéria orgânica e menor quantidade de substâncias dissolvidas do que as águas superficiais.

Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações na sua qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações do meio ambiente com os recursos hídricos, mas as alterações mais intensas decorrem do uso da água para o suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo, urbano e rural (Barth, 1997).

Portanto, é indispensável um estudo minucioso dos aquíferos que revelem a situação qualitativa e quantitativa das águas, para que sua exploração seja executada de forma racional; deste modo, as áreas de recargas e descargas devem ser conhecidas para evitar-se a disposição de atividades que se tornem possíveis fontes de poluição e/ou alteração na qualidade natural das águas subterrâneas.

Atenção especial vem sendo dada a qualidade da água em nível mundial, fato que se faz presente entre a comunidade do Campus da UFSM, que preocupa-se com a qualidade da água consumida considerando que todo o Campus é abastecido por poços tubulares, dessa forma, é importante verificar a potabilidade e a disponibilidade das águas subterrâneas nesse local. Para isso é necessário coletar dados sobre os poços, organizá-los, analisá-los, verificar os padrões de potabilidade das águas e finalmente expor à comunidade.

De domínio público a água é administrada por órgãos governamentais, mas necessita da sociedade como aliada para evitar sua contaminação e escassez.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Investigar a situação de potabilidade e a disponibilidade das águas subterrâneas no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS.

1.1.2. Objetivos Específicos

Coletar dados sobre os poços do Campus da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, preparando um banco de dados.

Analisar a condição de funcionamento dos poços identificados, relacionando-os ao balanço hídrico climatológico.

Avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica das águas desses poços, para estabelecer a condição de potabilidade da área de estudo.

Investigar os parâmetros hidrodinâmicos disponíveis dos poços tubulares, para conhecer as condições quantitativas das águas subterrâneas, buscando otimizar os seus usos.

Fornecer subsídios técnicos para a outorga dos recursos hídricos subterrâneos da área estudada.

1.2. Caracterização da área

O município de Santa Maria localiza-se no centro do Estado do Rio Grande do Sul/Brasil, distante 298 km à Oeste da capital Porto Alegre. Neste município, em 1960 foi criada a primeira Universidade Federal de Ensino Superior no interior do Estado do Rio Grande do Sul; a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, sendo que o seu Campus Universitário localiza-se (Figura 1) a 9 km do centro da cidade de Santa Maria, especificamente no Bairro Camobi. De acordo a Prefeitura da Cidade Universitária, o Campus da UFSM possui 528,6649 ha correspondendo a 5,286649 km². Nos últimos anos, a Universidade adquiriu uma área de 600,7949ha equivalente a 6,007949km², conhecida como Área Nova.

Geomorfologicamente a área em estudo pertence à Depressão Central, constituída de rochas sedimentares de idade Mezozóica, e faz parte da zona de borda da Bacia do Paraná, constituída por altitudes da ordem de 200m até cerca de 40m, nas Planícies aluviais arenosas. Ao Norte distribuem-se os contrafortes do Planalto da Serra Geral, constituída por derrames vulcânicos, ao Sul pelo Escudo Uruguaio sul-rio-grandense, constituído por litologias graníticas-gnáissicas.

No Campus da UFSM aparecem rochas do Grupo Rosário do Sul (Giardin e Faccini, 2004), que compõem-se da Formação Sanga do Cabral e Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas e Membro Alemoa) além de camadas sedimentares do Cenozóico.

Quanto aos tipos de solos predomina a Unidade Santa Maria (solo podzólico Bruno-acinzentado - planossolo) e Unidade São Pedro (solo podzólico vermelho-amarelo). Em relação às formas de relevo prevalecem as coxilhas suaves levemente onduladas, associadas à presença de campos (gramíneas), isoladas plantações de eucaliptos e alguns cultivos por parte dos experimentos do Centro de Ciências Rurais da UFSM.

De acordo com a classificação climática estabelecida pelo Sistema de Köppen, que é aceito internacionalmente e ao mesmo tempo integra o clima do Estado do Rio Grande do Sul, o Campus da UFSM possui o clima do tipo Cfa (Hausman, 1995).

As águas superficiais que drenam a área ocupada pelo Campus Universitário, pertencem a Bacia Hidrográfica do Campus, que corresponde a uma das nascentes do Rio Vacacaí-Mirim. Portanto, fazem parte da Bacia Hidrográfica (G-60), denominada Vacacaí e Vacacaí-Mirim (SEMA, 2004). Salienta-se que a Bacia Hidrográfica onde localiza-se o Arroio Vacacaí-Mirim é intensamente cultivada no período de novembro-abril com arroz irrigado.

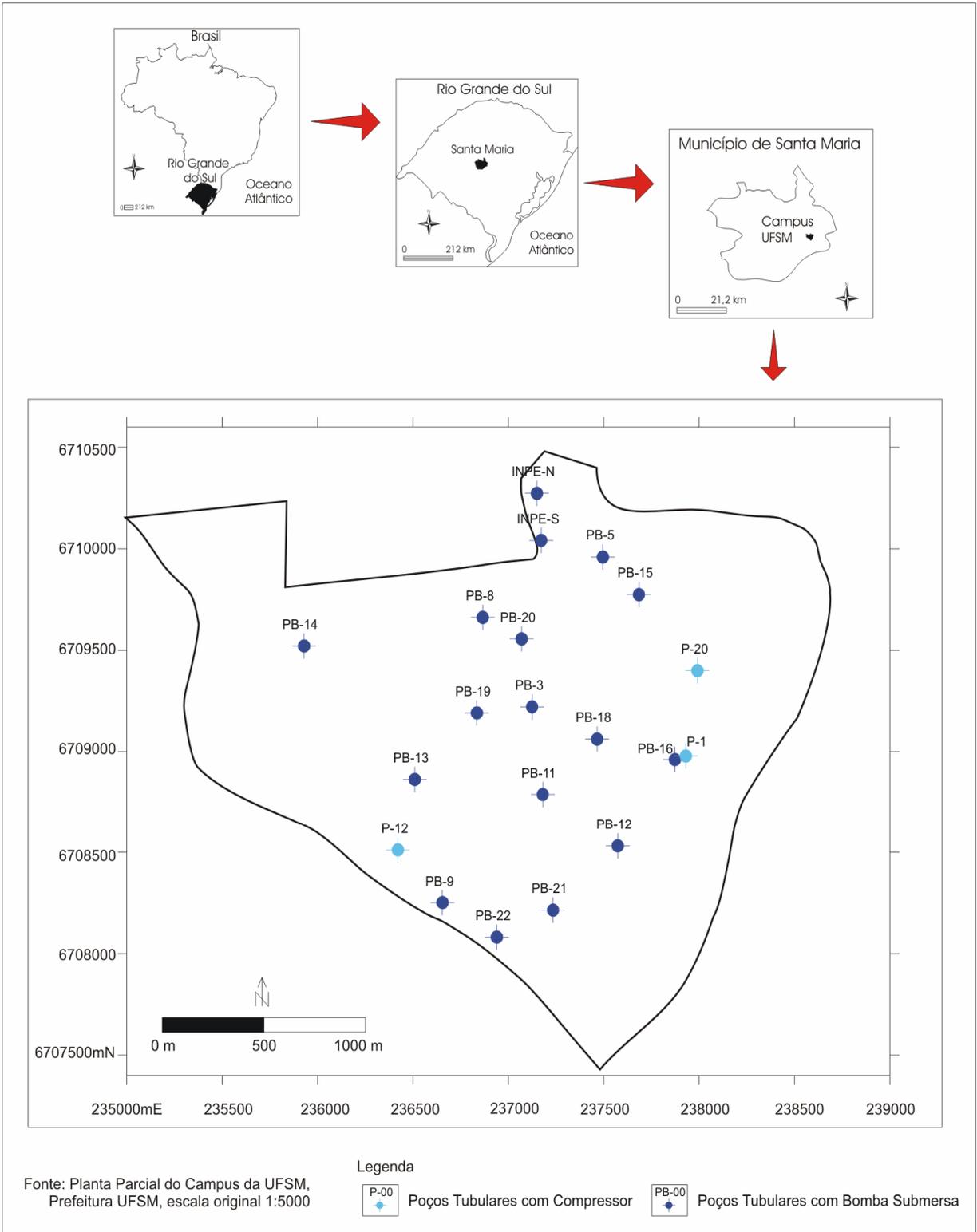


FIGURA 1 - Localização do Campus da Universidade Federal de Santa Maria no município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul (RS) e no Brasil.

As águas subterrâneas têm estreita relação com as águas superficiais; algumas vezes durante uma cheia, um rio pode passar de efluente para influente. Ou seja, quando a elevação do nível da água do rio é maior do que o nível do aquífero, o rio passa a alimentar temporariamente o aquífero. Nos períodos de estiagem, o rio é alimentado pela descarga do aquífero; essa descarga aquífera depende da quantidade de água armazenada no aquífero (Paiva, 2001).

Ao longo dos anos, foram perfurados 40 poços tubulares para abastecer o Campus da UFSM, mas atualmente 20 poços estão desativados e 20 poços estão ativados.

Circulam no Campus diariamente cerca de 17.000 pessoas, segundo os dados da Prefeitura Universitária e tomando por base um consumo de 50 litros por pessoa dia (NBR 7229/93), pode-se admitir um consumo médio de 850 m³/dia de água subterrânea. Os usos das águas subterrâneas são múltiplos; principalmente no abastecimento humano, limpeza, lavagens, nos laboratórios, no Hospital Universitário, usina de Laticínios, dessedentação de animais, em experimentos em áreas de agricultura, dentre outros.

Referindo-se a quantidade e a qualidade é conveniente esclarecer que, normalmente, ao se analisar cientificamente um determinado tema ou problema, tem-se a tendência de separar os trabalhos de pesquisa em duas abordagens, uma quantitativa e outra qualitativa, como se uma não tivesse nada a ver com a outra. O que se observa quando o cientista opta por uma análise quantitativa é o que primeiro se salienta são números, equações, regressões, estatísticas, e, quando a proposta é qualitativa, a argumentação é mais verbal do que numérica. Mas o tema qualidade de água passa pelo estabelecimento de certos índices, os quais podem ser tratados estatisticamente, o que induz a concluir que a qualidade da água é, ao mesmo tempo, um parâmetro quantitativo (Souza, 2001).

Informa-se que os poços tubulares ativos do Campus da UFSM ainda não foram outorgados de acordo com as normas vigentes no Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2004)

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação dos recursos hídricos

A água é aparentemente muito abundante cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície total do planeta. Entretanto, de toda água existente na Terra 97,3% é salgada e 2,7 % é doce. Do total de água doce disponível 78,1% encontram-se nas geleiras e 21,5% correspondem aos reservatórios de águas subterrâneas. As águas superficiais são menos de 1% do total onde 0,33% encontram-se nos lagos, 0,035% na atmosfera e 0,03% fluem nos rios. Como os recursos hídricos de superfície, a quantidade de água subterrânea, distribui-se de forma muito desigual no planeta (Paiva *et al.* 2001).

Segundo estimativas da Unesco (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura - 1992), no período de 1970 a 1975 foram perfurados no mundo cerca de 300 milhões de poços. Essas obras fornecem água subterrânea para o abastecimento de mais de 50% da população do planeta e para irrigação de aproximadamente 90 milhões de hectares. No Brasil, a falta de controle na utilização da água subterrânea provavelmente não permite fazer estimativas sem erros significativos (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

O impacto ambiental que decorre na contaminação das águas subterrâneas vem preocupando as pessoas, não só pelo problema de degradação qualitativa, como também pela série de impactos à saúde humana e meio ambiente. Quando a contaminação acontece, a remoção é muito mais difícil do que nas águas superficiais, podendo em alguns casos tornar-se irreversível. Isto se deve ao lento movimento das águas subterrâneas, sobretudo em camadas de materiais finos, intercaladas em formações de permeabilidade mais alta e a fenômenos de adsorção e trocas iônicas na superfície da matriz sólida. Tais fenômenos são significativos quando existem materiais argilosos presentes no aquífero (Feitosa e Mattos, 1997).

É fato que os aquíferos contaminados, não podem ser recuperados, e devido a essa situação, prevenir a contaminação é melhor que exterminá-la. Assim para os recursos hídricos, a preservação consiste em estabelecer programas claros e eficientes de proteção dos aquíferos, controlando as atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo (Hirata *et al.*, 1997).

Contudo, implementar um sistema de proteção das águas subterrâneas contra qualquer evento poluidor é tarefa difícil, pois envolve conceitos complexos e ainda não totalmente conhecidos.

Para Hirata *et al.*(1997):

“(...) os fatores que interferem na implantação de políticas de proteção das águas subterrâneas, circundam dúvidas sobre as características dos recursos hídricos subterrâneos, devido à falta de exatidão nas estimativas tanto de recargas como a de armazenamento de aquífero; incertezas sobre a escala de risco de contaminação das águas subterrâneas e problemas ocasionados pelo transporte de contaminantes; elevado número de sistemas de abastecimento urbano e rural que, normalmente são muito vulneráveis e problemas legais relacionados com a exploração das águas subterrâneas ou com as fontes de poluição existentes, anteriores a introdução de uma nova Política de Proteção dos Aquíferos”.

Entretanto, torna-se visível que medidas legais e institucionais estão sendo realizadas para normatizar a gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, resoluções do CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), porém a mudança não depende unicamente dos poderes constituídos, mas do apoio da ciência e da tecnologia no desenvolvimento de métodos e procedimentos adotados para análise e avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, tanto em seus aspectos qualitativos como quantitativos.

2.2. Panorama Histórico Nacional

No Brasil, segundo Rebouças (1999), a utilização de água subterrânea para abastecimento das populações, teve grande desenvolvimento empírico no Período Colonial (1500-1822). Durante o primeiro Reinado (1822-1831), na Regência Trina (1831-1840) e no Segundo Reinado (1840-1889) a perfuração dos poços, no Brasil, só podia ser feita mediante autorização central. Em 1916 – Código Civil Brasileiro – Art. 584 proíbe construções capazes de poluir ou inutilizar para uso ordinário, a água de poços em fonte alheia. Dispositivo de caráter protecionista.

Em 1907 foi apresentado o projeto do Código de Águas, marco fundamental ao desenvolvimento hidrelétrico que passou vinte e sete anos tramitando no Congresso Nacional, sendo sancionado pelo executivo em 1934 (Decreto 24.463 de 10 de julho de 1934).

Em relação às águas subterrâneas o Art.96 do Código das Águas de 1934 estabelece: “o dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície do seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes, nem derive ou desvie de seu curso natural às águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares”. Pelo exposto, a água era considerada um bem privado.

A Constituição de 18/09/1946 alterou a questão do domínio hídrico. Exclui a categoria dos rios municipais (previsto no Código das Águas); atribui a União os lagos e quaisquer correntes de águas em terrenos do seu domínio ou que banhassem mais de um Estado, servissem de limite com outros países ou se estendessem a territórios estrangeiros. Aos Estados foram atribuídos os lagos e rios em terrenos do seu domínio e os que tivessem nascente e foz em território estadual.

No final da década de 50 a água subterrânea apresentava um baixo percentual de uso em relação às águas superficiais. Durante as últimas décadas do século XX a alternativa de utilização da água subterrânea tornou-se, regra geral, a solução de mais baixo custo aos problemas de abastecimento público, industrial e até irrigação; por isso a falta de controle no seu uso torna-se cada vez mais preocupante.

Pela Constituição Federal, 1988, todas as águas passam a ser de domínio, público. São bens dos Estados (art. 26): “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”.

Esta constituição estabeleceu que a água subterrânea é bem público de cada uma das Unidades da Federação, sugere a necessidade dos Estados se articularem entre si, nos casos de formações aquíferas se estenderem por mais de uma Unidade Federada e com a União, no caso de atingirem países vizinhos (Rebouças, 1999).

A utilização das águas subterrâneas, no Brasil, ainda é feita de forma empírica, improvisada e não controlada resultando em problemas como: interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impacto em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes ou nascentes. E ainda, os poços construídos e abandonados se transformam em focos de poluição das águas subterrâneas, principalmente daqueles localizados no meio urbano (Pacheco e Rebouças, 1981).

Segundo o IBGE (1991), 61% da população brasileira abastece-se do manancial subterrâneo, por meio de poços profundos (43%), de poços rasos (6%) e de nascentes (12%). Sendo, o Estado de São Paulo o maior usuário. Na Região Nordeste do Brasil, onde a escassez é maior, dispõe-se de um número irrisório de poços.

2.3. Abordagem das Águas Subterrâneas nas Legislações Vigentes a Nível Nacional

Embora o controle pelo poder público – Federal, Estadual e Municipal – em prol do uso e proteção das águas subterrâneas, fosse previsto nos seus artigos 97 a 101 do *Código das*

Águas de 1934, nunca foi aplicado. Todavia, fosse avançado para a época que surgiu o Código das Águas de 1934, não foi complementado pelas leis e pelos regulamentos nele previstos, principalmente o referente ao uso e proteção das águas subterrâneas. Mesmo nos aspectos referentes às águas superficiais, tendo-se uma legislação geradora de conflitos entre o setor hidrelétrico e da irrigação.

O *Código de Águas Minerais de 1945* (Decreto Lei 7841/45) estabelecia que poderiam ser engarrafadas as águas minerais e potáveis de mesa. No artigo 3º “serão denominadas águas potáveis de mesa, as águas de composição normal provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que preencham tão somente as condições de potabilidade para a região” (ABINAM/DNPM, 1995).

O *Código de Mineração* (Decreto Lei 227/67) em seu art. 5º, Inciso IX classifica entre as jazidas minerais as águas subterrâneas e fixa que as mesmas serão regidas por lei especial (art. 10º, V). A ação do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) ficou restrita ao controle de extração e envasamento da água subterrânea que é classificada como mineral ou potável de mesa, também a termomineral e utilizada para fins balneoterápicos.

A divergência da legislação da água, no Brasil, sente-se quando a Lei 6.662/79 estabeleceu a *Política Nacional de Irrigação* e transferiu para o Ministério do Interior (MINTER), a responsabilidade sobre o uso dos recursos hídricos para irrigação, que era do Ministério das Minas e Energia, por meio do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Embora, legisle sobre a utilização de águas subterrâneas para fins de irrigação, na prática só abrange as águas superficiais (Tomanik, 1999 e Barth, 1997). A captação atual de água subterrânea, no Brasil, vem sendo por meio de poços tubulares e que alguns captam água de aquíferos confinados até 2000m de profundidade. As águas subterrâneas produzidas são quentes, minerais ou potáveis de mesa e, pela legislação em vigor deveriam ser controladas pelo DNPM; o que se tem é que estas águas são livremente utilizadas, para abastecimento de cidades, indústria ou irrigação (Rebouças, 1999).

A necessidade de uma legislação específica para as águas subterrâneas, já era considerada pelo Código de Mineração de 1967. Também foi sentida pelos associados da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), fundada em 1978. A ABAS criou comissões para elaborar uma proposta de Lei Federal sobre o uso e proteção – quantitativa e qualitativa – das águas subterrâneas no Brasil (ABAS, 1997). Sendo enviado a Câmara Federal, o Projeto de Lei que recebeu o número 7127/86.

Com a criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), dos Recursos Hídricos e da Amazônia LEGAL - MMA, e da Secretaria Nacional dos Recursos Hídricos (SRH), no ano de

1995, arquivou-se o Projeto de Lei nº 7127/86 e sob a direção do MMA/SRH foi sancionada a *Lei Federal 9.433/97* que organiza o setor de planejamento e gestão dos recursos hídricos em âmbito nacional, introduzindo vários instrumentos de política das águas (Costa, 2001).

Conforme o Art. 44 da Lei 9.433/97 são algumas das competências das Agências de Água (ANA) “manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação, manter cadastro dos usuários, cobrança pelo uso de recursos hídricos, gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, acompanhar a administração financeira dos recursos hídricos, celebrar convênios e contratar financiamentos, elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo comitê de Bacia Hidrográfica, propondo ao comitê o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, os valores a serem cobrados e o plano das obras de uso múltiplo de interesse comum ou coletivo”.

Em 2000, houve a necessidade da criação de um órgão nacional que gerenciasse as Agências de Água, dessa forma a *Lei nº 9.984/00* que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), e estabelece no art. 4º que “A atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Embora a água subterrânea seja do domínio das Unidades da Federação, o seu uso e proteção são regulados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), cuja Resolução nº 15/01 criou a Comissão Permanente de Águas Subterrâneas.

A *Portaria Nacional nº 231* (de 31 julho de 1998) trata sobre zonas de proteção de mananciais subterrâneos.

A *Resolução nº 9* (de 21 de junho 2000) institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas, de acordo com os critérios estabelecidos no Regime Interno do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e destaca suas competências.

De acordo com *Resolução nº 15* (de 11 de janeiro 2001) as águas meteóricas, superficiais e subterrâneas são partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico. Além de que a exploração inadequada das águas subterrâneas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade, ainda que a exploração das águas subterrâneas pode implicar redução da capacidade de armazenamento dos aquíferos, redução dos volumes disponíveis nos corpos de água superficiais e modificações dos fluxos naturais nos aquíferos.

Segundo a *Resolução nº 16* (de 08 de maio de 2001) também estão sujeitas a outorga a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo.

A *Resolução n° 22* (de 24 de maio 2002) destacou as diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e aplicação de seus instrumentos; considerando no Art. 1° os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável. Salienta no Art. 2° que os Planos de Recursos Hídricos devem promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas.

2.4. Abordagem das Águas Subterrâneas nas Legislações Vigentes no Estado Rio Grande do Sul

O *Código Sanitário do Estado do Rio Grande do Sul (Decreto n° 23430 de 24 de outubro de 1974)* aprova regulamento que dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da saúde pública, envolvendo os temas poluição, água, ar, solo entre outras situações que estão diretamente ligados à saúde pública.

No Art. 96 está disposto que nas zonas servidas por rede de abastecimento de água potável os poços serão tolerados exclusivamente para suprimento com fins industriais ou para uso em floricultura ou agricultura, devendo satisfazer algumas, e em Parágrafo único salienta que os poços não utilizados deverão ser aterrados até o nível do terreno.

Art. 97 – Nas zonas não dotadas de rede de abastecimento de água potável será permitido o suprimento por fontes e poços, devendo a água ser previamente examinada e considerada de boa qualidade para fins potáveis. Parágrafo 1° - As fontes, além de boa qualidade devem ter proteção sanitária adequada contra a infiltração de poluentes. No 2° parágrafo - Os poços, além de boa qualidade da água para fins potáveis, devem satisfazer às seguintes condições:

- a) Estarem convenientemente distanciados de fossas, sumidouros de água servida ou de qualquer fonte de contaminação;
- b) terem as paredes estanques no trecho em que possa haver infiltrações de águas de superfície;
- c) terem bordas superiores à, no mínimo, 0,40 m (quarenta centímetros) acima do solo;
- d) terem tampa de laje de concreto armado com caimento para as bordas, dotada de abertura de visita com proteção contra a entrada de águas pluviais;

e) serem dotados de bomba.

Parágrafo 3º - É proibido acumular objetos sobre as tampas de poços devendo permanecer sempre desimpedidas.

Na *Constituição do Estado do Rio Grande do Sul (RS)* no Título VI – Da Ordem Econômica, Capítulo II – Da Política de Desenvolvimento Estadual Regional, Art. 171: “Fica instituído o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos, adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão com vista a promover: I- a melhoria de qualidade dos recursos hídricos do Estado; II - regular o abastecimento de água às populações urbanas e rurais, às indústrias e aos abastecimentos agrícolas”.

Para regulamentar o artigo 171 da Constituição do Estado do RS institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos pela *Lei nº 10.350* de 30 de dezembro de 1994 tendo sua concepção estruturada a partir da análise de diferentes modelos institucionais adotados em vários países. O parágrafo único do Art. primeiro reforça que a Bacia Hidrográfica é a unidade básica de intervenção, considerando os recursos hídricos como unidade do ciclo hidrológico, compreendendo as fases aéreas, superficial e subterrânea.

A lei gaúcha, referente a recursos hídricos, segue as mesmas diretrizes e princípios das demais legislações estaduais, porém está organizada de uma maneira um pouco diferenciada, apresentando avanços ao apontar explicitamente alguns aspectos não citados nas outras, destacando que a “gestão dos recursos hídricos se processará no quadro de ordenamento territorial, visando a compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente”. Desta forma, explícita a grande interface entre a gestão da água e do uso do solo. A lei também estabelece a “integração do gerenciamento ambiental, através de Estudos de Impacto Ambiental e respectivo Relatórios de Impacto Ambiental, com abrangência regional, já na fase de planejamento das intervenções na bacia” (Leal, 1997).

No Rio Grande do Sul, a Lei 10.350/12/94 estabelece que a outorga de uso dos recursos hídricos está condicionada às prioridades de uso estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacia Hidrográfica. Isso significa que a vazão de referência poderá variar de uma bacia para outra, respeitando as particularidades de cada local. A legislação estadual relativa a recursos hídricos é adequada, quando permite que os critérios adotados para a preservação da integridade dos recursos hídricos evoluam com o tempo, à medida que novos estudos forem sendo consolidados (Cruz, 2001, p. 48).

O Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996, regulamentou a outorga, estabelecendo os critérios para concessão, “licença de uso” e “autorização”, bem como para sua dispensa.

A criação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) em agosto de 1999 proporcionou um reordenamento dos setores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul. Também ficaram abrangidos por esta secretaria o Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), contribuindo para a integração das gestões quantitativa e qualitativa da água, através da articulação dos processos de outorga do uso da água e licenciamento ambiental (SEMA, 2002).

A implantação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SERH) também destacou a função das instâncias colegiadas – CRH e Comitês de Bacia, consolidando uma estratégia para a sua efetivação. Assim, a representação dos comitês no CRH foi ampliada, através da *Lei 11.685/01*, e também criada a Câmara Técnica do Conselho.

No ano de 2000, no Rio Grande do Sul, foi instituído o *Código Estadual do Meio Ambiente, Lei nº 11.520* de três de agosto de 2000, no Art. 121 trata da proteção das águas superficiais e subterrâneas para a melhoria gradativa e irreversível da qualidade das águas hoje degradadas.

O Art. 133 enfoca o modo como devem ser protegidos os aquíferos ou lençol freático, fazendo que os poços jorrantes e quaisquer perfurações do solo tenham dispositivos de segurança contra vandalismo, contaminação acidental e desperdício.

O Decreto nº 42.047 de 26 de dezembro de 2002 regulamenta disposições da Lei 10.350/1994, e complementa o Código Estadual do Meio Ambiente do RS, abordando especificamente o gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado. Na Seção V, da Outorga, no Art. 18 – enuncia que “o uso das águas subterrâneas estaduais são passíveis de outorga nos termos do Decreto nº 37.033/96, a qual deverá ser emitida pelo Departamento de Recursos Hídricos – DRH e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM”.

Conforme o Art. 16, as obras destinadas a captação de águas subterrâneas e sua operação dependerão de autorização prévia para sua execução e os usuários deverão apresentar a documentação definida em portaria específica.

Existem três Requerimentos de Autorização Prévia para perfuração de poços que diferem conforme a vazão desejada pelo usuário, ou seja usuários que consomem menos de 25m³/dia, de 25 a 250m³/dia ou aqueles usuários que consomem mais do que 250m³/dia. No

primeiro caso são exigidos vários documentos anexos ao requerimento, citando-se vazões mensais e análise físico-química e bacteriológica de cada poço. Para o segundo caso, além desses documentos eventualmente poderá ser exigido o monitoramento do poço, enquanto para o terceiro caso é obrigatório o relatório de monitoramento trimestral. Salienta-se que os poços tubulares já perfurados necessitam apresentar todos os documentos exigidos para obter a outorga/Regularização (SEMA, 2004).

Após o usuário construir a obra de captação de água subterrânea desejada, deverá cadastrá-la no Departamento de Recursos Hídricos/SEMA, apresentando as informações técnicas necessárias, bem como permitir o acesso da fiscalização no local (Decreto nº 42.047, 2002).

2.5. Gestão dos Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos (Tucci, 1993).

A gestão de aquíferos é o conjunto de guias, normas, leis, regulamentos e atuações destinadas a sustentar, conservar, proteger, restaurar e regenerar esses aquíferos. Faz referência a quantidade e a qualidade da água captável do aquífero, que se deve fazer de forma compatível com a demanda a servir, com outras demandas existentes, como o meio ambiente e com a orientação e uso do território. A gestão requer considerar os custos e benefícios diretos e indiretos, as prioridades e restrições não avaliáveis economicamente, o uso sustentável do recurso e o respeito dos direitos intergeracionais. Deve-se respeitar às normas vigentes e os direitos legais e legítimos, limitando e corrigindo abuso (Custódio e Llamas, 1983).

A Lei Federal 9433 de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e estabeleceu vários princípios e diretrizes para realização da gestão das águas.

Todavia, segundo Rebouças (1999), embora muito se fale de gestão integrada, a Lei 9433/97 coloca em destaque as águas superficiais, sem considerar sua real indissociabilidade com as águas subterrâneas no ciclo hidrológico. Segundo o mesmo autor existe uma exorbitante cultura de utilização preferencial das águas superficiais e indisfarçáveis

desconhecimento em relação às águas subterrâneas. Esse desconhecimento, sem dúvida profundo e generalizado, gera um clima de conflito entre os especialistas e até entre os órgãos responsáveis pela gestão das águas superficiais e subterrâneas.

O capítulo 18 da Agenda 21 (Senado, 1996) apresenta a preocupação com a gestão integrada, Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos, Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e uso dos Recursos Hídricos. Também apresenta a água como um recurso finito e vulnerável, pregando a integração não só entre os recursos hídricos, mas também com os setores econômicos e sociais.

Segundo Lanna (1997) a gestão das águas deve ser constituída por uma política que estabeleça as diretrizes gerais; um Modelo de Gerenciamento que estabelece a organização legal e institucional; e um Sistema de Gerenciamento que reúne os instrumentos para o preparo e a execução do Planejamento.

De acordo com Lanna (1997) houve uma evolução dos modelos de gerenciamento das águas, passando do Modelo Burocrático (racionalidade e hierarquização) para o Modelo Econômico-Financeiro (emprego de instrumentos econômicos e financeiros), chegando no Modelo Sistêmico de Integração participativa (criação de uma estrutura sistêmica). O Brasil tenta se ajustar, através das legislações recentes, a este último modelo.

Lanna (1997) aborda a diferença entre Gerenciamento de Recursos Hídricos e Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. O primeiro é o de um único recurso ambiental, no caso a água; o segundo, é o que busca uma equidade das demandas e da oferta em uma bacia. Em termos nacionais, um dos pontos mais polêmicos na questão da gestão das águas subterrâneas, no presente momento, é a dominialidade do recurso. Ao mesmo tempo em que a Constituição Brasileira diz expressamente que as águas subterrâneas são domínio dos Estados, diz que compete exclusivamente à União legislar sobre águas. Por outro lado temos as águas minerais que são do domínio da União e gerenciadas pelo DNPM. Outro problema é a regulamentação dos instrumentos de gestão com vistas à sua aplicação nas águas subterrâneas. Questões como outorga e enquadramentos estão sendo expostos e discutidos. A necessidade de articulação para uma outorga conjunta dos recursos hídricos subterrâneos de domínios diferentes é um fato de extremo bom senso e que não deve se subordinar a entraves políticos. Assim como, uma outorga conjunta com as águas superficiais, dada a indissociabilidade do sistema hídrico.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos subterrâneos apresentam períodos de grande interesse e outros de total descaso, sendo os primeiros normalmente relacionados a problemas de uso e/ou contaminação dos aquíferos, com ações que expressam mais uma

reação do que prevenção. Os planos gestores para as águas subterrâneas não devem ser elaborados para um período de execução muito curto, com o medo da defasagem, nem tão longo que se converta em pura especulação. O ideal é plano para períodos de dez a quinze anos que contenham diretrizes remodeláveis para o futuro, pois, quanto mais rígidos forem, mais vulneráveis eles serão. Devem ser priorizadas as áreas ou regiões onde as águas subterrâneas sejam mais valiosas e enfatizadas os estudos hidrogeológicos, com vistas ao uso ótimo (Hager, 2000).

A gestão do recurso hídrico subterrâneo baseado nas legislações vigentes e nas condições hidrogeológicas dos aquíferos torna-se imprescindível para a sua preservação, especialmente nas regiões aonde já se verificam superexploração (Freire, 2002).

2.6. Sistemas hidrogeológicos

A expressão Sistema foi conceituada por Wrege (2002) como sendo um grupo individualizado de elementos inter-relacionados, interagindo com o meio ambiente. E Sistema Aquífero como sendo o domínio aquífero contínuo, ou seja, as partes estão contidas por limites (finito) e estão ligados hidráulicamente (dinâmico).

O caminho subterrâneo das águas é o mais lento de todos. A água de uma chuva que não se infiltrou levará poucos dias para percorrer muitos e muitos quilômetros. Já a água subterrânea poderá levar dias para percorrer poucos metros. Havendo oportunidade esta água poderá voltar à superfície, por meio de fontes, indo se somar às águas superficiais, ou então, voltar a se infiltrar novamente (Zimbres, 2003).

Segundo Manoel Filho (1997) abaixo da superfície do terreno, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical basicamente em duas zonas horizontais, saturadas e não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água.

A água que se infiltra está submetida a duas forças fundamentais: a gravidade e a força de adesão de suas moléculas às superfícies das partículas do solo (força de capilaridade). Pequenas quantidades de água no solo tendem a se distribuir uniformemente pela superfície das partículas. A força de adesão é mais forte do que a força de gravidade que age sobre esta água. Como consequência ela ficará retida, quase imóvel, não atingindo zonas mais profundas. Chuvas finas e passageiras fornecem somente água suficiente para repor esta

umidade do solo. Para que haja infiltração até a zona saturada é necessário primeiro satisfazer esta necessidade da força capilar (Tood, 1959).

De acordo com Gregoranshuk (2001) há um certo consenso entre os pesquisadores de que a infiltração da água da chuva para a recarga de aquíferos é da ordem de 1 a 3% do total de precipitação anual de uma área.

Hausman (1995) estimou para a área onde se inserem estes estudos valores em torno de 10% do total de precipitação anual, como recarga de aquíferos.

A água na zona saturada (também chamada de zona de saturação) é a única água subsuperficial que está disponível para suprir poços e fontes e é a única água a qual o nome água subterrânea aplica-se corretamente.

A zona não saturada (também chamada de insaturada, zona de aeração ou zona vadosa) é parcialmente preenchida por água, sendo de grande importância para a hidrologia da água subterrânea, pois pode ser dividida em três partes: Zona de umidade do solo (estende-se da superfície do terreno a uma máxima profundidade de um ou dois metros, sendo a zona que suporta o crescimento das plantas), Zona intermediária (a umidade existente nesta zona origina-se de água capilar isolada, fora do alcance das raízes, e água de retenção por forças não capilares) e Zona capilar (sua espessura depende principalmente da distribuição de tamanho dos poros e da homogeneidade do terreno), (Heath, 1983), que podem ser observadas na Figura 2.

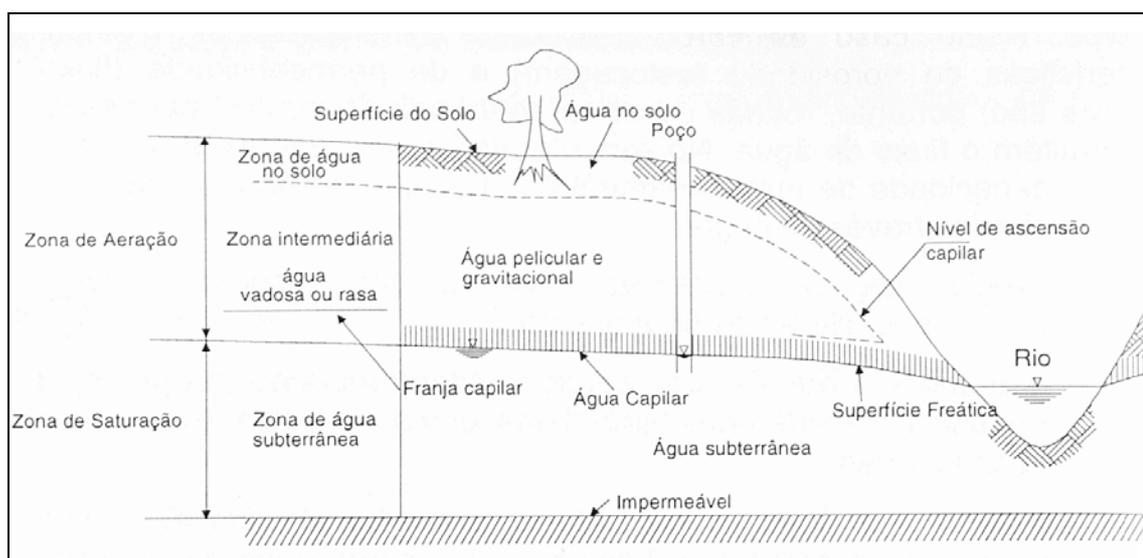


FIGURA 2 - Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, mostrando as diversas zonas de umidade. Fonte: Cabral *et al.* (2001).

Dessa maneira, os sistemas hidrogeológicos podem ser classificados em: Aquíferos, Aquicludos, Aquitardos e Aquifugos.

Para Guerra (1980) aquífero consiste na rocha cuja permeabilidade permite a retenção de água dando origem a águas interiores ou freáticas.

No texto exposto por Batalha (1986) aquífero é a formação porosa (camada ou estrato) de rocha permeável areias ou cascalhos, capaz de armazenar e fornecer quantidade significativa de água.

Segundo a NBR 12212 (1992) aquífero é uma formação ou grupo de formações geológicas portadoras e condutoras de água subterrânea.

Para Tucci (1993) aquífero é uma formação geológica (ou um grupo de formações) que contém água e permite que a mesma se movimente em condições naturais e em quantidades significativas.

Rebouças (1999) define que os aquíferos são corpos rochosos com características relativamente favoráveis à circulação e armazenamento de água subterrânea, podem variar em extensão de alguns km²; ter espessuras variadas. Ocorrem na superfície ou encontrar-se em profundidades, podem estar encerrados em camadas relativamente pouco permeáveis, ter porosidade, permeabilidade, intergranular ou de fraturas, podem fornecer água de excelente qualidade para o consumo ou ter águas relativamente salinizadas.

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies limítrofes (superior, chamada topo, e inferior chamada base) e segundo a geologia do material saturado, descrito abaixo segundo Heath (1983).

Tipos de Aquíferos quanto a pressão da água

Aquíferos livres, freáticos ou não confinados: ocorrem quando a pressão da água na superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica com a qual se comunica livremente. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação. Os aquíferos livres também se classificam em drenantes (de base semipermeável) e não drenantes (de base impermeável), (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Aquífero suspenso: é um caso especial de aquífero livre formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada e situada entre a superfície freática

regional e o nível do terreno. Esses aquíferos às vezes existem em caráter temporário, na medida em que drenam para o nível freático subjacente (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Aquíferos artesianos ou confinados: nestes aquíferos a camada saturada está confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, de forma que a pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água suba no poço para além da zona aquífera. Se a pressão for suficientemente forte a água poderá jorrar espontaneamente pela boca do poço. Neste caso, o poço costuma ser chamado de artesiano surgente ou jorrante (Zimbres, 2003).

Podem ser subdivididos em dois tipos: confinado não drenante (cujas camadas limítrofes, superior e inferior, são impermeáveis) e confinado drenante (pelo menos uma das camadas limítrofes é semipermeável, permitindo a entrada ou saída de fluxos pelo topo e/ou pela base, por drenança ascendente ou descendente. Quantidades consideráveis de água podem ser perdidas ou ganhas pelos aquíferos drenantes de grande extensão regional), (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Tipos de Aquíferos quanto a geologia do material saturado

Aquíferos Porosos: ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, decompostos *in situ*. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Esses aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumulam sedimentos arenosos. Uma particularidade deste tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homoganeamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção. Esta propriedade é conhecida como isotropia. Exemplo: Formação Botucatu constituída por arenitos eólicos formados em paleoambiente desértico, apresenta porosidade entre 18 e 30% (Araújo *et al.*, 1999).

Aquíferos fraturados ou fissurados: ocorrem em rochas ígneas e/ou metamórficas. A capacidade dessas rochas em acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação. Nestes aquíferos a água só pode fluir onde houver fraturas, que, quase sempre, tende a ter orientações preferenciais, e por isto diz-se que são meios aquíferos anisotrópicos. Exemplo: derrames vulcânicos da Formação Serra Geral.

Aqüíferos cársticos: são os aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes. Exemplo: município de Castro distante 119km de Curitiba/PR.

Além do termo aquífero, são designados outros termos que evidenciam a capacidade do meio na circulação da água, tais como: aquícludos, aquíardos e aquífugos. Neste sentido, Cabral *et al.* (2001) definem:

Aquícludos: são materiais também porosos que contém água nos seus interstícios muitas vezes atingindo seu grau de saturação, mas não permitem a sua circulação. As rochas são essencialmente argilosas nos quais as águas encontram-se fixadas em poros de diminutas dimensões e onde a circulação é praticamente nula. Exemplo: Formação Santa Maria Membro Alemoa de constituição silto-argilosa (Maciel Filho, 1994).

Aquíardos: são estratos semi-permeáveis. Armazenam quantidade significativa de água no seu interior e permitem a circulação de forma muito lenta. São incluídas as argilas siltosas ou arenosas. Exemplo Formação Rosário do Sul equivalente a Sanga do Cabral (Maciel Filho, 1994 e Giardin e Faccini, 2004).

Aquífugos: são materiais impermeáveis com baixíssima porosidade que tanto não contêm como não transmitem água (Maciel Filho, 1994).

2.6.1. Províncias hidrogeológicas

Em termos hidrogeológicos, deve-se considerar as grandes unidades geológicas do país, assim, pode-se classificar os aquíferos de acordo com sua importância relativa no âmbito do território nacional. Essa importância relativa das rochas como aquíferos foi definida através de suas propriedades intrínsecas (porosidade e permeabilidade), condições de ocorrência (extensão, espessura e estrutura) e explotabilidade (fácil, regular e difícil). Desse modo, introduziu-se o conceito de Província Hidrogeológica como meio de sistematização e localização das grandes unidades hidrogeológicas existentes no país (Mente, 1997).

Neste contexto, “Província Hidrogeológica” é definida como a área que apresenta em toda a sua extensão aspectos semelhantes no que diz respeito às condições de captação e ocorrência das águas subterrâneas. Ela se distingue de “Província Aquífera” que é formada

por um conjunto de áreas que apresentam aquíferos de natureza semelhante quanto ao jazimento, estrutura e litologia (Hausman, 1995).

A classificação das Províncias Hidrogeológicas leva em conta as características geológicas, morfológicas e climáticas; porque as águas subterrâneas possuem um comportamento e ocorrência guiada pelas mesmas.

Assim, foram estudados os sistemas aquíferos no Brasil, principalmente com relação aos poços para suprimento d'água nas grandes bacias sedimentares do país, que posteriormente permitiu dividi-lo em dez províncias hidrogeológicas, sendo elas: Província Escudo Setentrional, Província Amazonas, Província Escudo Central, Província Parnaíba, Província São Francisco, Província Escudo Oriental, Província Paraná, Província Escudo Meridional, Província Centro Oeste e Província Costeira (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

A mais importante província hidrogeológica do Brasil situa-se na parte meridional do país e corresponde a Bacia Sedimentar do Paraná, esta província inclui-se entre as áreas de melhor produtividade de aquífero e é designada atualmente por Sistema Aquífero Guarani (SAG) que foi o nome dado pelo geólogo uruguaio Danilo Anton, em 1996. Constitui a mais importante província em função da sua aptidão em armazenar e liberar grandes quantidades de água e também por se encontrar nas proximidades das regiões relativamente mais desenvolvidas do país, além de possuir o maior volume de água doce em subsuperfície, com reserva estimada de $50,40 \times 10^3 \text{ km}^3$ de água (Rebouças e Amore, 2002).

No que se refere ao Estado do Rio Grande do Sul, o primeiro estudo sistemático do comportamento das águas subterrâneas do Estado data de 1960, sendo que em 1995, Hausman estabeleceu a divisão em Províncias e Sub-Províncias Hidrogeológicas, sendo elas:

I - Províncias do Escudo (Sub-Província Cristalina e Sub-Províncias Creta-Paleozóica).

II – Província Gondwânica (Sub-Província Permo-Carbonífera, Sub-Província Rosário do Sul e Sub-Província Botucatu).

III – Províncias Basálticas (Sub-Província do Planalto, Sub-Província Borda do Planalto e Sub-Província Cuesta).

IV – Província Litorânea (Sub-Província Oceânica, Sub-Província Lagunar Externa, Sub-Província Lagunar Interna Norte, Sub-Província Lagunar Interna Sul, Sub-Província Itapuã e Sub-Província Guaíba).

Conforme Hausman (1995) há predominância de rochas cristalinas e cristalofílicas, que recobrem quase 80% da área do Estado, incluindo-se nelas a superfície recoberta pelo derrame da Formação Serra Geral, sobre as quais também estão localizados os maiores núcleos populacionais. No entanto, apresentam na maioria baixa produtividade dos aquíferos,

enquanto as rochas presentes na Província Gondwânica apresentam maior importância aquífera.

Assim, a Província Gondwânica apóia-se sobre Oeste do Escudo, sua superfície é de aproximadamente de 90.000 km². Este pacote sedimentar começa no Carbonífero e termina no Cretáceo. Litologicamente dominam formações argilosas e arenosas que desaparecem por baixo da cobertura basáltica, situada ao Norte e Oeste do Escudo. Apresentam várias discordâncias que engloba: o Super-Grupo Tubarão, Grupo São Bento, Passo Dois, Itararé. Os afloramentos das rochas sedimentares Gondwânicas formam uma planície semicircular, cuja topografia apresenta a forma de colinas semi-tabulares, suavemente onduladas, entre as quais se desenvolve planícies aluviais com rios meandrosos e várzeas amplas (*op. cit.*).

A Sub-Província Rosário do Sul é um aquífero hidroestrutural possui um grupo de horizontes condutores intercalados por aquícludes e aquítardos variando a permeabilidade e a qualidade da água. Esta sub-província é separada em dois patamares:

Arenito Rio Pardo: que forma sua porção basal, composta por sedimentos finos, siltitos argilosos e arenitos finos que funcionam como aquítardos. Os depósitos de canal são formados por sedimentos mais grosseiros que funcionam como aquíferos de rendimentos regulares.

Membro Santa Maria: predominam sedimentos argilosos, como os lamitos intercalados por horizontes arenosos de médios a grossos. A circulação da água se apresenta bastante regionalizada e as vazões são bastantes irregulares, forma um aquíclude. A circulação da água neste Membro sempre se verifica nos horizontes arenosos, que se apresentam como lentes, mais ou menos extensas e intercaladas entre as argilas que as mantêm confinadas. As recargas se verificam nos pontos em que a erosão colocou a descobertos as areias mais ou menos argilosas; estas recargas também podem ocorrer por drenância.

Os depósitos arenosos apresentam-se confinados originando poços com pressão artesianas surgente ou semi-surgente. Os horizontes arenosos intercalados entre as argilas do Membro Santa Maria são ótimos aquíferos com produtividade elevada. A qualidade da água é diferente em função da posição estratigráfica, no topo ou na base da formação. As águas que percolam no Membro Santa Maria são do tipo bicarbonatadas sódicas algumas tendem a ser cloretadas sódicas, portanto salobras (Hausman, 1995).

2.6.2. Sistema Aquífero Guarani

É o maior manancial de água doce subterrâneo transfronteiriço do mundo. Está localizado na região Centro-Leste da América do Sul, entre 12° e 35° de latitude Sul e entre 47° e 65° de longitude Oeste e ocupa uma área de 1,2 milhões de km², estendendo-se pelo Brasil (840.000 km²), Paraguai (71.700 km²), Uruguai (58.500 km²) e Argentina (255.000 km²). Em território brasileiro a ocorrência é de 2/3 da área total, ocorrendo nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Araújo, *et al.*, 1999).

Os volumes armazenados no aquífero confinado Botucatu praticamente não variam. A precipitação é a principal fonte de recarga.

O Aquífero Guarani, em boa parte do seu curso, está embaixo do rio Uruguai. E em 230 municípios do Estado do Rio Grande do Sul, por onde passa o Aquífero, não existe saneamento básico, fator que pode provocar contaminação de suas águas (Fensterseifer, 2004).

A área em estudo reveste-se de importância por ser uma área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG), constituída de rochas sedimentares Mesozóicas (Giardin e Faccini, 2004).

2.6.3. Captação das águas subterrâneas

Poço é definido como qualquer obra de captação de água subterrânea executada com sonda, mediante perfuração vertical (NBR, 12244/92), ou ainda é entendido como toda a perfuração através do qual obtemos água (Zimbres, 2003).

Os poços podem ser classificados, segundo Feitosa e Manoel Filho (1997) de acordo com sua profundidade, em rasos ou profundos, sendo que ela determina, de um modo geral, o método construtivo do poço. Os poços rasos podem ser divididos em: escavado, ponteiros cravadas, à trado e poço radial.

Os poços profundos são aqueles perfurados com máquinas, denominadas perfuratrizes, que possuem diâmetro que varia de 10 a 30cm, atingem profundidades de 40 a mais de 4000m. Em alguns casos profundidades maiores são atingidas quando se procura a produção de água aquecida pelo geotermalismo. Um poço perfurado a máquina, num aquífero livre, deve ser chamado de poço profundo ou poço tubular profundo, para se diferenciar dos poços

rasos escavados manualmente. As companhias perfuradoras de poços têm usado erroneamente o termo “poço artesiano” para todo e qualquer poço perfurado através de máquinas. Dessa forma, o *Poço Artesiano* é uma estrutura hidráulica, vertical e tubular que dá acesso ao aquífero e a água subterrânea que este contém. É projetado e construído de acordo com a geologia da região em questão, seguindo modernas técnicas construtivas, que permitem a extração de água de forma eficiente e econômica (Oliveira e Spitaliere, 1996).

Segundo a NBR 12212/92 o projeto de captação através de poço ou sistema de poços pressupõe o conhecimento de: a) estudo de concepção elaborado conforme a NBR 12211/92; b) vazão pretendida para o sistema; c) estudo hidrogeológico contendo informações básicas geofísicas e geológicas dos aquíferos, características hidráulicas e qualidade das águas; d) avaliação do risco do sistema; e) estimativa do número de poços a constituir o sistema; f) planta topográfica em escala adequada, com a localização e o cadastro das obras e dos poços existentes, e registro dos níveis de drenagem atual e piezométrico; g) planta da bacia hidrográfica, em escala reduzida, com localização e cadastro dos poços existentes; e, h) registro do nível máximo de cheias na área do sistema.

Conforme a norma 12244/92, no desenvolvimento da construção são considerados elementos necessários: projeto executivo do poço; equipamento de perfuração; ferramentas de perfuração; ferramentas auxiliares; equipamentos auxiliares; responsável técnico habilitado perante ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA); fiscalização e condições de recebimento do poço.

Deve-se ter cuidados com o equipamento hidráulico e elétrico como: a bomba submersa (deve ser feita manutenção preventiva a cada dois anos); quadro de comando (revisão periódica nos componentes elétricos com atenção especial à chave contactora e o pára-raio).

O monitoramento, ou seja, a observação periódica e o acompanhamento das condições de funcionamento do poço, são um procedimento adequado para manter a boa operação do mesmo. Permitindo a avaliação do comportamento do poço a qualquer instante, assim como a situação do equipamento de bombeamento.

Em um poço tubular poderão ocorrer basicamente três tipos de problemas: com a bomba, perda de vazão e turbidez da água.

2.6.3.1. Métodos de perfuração mais usados

Segundo Zimbres (2003), os métodos mais usados são:

a) Percussão: a rocha é perfurada através da batida constante do trépano, preso a um cabo de aço, que se movimenta para cima e para baixo, por meio de um balancim acionado por motor. A rocha é esmigalhada e os fragmentos resultantes, misturados com água do próprio poço ou colocada se este estiver seco, originando uma lama e sendo retirada do poço pela caçamba. Esta lama também serve como refrigeração do trépano. Esse tipo de perfuração é recomendado para formações consolidadas ou rochas duras, e profundidades não superiores a 250m.

b) Rotativas: ocorre através do movimento rotatório de uma broca, ao mesmo tempo em que se faz circular lama no poço. Esta lama serve para trazer o material triturado para cima, para refrigerar a ferramenta e para manter a pressão contínua dentro do poço. Este método é indicado para formações moles e grandes profundidades. O revestimento do poço é feito no final antes de bombear toda a lama (Zimbres, 2003).

2.6.3.2. Funcionamento de um poço

Segundo Zimbres (2003) quando se inicia o bombeamento de um poço, ocorre neste o rebaixamento do nível da água, criando um gradiente hidráulico (uma diferença de pressão) entre este local e suas vizinhanças. Este gradiente provoca a vinda contínua de água do aquífero em direção ao poço, enquanto estiver sendo processado o bombeamento. Se o bombeamento parar, o nível d'água retorna ao nível original (recuperação) após um certo número de horas. O rebaixamento do nível d'água possui uma forma cônica, cujo eixo é o próprio poço. A formação deste cone responde à necessidade de a água fluir em direção ao poço para repor a que está sendo extraída. Nos aquíferos isotrópicos (porosos), a água chegará de todos os lados com a mesma velocidade, dando origem a uma superfície cônica relativamente simétrica. Se o aquífero for anisotrópico (fissural), este contorno será alongado segundo a direção da velocidade menor do fluxo de água. A forma do cone dependerá de alguns fatores, tais como:

1 - do volume de água que está sendo bombeado. Volume maior implica em maior rebaixamento do nível da água dentro do poço;

2 - da permeabilidade do aquífero: esta determinará a velocidade com que a água se movimenta para o poço. Quando a permeabilidade é grande, maiores volumes de água chegarão ao poço em menos tempo, provocando um cone menos profundo. Se a permeabilidade do aquífero for pequena, o cone terá um rebaixamento muito pronunciado (Zimbes,2003)

2.6.3.3. Proteção dos poços

A proteção de poços pode ser bastante complexa, sendo necessário considerar-se as características hidráulicas dos aquíferos, a taxa de exploração, os tipos e a persistência dos contaminantes, dentre outras. Deve-se estabelecer diferentes perímetros de proteção, em função das atividades que podem ser exercidas em seu interior. Na primeira zona mais próxima do poço, somente devem ser permitidas atividades relacionadas com a operação dos poços. Em uma segunda zona devem ser proibidas atividades potencialmente poluidoras como: transporte e estocagem de produtos perigosos, disposição de resíduos e efluentes, agricultura e pecuária intensiva, extração mineral etc. Em uma terceira zona, mais distante, é necessário apenas o estabelecimento de um certo controle ambiental (proteção do solo e das águas).

O tamanho dessas zonas de proteção deve ser estabelecido em função da distância ao poço ou em função do tempo estimado de trânsito do contaminante desde sua origem até o ponto de captação do poço no aquífero. Os limites de proteção da cabeça do poço podem ser estabelecidos por (US-EPA¹, 1994): raio fixo arbitrário; método do cilindro (raio fixo calculado); formas simplificadas variadas, métodos analíticos simples, mapeamento hidrogeológico e modelagem semi-analítica ou numérica do fluxo e transporte de contaminantes.

No primeiro método fixa-se um raio arbitrário que se supõe ser suficiente para proteção do poço. Diversos países adotam esse tipo de limitação, principalmente para a primeira zona, variando o raio dessa zona de 5m até 100m, sendo mais comum à adoção de valores em torno de 10m. Para as duas outras zonas, é usual estabelecer-se não mais um raio fixo, porém o tempo de trânsito da contaminação até o poço (Cabral *et al.*, 2001).

¹ US-EPA = Agência Nacional de Proteção Ambiental Norte-Americana.

2.7. Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas

2.7.1. Parâmetros físico-químicos e biológicos das águas subterrâneas

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

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico. Os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substância dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muito outros fatores interferem, tais como: clima, composição da água da recarga, tempo de contato água/meio físico etc., além da contaminação do homem (Heath, 1983).

Á água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se em sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais. Estas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação das águas subterrâneas, maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas e facilidades de dissolver CO₂ ao percolar o solo não saturado. Por isso as águas subterrâneas têm concentrações de sais superiores às das águas superficiais em geral (Zimbres, 2003).

As propriedades físicas são características de ordem estética e elevados valores de algumas delas podem causar certa repugnância a consumidores mais exigentes. As águas subterrâneas raramente são portadoras de características estéticas perceptíveis, a não ser o sabor decorrente de sais dissolvidos em quantidade excessiva. Enquadra-se nas características de propriedades físicas os seguintes aspectos: temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Temperatura – amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2° C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície (Feitosa e Manoel Filho, 1997)

A temperatura influencia os processos biológicos, as reações químicas e as bioquímicas, que ocorrem na água e também outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. A

solubilidade dos gases decresce e a dos sais minerais cresce com o aumento da temperatura da água (Porto *et al.*, 1991).

Cor – é resultado das substâncias dissolvidas na água, provenientes principalmente da lixiviação da matéria orgânica. A água em geral, apresenta uma coloração azulada quando pura e com grandes espessuras, arroxeadada quando rica em ferro, negra quando rica em manganês e amarelada quando rica em ácidos húmicos. Comumente as águas subterrâneas apresentam valores de coloração inferiores a 5 ppm de Pt (Platina), mas de forma anômala podem atingir até 100 ppm de Pt. Geralmente para ser potável, uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Odor e Sabor – o sabor está relacionado ao gosto (salgado, doce, azedo e amargo), e odor à sensação do olfato. O odor e o sabor estão intimamente relacionados. O sabor depende do teor do tipo de sais dissolvidos além de outras substâncias em solução ou suspensão. Existem casos em que uma água com valor elevado de sólidos totais dissolvidos (STD) tem melhor sabor que uma que tem baixo teor de STD (Feitosa e Manoel Filho, 1997). Como o paladar humano tem sensibilidade distinta para os diversos sais, poucos miligramas por litro de alguns sais (ferro e cobre, por exemplo) são detectáveis, enquanto que várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não são apercebidas. Em geral as águas subterrâneas são desprovidas de odor (Zimbres, 2003). O odor é reconhecido como sendo uma característica estética prejudicial ao consumo da água para abastecimento urbano ou para a recreação (Porto, Branco & De Luca, 1991).

Turbidez – é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez. No Brasil a unidade mais utilizada é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida de turbidez devido a sua propriedade de absorver a luz, em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez.

Sólidos Totais – corresponde à carga sólida em suspensão e que pode ser separada por simples filtração ou mesmo decantação. O termo “sólidos” é amplamente utilizado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólido após evaporação. Sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais correspondem aos resíduos não filtráveis e filtráveis respectivamente (Gastaldini e Mendonça, 2001).

As águas subterrâneas, na sua maioria, não têm sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é geralmente como consequência de mau dimensionamento do filtro ou do pré-filtro ou completação insuficiente do aquífero ao redor do filtro. As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridos ao longo de seu trajeto. (Zimbres, 2003).

Condutividade Elétrica - é o valor recíproco da resistividade elétrica (Fenzl, 1986). A condutividade da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água transmitir a corrente elétrica. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água. A medida é feita através do condutivímetro e a unidade usada é o micromhos/cm (MHO inverso do OHM, unidade de resistência) a uma dada temperatura em graus Celsius. Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não o fizer automaticamente (Zimbres, 2003). Sob o Sistema Internacional de Unidades, deve-se utilizar o microsiemens/cm, numericamente equivalente ao micromhos/cm (Porto *et al.* 1991). Este último será adotado neste trabalho.

Na água pura, a condutividade elétrica é baixa, variando de centésimos de $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Quanto maior a concentração iônica, maior a condutividade (boa correlação entre condutividade e concentração iônica para um soluto), (Porto *et al.* 1991).

Oliveira, Morais e Serzedelo (2000) reforçam que a condutividade elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água. A condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a água do mar, naturalmente, possui 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Quando a condutividade for igual ou maior que 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, as águas estão salobras e/ou podem estar poluídas (Chapman e Kimstach, 1998).

Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos (STD) na água (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Dureza Total - é definida como a dificuldade de uma água dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário, etc. Alguns sólidos dissolvem-se rapidamente, enquanto outros se ionizam vagarosamente. O carbonato de cálcio se dissocia em íons de cálcio e carbonatos em grau dependente do pH da

água, causando incrustações nas tubulações. Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A água mole (baixa concentração de íons de cálcio) tende a dissolver a incrustação formada pelo carbonato de cálcio, enquanto que a água dura tende a precipitar carbonato de cálcio no interior das tubulações (Hammer, 1979).

Segundo Custódio e Llamas (1983) as águas com dureza total entre 0 e 50 mg/L de CaCO_3 , são consideradas *brandas*. As águas com dureza total entre 50 e 100 mg/L de CaCO_3 , são consideradas *pouco duras*. Aquelas com dureza total entre 100 e 200 mg/L de CaCO_3 são consideradas *duras*, e águas com mais de 200 mg/L de CaCO_3 até a saturação, *muito duras*.

A dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total. Dureza temporária ou de carbonatos: é devida aos íons de cálcio e de magnésio que sob aquecimento se combinam com íons bicarbonato e carbonatos, podendo ser eliminada por fervura. Dureza permanente é devida aos íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento. A dureza total é a soma da dureza temporária com a permanente (Baumgartem e Pozza, 2001).

pH - é a medida de concentração de íons H^+ na água (potencial hidrogeniônico). O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH^-) determinam quão ácida ou básica ela é. A faixa de pH varia de 0 a 14. Se predominar o hidrogênio, a água é ácida (abaixo de 7), se predominarem as oxidrilas, ela é básica ou alcalina (acima de 7), um estado de neutralidade ou de equilíbrio da água ocorre se o pH for igual a 7 (Branco, 1983). Na água quimicamente pura íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro. Os principais fatores que determinam o pH da água são a concentração do gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Alcalinidade – é a medida total das substâncias presentes numa água, capazes de neutralizarem ácidos. Se numa água quimicamente pura for adicionada pequena quantidade de um ácido fraco seu pH mudará instantaneamente. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a elevação de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido. Em águas subterrâneas a alcalinidade é devida principalmente aos carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia. A alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes numa água. A alcalinidade total de uma água é expressa em mg/L de CaCO_3 (Zimbres, 2003).

Demanda Química de Oxigênio (DQO) – mede a capacidade de uma água consumir oxigênio durante processos químicos. É indicada para medir o teor de matéria orgânica

oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio (Feitosa e Manoel Filho, 1997). O valor encontrado é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente, obtida através de oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido. O teste gasta apenas 2 a 3 horas para ser realizado (Von Sperling, 1996).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – é a quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos. É uma medida muito importante de contaminação da água e deve referir-se a um certo tempo (24 horas, 5 dias, etc.). Nas águas subterrâneas, em geral, a DBO é inferior a 1 mg/L de O₂. Valores mais elevados indicam contaminação (Feitosa e Manoel Filho, 1997). A DBO₅ é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante e durante um período de incubação, também fixo de 5 dias. É medido pela diferença de OD (Oxigênio Dissolvido) antes e depois do período de incubação. A determinação da DBO não revela a concentração de uma substância específica, e sim, o efeito da combinação de substâncias e condições. A DBO, por si só, não é poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção de oxigênio dissolvido até níveis que inibem a vida aquática e outros usos benéficos. (Von Sperling, 1996).

2.7.1.1. Principais constituintes iônicos

A maioria das substâncias dissolvidas, nas águas subterrâneas, encontra-se no estado iônico. Segundo Custódio e Llamas (1983) as principais características desses íons são:

Cátions:

Alumínio (Al⁺³) - elemento pouco móvel e subrepresentado nas águas subterrâneas. Somente em águas ácidas o alumínio atinge 1mg/L, teor já considerado elevado. A fonte de alumínio nas águas subterrâneas são as argilas.

Sódio (Na⁺) - é um dos metais alcalinos mais abundantes e importantes nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte são os (feldspatos plagioclásios) sendo pouco resistentes aos processos intempéricos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. Segundo a OMS, o valor

máximo recomendável de sódio na água potável é 200 mg/L, no Brasil o valor máximo permitido é 250mg/L conforme a Portaria nº 518/2004.

Potássio (K^+) - ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais. Os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg/L, sendo mais freqüentes valores entre 1 e 5 mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997)

Cálcio (Ca^+) - nas águas subterrâneas, os teores, em geral, variam entre 10 e 100 mg/L, sua fonte principal são os feldspatos plagioclásios (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Magnésio (Mg^{+2}) - O magnésio tem propriedades parecidas com as do cálcio; mas é mais solúvel e difícil de precipitar. Juntamente com o cálcio é responsável pela dureza total e produz gosto salobro nas águas. Devido aos minerais fornecedores de magnésio serem mais estáveis diante do intemperismo químico do que os minerais fornecedores de cálcio, o seu teor nas águas subterrâneas é geralmente menor do que o cálcio. Ocorre nas águas subterrâneas entre 1 e 40 mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Ferro (Fe) - alto teor de ferro nas águas pode estar ligado à presença de ferrobactérias ou mesmo à corrosão do revestimento ou filtro do poço. Ocorre principalmente sob a forma de Fe^{+3} (hidróxido férrico) podendo também ocorrer como Fe^{+2} (hidróxido ferroso). O ferro no estado ferroso é instável na presença do oxigênio do ar mudando para o estado férrico. No Brasil, seu valor máximo permissível é 0,1mg/L (Portaria nº 518/2004).

Manganês (Mn) - o manganês se assemelha ao ferro quimicamente em sua ocorrência nas águas subterrâneas. Sua presença nas águas naturais é menos comum e sua concentração é muito menor do que a do ferro. O manganês está presente com baixos teores (< 0,2 mg/L) em quase todas as águas naturais. Ferro e manganês, “mesmo a concentrações muito baixas, são altamente objetáveis nas águas de abastecimento, para uso doméstico ou industrial” (Hammer, 1976), pois traços de ferro e manganês podem afetar o gosto da água, além de causar manchas em aparelhos sanitários e manchar roupas, após lavagem (Souza, 2001).

Ânions:

Cloreto (Cl) - alta solubilidade e o lento movimento das águas no aquífero vão provocando aumento gradativos e constantes dos teores de cloretos nas águas subterrâneas na direção do fluxo, seu valor máximo permissível é de 250mg/L segundo a OMS e a Portaria nº518/2004.

Sulfato (SO_4^{-2}) – origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita). As águas subterrâneas apresentam geralmente teores inferiores a 100 mg/L.

Bicarbonato (HCO_3^-) – este íon não se oxida nem se reduz em águas naturais, porém pode se precipitar com muita facilidade como bicarbonato de cálcio ($CaCO_3$). Sua concentração varia entre 50 a 350 mg/L em águas doces. É o ânion mais importante nas águas subterrâneas.

Carbonato (CO_3^{-2}) – a quantidade relativa de íons de carbonato é função do pH e do conteúdo de gás carbônico. Segundo Logan (1965), o carbonato somente excederá o bicarbonato quando o pH for igual ou superior a 10. O carbonato normalmente pode ser encontrado em águas com pH > ou igual a 8,2.

Nitratos (NO_3^-) – ocorre em geral com pequeno teor e pode ser removido das camadas superiores do solo para a água (Bower, 1978). O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 5mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividade humana (esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, etc.). A presença de nitrito na água subterrânea é um indicativo de poluição recente. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de nitrito no intervalo de 0,1 a 10 mg/L, porém, em águas poluídas, os teores podem chegar a 1.000mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

2.7.1.2. Principais Constituintes Secundários

Os principais constituintes secundários encontrados nas águas subterrâneas são: boro (B^{+3}), brometo (Br^-), compostos felnólicos, fosfato (PO_4^{-3}), Zinco (Zn^{+2}), Cobre (Cu^+) e Sílica (SiO_2).

A sílica não ocorre em quantidades significativas nas águas subterrâneas, aparece freqüentemente sob forma de partículas coloidais, devido a sua alta estabilidade química na maioria dos minerais, além da baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas. Não são raros teores de 20 mg/L nas águas subterrâneas.

2.7.1.3. Principais Constituintes Tóxicos e Carcinógenos

Dentre os principais constituintes tóxicos e carcinógenos presentes nas águas subterrâneas, destacam-se: Arsênio (As), Bário (Ba^{+2}), Cádmio (Cd^{+2}), Chumbo (Pb) e Fluoretos (F^-) que são encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. O F^- possui solubilidade limitada e pouco contribui para a alcalinidade da água, pois se hidroliza rapidamente. Ocorre com concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/L nas águas naturais, podendo chegar até 10 mg/L e, raramente a 50 mg/L em águas muito sódicas com pouco cálcio. A presença de cálcio limita a concentração de flúor (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

O limite ótimo de fluoreto para uma dada comunidade depende das condições climáticas, principalmente a temperatura do ar, que influenciará na quantidade de água ingerida pelas crianças ou adultos, além dos hábitos alimentares, pois alguns alimentos contêm fluoretos (Souza, 2001).

Silvério da Silva *et.al.* (2000) estudaram as concentrações de flúor em 28 poços tubulares do município de Santa Maria, encontrando apenas três valores acima do VMP (valor máximo permissível) estipulado pela Portaria N° 518/2004, fixado em 1,5mg/L.

2.7.1.4. Coliformes Totais e Fecais

Existe um grande número de formas vivas (vegetais e animais) na água. Os microorganismos aquáticos são importantes, basicamente, para a manutenção do ecossistema aquático a atuação nos processos de depuração dos despejos, e sua associação com as doenças ligadas à água (Von Sperling, 1996).

Organismos Coliformes são os indicadores de poluição recente de fezes, eventualmente de contaminação. Esse parâmetro permite avaliar de forma indireta o potencial de contaminação da água por patogênicos de origem fecal (Reetz, 2002).

A qualidade bacteriológica da água tem como base o teste de indicadores não-patogênicos, principalmente do grupo coliforme (Hammer, 1979), devido ao fato de que as bactérias patogênicas, geralmente, não são quantificáveis em laboratório e a ausência de um tipo de bactéria não exclui a eventual presença de outras.

A compreensão dos principais organismos biológicos (bactérias, algas, protozoários, crustáceos e peixes) é essencial na tecnologia sanitária (Hammer, 1979). Para tratamento de esgotos, os principais grupos de organismos são as bactérias e os protozoários, ao passo que

para avaliar a qualidade sanitária de águas para fins de potabilidade e recreação, os organismos indicadores, particularmente os coliformes, são os mais utilizados (Souza, 2001).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos e que transmitem doenças (Batalha e Parlatore, 1977). Embora não sejam patogênicos, eles são chamados organismos indicadores de contaminação fecal e podem indicar se uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, sua potencialidade para transmitir doenças.

Em levantamento de qualidade da água, é necessário avaliar-se a densidade das bactérias para determinar se uma água atende ao padrão apropriado. Os resultados dos testes são expressos como o NMP, (número mais provável) pois a contagem é baseada em análises estatísticas (Hammer, 1979).

A partir dessas observações, o papel desses microrganismos tem se tornado essencial na determinação da qualidade sanitária dos ambientes aquáticos. Um grande problema é que a presença dessas bactérias pode estar associada à presença de outras bactérias e vírus intensamente patogênicos (Baumgartem e Pozza, 2001).

2.8. Fatores quantitativos que influenciam na qualidade das águas subterrâneas

Os aspectos quantitativos estão diretamente relacionados com a recarga, descarga e fluxo das águas subterrâneas, e também com a profundidade da água, superfície potenciométrica, nível estático, nível dinâmico, vazão, precipitação, porosidade, permeabilidade, infiltração, evapotranspiração dentre outros.

Um sistema de água subterrânea (os aquíferos e as camadas confinantes que ocorrem em qualquer área) serve tanto como reservatório como conduto. A água de precipitação entra nos sistemas de água subterrânea nas áreas de recarga e move-se através dele, em função dos gradientes hidráulicos e das condutividades hidráulicas das rochas, para as áreas de descarga. A recarga varia de ano a ano, dependendo da precipitação, sua distribuição sazonal, temperatura do ar, uso da terra e outros fatores. A descarga natural dos sistemas de águas subterrâneas influi não só no fluxo de fontes, na percolação da água de canais fluviais ou terras alagadas, mas também na evaporação da parte superior da franja capilar, onde ocorre até a profundidade de um metro. Assim, áreas de descarga incluem não só canais das correntes perenes, mas também adjacente da planície aluvial e outras áreas baixas (Heath, 1983).

Uma das mais significantes diferenças entre áreas de recarga e descarga é que a extensão em área das regiões de descarga é invariavelmente muito menor do que as de recarga. A recarga envolve movimento de água na zona não-saturada na direção vertical. A descarga envolve movimento saturado, geralmente na direção horizontal. A recarga e a descarga envolvem sincronização. Recarga ocorre durante e imediatamente após períodos de precipitação; descarga é um processo contínuo enquanto as cargas hidráulicas estão acima do nível no qual a descarga ocorre. Entre períodos de recarga, os níveis da água subterrânea decrescem e a velocidade de descarga também decresce (Heath, 1983).

As redes de fluxo consistem de dois conjuntos de linhas. Um de linhas equipotenciais (linha na qual as cargas totais são as mesmas), conectam pontos iguais de carga e representam a altura da superfície freática, ou a superfície potenciométrica de um aquífero confinado, acima de um datum. O segundo conjunto é as linhas de fluxo que mostram os trajetos seguidos pelas partículas de água, como elas se movem através do aquífero. Devido à água subterrânea mover-se no sentido do gradiente hidráulico mais inclinado, linhas de fluxo em aquíferos isotrópicos são perpendiculares as linhas equipotenciais. Redes de fluxo não só mostram o sentido do movimento, mas também, podem ser usadas para estimar a quantidade de água em trânsito através de um aquífero. Aproximadamente todos sistemas de água subterrânea incluem ambos: aquífero e camadas confinantes. O movimento de águas subterrâneas através destes sistemas envolve fluxo não só através dos aquíferos, mas também, através das camadas confinantes (Azevedo e Albuquerque Filho, 1998).

Uma solução exata da equação que governa o fluxo subterrâneo é impossível de ser encontrada. A enorme complexidade apresentada pelos canais de escoamento torna inviável qualquer tentativa nesse sentido, sendo contornada pela adoção de valores médios nas variáveis hidráulicas e nas propriedades do meio poroso. Um volume elementar de água subterrânea está submetido a forças devidas a pressão e a gravidade. Essas forças são chamadas de ativas porque são responsáveis pelo movimento das águas subterrâneas. Também existem forças resistivas desenvolvidas quando a água está em movimento. A condutividade hidráulica é um parâmetro hidrogeológico, com dimensão que combina as propriedades do fluido e as propriedades do meio. A equação diferencial que descreve o movimento de água subterrânea é obtida pela combinação da equação de Darcy com a equação da continuidade. A equação da continuidade envolve, entradas, saídas e taxas de variação do armazenamento em um volume elementar (Tucci, 1993).

A caracterização ou delimitação de áreas para estudos das águas subterrâneas depende das direções de fluxos subterrâneos obtidos através da superfície potenciométrica, isto é, da relação entre a altitude da superfície do terreno menos o nível freático.

O Nível Estático (N.E.) dos poços corresponde à profundidade do nível de água de um poço em repouso, isto é, sem bombeamento em relação à superfície do terreno no local. Enquanto o Nível Dinâmico (N.D.) compreende a profundidade do nível de água de um poço bombeado a uma dada vazão, referida ao correspondente tempo de bombeamento, medida em relação à superfície do terreno local (NBR 12244, 1992).

A diferença entre os níveis estático e dinâmico durante o bombeamento chama-se de rebaixamento. O rebaixamento é muito rápido no início, mas à medida que o bombeamento continua a velocidade de rebaixamento decresce (Heath, 1983).

A profundidade da superfície freática é um importante fator no uso da superfície do solo e no aproveitamento dos suprimentos de água de aquíferos livres. Se a superfície freática está a grande profundidade, o custo de construção e bombeamento de água é alto (Heath, 1983).

Dos fatores climáticos mais importantes destaca-se a precipitação, sua distribuição, modos de ocorrência e a evaporação, responsável direta pela redução de escoamento superficial. Outros fatores importantes climáticos são a temperatura, a umidade e o vento, pela influência que exercem sobre a precipitação e a evaporação. A topografia também é importante pela sua influência na precipitação, porque a água flui, por ação da gravidade, das partes mais altas para as mais baixas. A magnitude desse escoamento superficial direto é função da intensidade da chuva, permeabilidade da superfície do terreno, duração da chuva, tipo de vegetação, distribuição espacial da precipitação, profundidade do nível das águas subterrâneas e declividade da superfície do solo. As características geológicas são relevantes porque definem o local de armazenamento da água proveniente da precipitação (Villela e Mattos, 1975).

A porosidade é o termo utilizado para designar os espaços vazios ou poros existentes no interior dos diferentes materiais (Azevedo e Albuquerque Filho, 1998). A porosidade é importante na hidrologia de águas subterrâneas porque indica-nos a máxima quantidade de água, que uma rocha pode conter quando está saturada. Entretanto é igualmente importante saber que só uma parte desta água esta disponível para suprir um poço ou nascente (Heath, 1983).

Em termos numéricos a porosidade total é definida como sendo a relação entre o volume de vazios e o volume total considerado. Para estudos do fluxo subterrâneo, no entanto, o interesse recai sobre a porosidade efetiva, ou seja, aquela que reflete o grau de

intercomunicação entre os poros, permitindo assim a percolação da água. A porosidade efetiva representa apenas uma pequena parcela da porosidade total (Azevedo e Albuquerque Filho, 1998).

A permeabilidade consiste na propriedade dos aquíferos de permitir o fluxo livre das águas. Para que um material seja permeável é necessário que seus poros tenham aberturas capazes de permitir o fluxo da água e que estes poros estejam conectados entre si, para que o fluxo se processe (Zimbres, 2003).

A permeabilidade pode ser avaliada através do cálculo da capacidade específica de campo, através de ensaios de bombeamento, com duração de 24 horas.

De acordo com Mente (1983) a produtividade do aquífero pode ser:

- a – Muito elevada – poços com capacidade específica superior a $4 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}$ e vazão $> 100 \text{ m}^3/\text{h}$ para o rebaixamento do nível de água de 25m;
- b – Elevada a média – poços com capacidade específica entre 4 a $1 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}$ e vazão entre 100 a $25 \text{ m}^3/\text{h}$, para rebaixamento de 4 a 25m ;
- c – Média a fraca – poços com capacidade específica de 1 a $0,13 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}$ e vazão entre 25 a $3,25 \text{ m}^3/\text{h}$, para rebaixamento do nível d'água de 25m;
- d – Muito fraca – poços com capacidade específica $< 0,13 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}$ e vazão entre $< 3,25 \text{ m}^3/\text{h}$, para rebaixamento do nível d'água de 25m;

O conceito de infiltração foi introduzido no ciclo hidrológico por Horton (1933), que definiu a capacidade de infiltração potencial como sendo a taxa máxima à qual um dado solo pode absorver a precipitação numa certa condição e foi ilustrada na figura 2 (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

A vazão, ou volume escoado por unidade de tempo, é a principal grandeza que caracteriza um escoamento. Normalmente é expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em litros por segundo L/s (Vilella e Mattos, 1975).

A vazão de exploração corresponde à vazão utilizada para a verificação de condições de produção do poço. É a vazão ótima, que visa o aproveitamento técnico e econômico do poço; fica situado no limite do regime laminar e deve ser definida pela curva característica do poço (curva-vazão/rebaixamento). A vazão de exploração envolve a avaliação de três vazões distintas: vazão máxima possível; vazão máxima permissível pelo furo e vazão máxima permissível pelos filtros. Adota-se como vazão de exploração a menor das três vazões (NBR 12212, 1992).

A vazão de qualquer poço de abastecimento depende de três elementos: o aquífero, o poço e a bomba. A queda de vazão é devida a uma mudança destes elementos. A vazão de um

poço depende do rebaixamento e da capacidade específica. A capacidade específica é a vazão por unidade de rebaixamento (Heath, 1975).

O Sistema de poço(s) deve assegurar vazão contínua e constante sem prejuízo da qualidade da água durante a sua vida útil, deve ser controlada e monitorizada como parcela do recurso hídrico regional, através de poço(s) piezométrico(s), (NBR 12212, 1992).

2.8.1. Balanço hídrico climatológico

A disponibilidade de água depende do balanço entre chuva e evapotranspiração, sendo esta última dependente das condições da superfície (tipo de cobertura vegetal, tipos de solo) e da demanda atmosférica (disponibilidade energética, umidade do ar, e velocidade do vento). A disponibilidade hídrica no solo pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, evidenciando as flutuações temporais de períodos com excedente e com deficiência, indicando o período em que ocorrem as recargas dos aquíferos, relacionadas com os excedentes de precipitação, assim como os períodos de escassez de chuva podem indicar déficit no armazenamento de água nos aquíferos (Pereira *et al.*, 2001).

O balanço hídrico é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa em um volume de solo vegetado. A variação de armazenamento de água no volume considerado (ΔARM), por intervalo de tempo, representa o balanço entre o que entrou e o que saiu de água do volume de controle. Adota-se normalmente uma área superficial de $1m^2$ para o volume de controle. O volume de controle torna-se uma função apenas da profundidade do sistema radicular das plantas. No caso do balanço hídrico climatológico, essa área é aquela representada pelo ponto de medida dos elementos climáticos, principalmente a chuva.

O balanço hídrico calculado com valores normais (balanço hídrico normal), torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região. Essa metodologia também se aplica quando se quer fazer o acompanhamento da disponibilidade regional, em tempo real, calculando-se o balanço em períodos seqüenciais ao longo do ano ou dos anos e não mais com valores normais. Nessa situação, o balanço hídrico é dito seqüencial ou seriado (Pereira *et al.*, 2001).

3. METODOLOGIA

3.1. Material e método

Inicialmente fez-se necessário executar a delimitação do Campus da UFSM. Para este procedimento utilizou-se como base a Carta Topográfica de Camobi, Folha SH.22-V-C-IV-2, MI-2965/2-SO, escala 1:25.000, Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 1980; a Planta Parcial de situação e localização do Campus da UFSM, de junho de 2002, em escala 1:5000 cedida pela Prefeitura da UFSM; e o Mapa da Universidade Federal de Santa Maria do Projeto Bacia Escola, em escala 1:7500 Coordenado por Maciel Filho (2000).

Para verificar as condições das águas subterrâneas que abastecem os poços do Campus da UFSM, efetivou-se inicialmente uma coleta de informações, reunindo todos os dados existentes sobre os poços perfurados no Campus. Dentre essas informações buscou-se identificar a localização dos poços, sua sigla, empresa responsável e ano de perfuração, nível estático, nível dinâmico, vazão, altitude, potenciometria, litologia (verificação da existência de perfis geológicos e/ou geofísicos), existência de análises físico-químicas e/ou bacteriológicas.

Buscou-se localizar os poços com o uso do “*Global Position System*” obtendo-se suas coordenadas utilizando-se o datum SAD-69 em coordenadas no Sistema UTM, considerando-se como origem o Equador e o meridiano 51° oeste de Greenwich, acrescida da quilometragem 10.000km e 500km respectivamente e como Datum Vertical Imbituba/SC e Datum Horizontal SAD-69 MG .

Reunidas às informações gerais pré-existentes sobre os poços iniciou-se a confecção de um banco de dados, com o uso do programa Excel 2000, disposto no Anexo 1.

Para estabelecer a qualidade da água dos poços da Universidade Federal de Santa Maria efetivou-se a coleta de dados sobre as análises químicas (pH, cor, turbidez, cloretos, fluoretos, dureza total, cálcio, magnésio, ferro, manganês e Demanda Química de Oxigênio (DQO-KMnO₄)), realizadas pelo Laboratório de Análises Químicas, Industriais e Ambientais (LAQIA) dispostas no Anexo 2. Já as análises bacteriológicas (coliformes totais e fecais) foram realizadas pelo Departamento de Saúde da Comunidade - Centro de Ciências da Saúde, ambos os dados foram cedidos pelo Setor de Hidráulica e Saneamento da UFSM, obedecendo a organização institucional exposta no Anexo 3.

Em complementação aos dados obtidos, foram executadas análises de temperatura (do ar e da água), do pH, da condutividade elétrica, da turbidez, dos sólidos totais, da DBO₅ e dos

cloretos, das águas dos poços PB5 (Centro de Saúde), PB8 (Estrada do Jardim Botânico-Lixão), PB14 (Jardim Botânico), PB18 (Reitoria) e PB20 (Prédio 21), as amostras foram coletados no dia 02 de setembro de 2004, e analisadas no Laboratório de Hidráulica e Saneamento, do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM.

As imagens ilustrativas das condições atuais dos poços e dos reservatórios foram obtidas com câmera digital Olympus Camedia modelo D-390 com 2.0 Megapixel. Foram salvas em computador a partir do aplicativo computacional Olympus Camedia Master Versão 4.10, e importadas para o WORD como arquivo de imagem com a extensão “.jpeg”.

3.1.1. Procedimentos adotados na realização das análises

A temperatura do ar e da água foi obtida com o uso do Termômetro ARBA cuja variação é de 6°C negativo à 66°C positivo. Para obtenção dos valores de pH utilizou-se Terminal multi parâmetros INOLAB, através do qual também foi possível obter os valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Com o uso do Turbidímetro de marca Orbeco modelo 966 realizou-se uma leitura. Como os dados apresentaram certa unanimidade também se utilizou o Turbidímetro Solar Instrumental modelo SL-2K, realizando-se cinco leituras para obtenção dos valores de turbidez, expressa em UT (Unidade de Turbidez).

Para obtenção dos valores de sólidos totais (ST), DBO_5 e Cloretos aplicou-se o procedimento descrito por Da Silva (1977).

A unidade representativa dos sólidos totais (ST) é expressa em mg/L. Os valores deste parâmetro obteve-se através do seguinte procedimento: inicialmente lavou-se bem uma cápsula de porcelana, depois ela foi aquecida a 100°C na estufa durante duas horas, e resfriada no dessecador. Esta cápsula foi pesada na balança analítica de precisão (eletrônica), em gramas, com quatro casas após a vírgula (M_0). Neste recipiente foi colocada a amostra com volume de 250 mL com auxílio de uma proveta. Esta proveta foi lavada com água destilada de maneira a arrastar todos os sólidos para a cápsula. A cápsula de porcelana foi colocada na estufa a 100 °C até secagem completa (24 horas mais ou menos). Após esfriar num dessecador a cápsula de porcelana com resíduo foi pesada novamente (M_1) em gramas, e aplicou-se a Equação 1.

$$\text{ST} = (M_1 - M_0) \times 1000 / V_{\text{aliquota (L)}} \quad (1)$$

Para obtenção da DBO_5 , as amostras coletadas foram colocadas num Becker e em seguida numa proveta para facilitar a medição. Posteriormente, esse volume foi colocado num vidro esterelizado com boca e tampa esmerilhada e etiquetado. Prepararam-se dois frascos com 300 mL de cada amostra, utilizando-se o método de Titulometria.

Um frasco foi analisado e outro foi guardado por cinco dias na incubadora. No frasco analisado com o auxílio de pipetas adicionou-se 1 mL de sulfato manganoso, 1 mL de solução alcalina de iodeto de azida (tampada e agitada por inversões sucessivas) e decantada por três minutos (ficando amarela). Adicionou-se 1 mL de H_2SO_4 concentrado e novamente foi tampada e agitada por inversões sucessivas.

Posteriormente, retirou-se 100 mL e colocou-se no Erlemeyer (com o peixinho) no agitador magnético. A amostra foi titulada com tiosulfato de sódio até ficar com uma cor amarela palha. Adicionou-se 1 mL de amido ficando uma cor azulada. Novamente acrescentou-se tiosulfato de sódio até virar branco. Anotado o volume de tiosulfato de sódio gasto, aplicou-se a Equação 2:

$$OD = (N \times V_{\text{titulado}} \times 8) / V_{\text{amostra}} \quad (2)$$

Onde: $N = 0,012$ (normalidade de tiosulfato de sódio utilizada)

Após cinco dias retirou-se a outra amostra da incubadora, repetiu-se o mesmo procedimento e aplicou-se a Equação 3 para obtenção da DBO_5 .

$$DBO_5 = [(OD_i - OD_5) \times \text{Vol. do frasco}] / \text{Vol. da amostra} \quad (3)$$

Após ser aplicada a Equação 3, devido ao fato das amostras terem ficado seis dias na incubadora ao invés de cinco, utilizou-se um valor de 0,907 (Da Silva, 1977) para correção do cálculo. A concentração da DBO_5 é expressa em mg/L.

Para obtenção dos valores de cloretos, utilizou-se uma amostra de 100 mL, titulada com pH entre 7 e 10; adicionou-se 1 mL de H_2O_2 e agitou-se. Colocaram-se 0,8 mL de H_2SO_4 para corrigir e deixar o pH em torno de 8,5. Adicionou-se 1 mL de indicador K_2CrO_4 a 5%; e titulou-se com $AgNO_3$ (peixinho para agitar) até ficar alaranjado. Fez-se o branco do mesmo modo, o qual serve como referência para a comparação. Tem-se duas Equações para o cálculo, mas neste trabalho utilizou-se a Equação 5.

$$\boxed{[(A - B) \times 500] / V_{\text{amostra(mL)}}} \quad (4)$$

$$\boxed{[(A - B) \times N_{\text{Ag}} \times 35450] / V_{\text{amostra (mL)}}} \quad (5)$$

Onde: A = mL de AgNO₃ gastos para titular a amostra

B = mL de AgNO₃ gastos para titular o branco.

A concentração de Cloro é expressa em mg/L.

De posse das informações coletadas e das análises realizadas elaboraram-se gráficos no programa Excel considerando as datas de última análise disponível, para facilitar a interpretação e a comparação dos resultados entre os poços. Os valores obtidos através das variáveis qualitativas foram comparadas com as normas e padrões de qualidades, recomendados pela Organização Mundial da Saúde e pela Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000 (pois todas as análises foram executadas considerando esta portaria como referência). Em comparação com a nova Portaria nº518 que entrou em vigor em 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, notou-se que para os parâmetros físico-químicos disponíveis utilizados neste trabalho, quanto aos valores máximos permitidos (VMP) não ocorreram alterações na Portaria nº518.

Dessa forma optou-se por discutir nos resultados as normas e padrões de qualidades recomendados pela Organização Mundial da Saúde e pela Portaria nº518/2004 as quais apresentam limites diferentes para alguns parâmetros analisados, tais como: pH, cor, turbidez, flúor e dureza total. Para o cloro, manganês e ferro os limites estabelecidos são os mesmos entre eles, no entanto, não menciona limites recomendáveis para os parâmetros cálcio, magnésio e demanda química de oxigênio (DQO).

Segundo Drewer (1997) o cálcio e o magnésio entram no cálculo para obtenção da dureza total. Neste caso para os poços que não tinham valores de dureza total, mas possuíam os valores de concentração Ca²⁺ e Mg²⁺, estimou-se o valor de dureza total em mg/L de CaCO₃ a partir Equação 6.

$$\boxed{\text{Dureza total (CaCO}_3\text{)} = 2,5(\text{mg/L Ca}) + 4,1(\text{mg/L Mg})} \quad (6)$$

De acordo com o resultado obtido foi possível classificar as águas como *brandas* (dureza total entre 0 e 50 mg/L de CaCO₃), *pouco duras* (dureza total entre 50 e 100 mg/L de CaCO₃), *duras* (dureza total entre 100 e 200 mg/L de CaCO₃) e *muito duras* (águas com

dureza total superior a 200 mg/L de CaCO₃), de acordo com proposição de Custódio e Llamas (1983).

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram obtidos de acordo com a proposição de Mathess (1973) que a partir da condutividade elétrica da água, avaliada em $\mu\text{S}/\text{cm}$, é multiplicada por um valor que varia entre 0,55 e 0,75, adotou-se nesta pesquisa o valor de 0,65, pois este valor é uma estimativa do conteúdo de Sólidos Totais Dissolvidos expressos em mg/L.

A partir desse valor pode-se confrontar com as normas da Resolução N°20/86 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), referente ao enquadramento das classes e uso da água. As águas consideradas doces possuem concentração de sais até 500mg/L, águas com concentrações entre 500 e 3000mg/L são consideradas salobras e águas com concentrações superiores a 3000mg/L são consideradas salinas.

3.1.2. Procedimentos para elaboração dos planos de informação

A potenciometria ou superfície potenciométrica é obtida para cada poço na altura da “boca”, pela relação entre a cota altimétrica do poço (obtida com o uso do “GPS” e ajustada pelo uso da carta topográfica, através de suas curvas de nível) subtraindo-se o nível estático do poço. Ela indica o peso de uma coluna de água sobre um datum, neste caso o nível zero do mar (Datum Vertical Imbituba, SC). Esta superfície indica pontos de igual potencial, traçando-se perpendicularmente a essas a linha de fluxo subterrâneo, que indica uma tendência de movimento das águas subterrâneas sob a ação da gravidade e de parâmetros hidrodinâmicos das rochas (aquíferos), isto é, porosidade, permeabilidade, tipos de estruturas sedimentares primárias, tectonismo (falhas e/ou fraturas), grau de cimentação e outros parâmetros.

Com os dados de nível estático, vazão, altitude e potenciometria dos poços, construiu-se planos de informações (mapas) que demonstram sua variação, onde foram representados apenas 20 poços ativos, pois os outros 2 poços ativos estão situados na Área Nova, não representada nos mapas.

Na elaboração dos planos de informação utilizou-se o Programa *Surfer* 6.0 e 8.0, com o método “*Krigagem*” porque corresponde a um procedimento geostatístico de interpolação, o qual se determina o valor de uma função matemática num ponto interno de um intervalo, a partir dos valores das funções nas fronteiras de determinado intervalo.

Nesta pesquisa escolheu-se como interpolador a *krigagem* por ser o que parece melhor representar a variabilidade dos dados espacializados, anisotropia, variações em diferentes direções, tais como: variação da altitude, variação da profundidade dos poços, variação do nível estático, variação da vazão de exploração e superfície potenciométrica. A interpolação por *krigagem* utilizada no *Surfer* foi a *krigagem* ordinária pontual. Antes de aplicar essa técnica de interpolação, realizou-se um estudo de continuidade espacial sobre os dados. Esse estudo é imprescindível para correta utilização do método, por ser à base da geoestatística e o diferencial sobre os outros métodos de interpolação (Camargo *et al.*, 2004)

Segundo Silva (2003) se tivermos n dados $Z(x_i)$ em posições x_i , admite-se que em cada uma das i posições tem-se uma variável aleatória $Z(x_i)$ e que dada uma posição adicional x_0 tem-se $Z(x_0)$ a qual também é uma variável aleatória em x_0 . Assume-se que estas variáveis aleatórias são um subconjunto de uma função aleatória $Z(x)$, com estacionariedade de segunda ordem sobre um domínio D . O que se tem em mente, é estimar (ou “*krigar*”) $Z(x_0)$ em uma posição pontual conhecida x_0 baseando-se nos dados disponíveis $Z(x_i)$, disponíveis nas proximidades deste ponto.

Posteriormente esses planos de informação foram exportados do *Surfer* e importados para o programa Corel Draw 10 onde receberam a edição final.

Em complementação ao mapa da superfície potenciométrica, elaborou-se um plano representando os poços com sua profundidade e o nível estático. Os poços foram dispostos conforme sua altitude em relação ao nível do mar, essa considerada como datum vertical. Posteriormente traçou-se a direção de fluxo subterrâneo da água no sentido perpendicularmente ao perfil dos poços PB-3, PB-5, PB-8, PB-9, PB-11, PB-12, PB-14, PB-15, PB-16, PB-18, PB-19, PB-20, PB-21, PB-22, INPE-N e INPE-S, dos quais dispunha-se informações do nível estático.

Para elaboração do mapa geológico do Campus da UFSM utilizou-se como base o Mapa Geológico da Folha de Camobi, SH.22-V-C-IV-2, MI-2965/2, escala 1:50.000, Coordenação Geral Maciel Filho, 1988.

Também foram construídos cortes transversais com o perfil litológico dos poços PB-3, PB-5, PB-6 (desativado), PB-8, PB-9, PB-19, PB-20, PB-21, PB-22, INPE-N e INPE-S; e o perfil geológico dos poços PB-20, PB-21, PB-22, INPE-N e INPE-S.

3.1.3. Procedimentos para elaboração do balanço hídrico climático

Posteriormente, coletaram-se dados sobre as variáveis climáticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e evaporação) disponibilizados pela Estação Meteorológica da UFSM, e efetivou-se o cálculo do Balanço Hídrico climático conforme o roteiro proposto por Thorntwaite e Mather (1955) simplificado por Camargo (1962) na estimativa da ETP (evapotranspiração potencial); tomando-se como base os dados médios mensais para os anos de 2002, 2003 e 2004. Complementou-se esses dados com os valores de Balanço hídrico climático dos anos de 2000 e 2001 efetivados por Osório *et al.* (2002).

As etapas efetuadas para determinação do Balanço Hídrico Climático obedeceu sistematicamente o preenchimento das colunas de uma tabela conforme descritos por Pereira *et al.* (2001), dispostos da seguinte maneira:

1ª Coluna (T °C = temperatura do ar): com os valores de temperatura média do ar do local em função dos meses correspondentes.

2ª Coluna (ETT= evapotranspiração tabular): determinou-se mensalmente a evapotranspiração tabular não corrigida pelo método de Thornthwaite simplificado por Camargo.

3ª Coluna (Cor = correção de ETT): expôs-se os valores da correção de ETT para cada mês, em função da latitude (esta correção é dada em função do fotoperíodo e do número de dias do mês).

4ª Coluna (ETP = evapotranspiração potencial): preencheu-se com dados de evapotranspiração potencial (obtidos pela Equação 7) que representa a perda potencial de água por uma superfície vegetada com grama em crescimento ativo e sem falta de água.

$$\boxed{ETP = 30 ETT Cor} \quad (7)$$

5ª Coluna (P = precipitação pluviométrica): completou-se com as alturas pluviométricas mensais.

6ª Coluna (P-ETP): correspondentes aos valores da diferença entre as colunas 5ª (P) e 4ª (ETP), mantendo-se o sinal positivo ou negativo. Os valores positivos indicam chuva em excesso, e valores negativos representam perda potencial de água nos meses secos quando o solo dispõe armazenamento restrito de água.

7ª Coluna (NEG.ACUM= negativos acumulados de P-ETP): compreendeu o somatório seqüencial dos valores negativos acumulados da 6ª coluna (P-ETP).

Para obter-se o negativo acumulado final (NEG ACUM final) soma-se o valor de (P-ETP) positivo final ao (ARM) do mês anterior, assim obtém-se simultaneamente o (ARM) do mês em questão que não deve ultrapassar o CAD, logo se aplica a Equação 8.

$$\boxed{\text{NEG ACUM} = \text{CAD} \cdot \ln \left[\frac{\text{ARM}}{\text{CAD}} \right]} \quad (8)$$

8ª Coluna (ARM = armazenamento de água no solo): representou-se os valores de armazenamento de água no solo, obtidos a partir da Equação 9.

$$\boxed{\text{ARM} = \text{CAD} \cdot e \left[\frac{\text{NEG ACUM}}{\text{CAD}} \right]} \quad (9)$$

O valor do CAD (capacidade de água disponível no solo) varia para cada tipo de cultura, adotou-se CAD igual a 100mm como um valor médio para culturas perenes (Pereira *et al.*, 2001)

9ª Coluna (ALT = alteração do armazenamento de água): compreendeu os valores de alteração do armazenamento de água, obtidos pela Equação 10.

$$\boxed{\text{ALT} = (\text{ARM do mês em questão}) - (\text{ARM do mês anterior})} \quad (10)$$

10ª Coluna (ETR = evapotranspiração real): representou-se os valores de evapotranspiração real, ou seja, aquela que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo. Existem duas situações distintas que foram consideradas para o cálculo:

$$\text{Quando: } \boxed{P - \text{ETR} \geq 0} \quad \text{ETR} = \text{ETP} \quad \boxed{\text{ALT} \leq 0} \quad \text{ETR} = P + |\text{ALT}|$$

11ª Coluna (DEF = deficiência hídrica): representou-se os valores de deficiência hídrica, ou seja, a falta de água no solo, sendo calculada pela Equação 11.

$$\boxed{\text{DEF} = (\text{ETP}) - (\text{ETR})} \quad (11)$$

12ª Coluna (EXC = excedente hídrico): completou-se com os valores do excedente hídrico, que significa a quantidade de água que sobra no período chuvoso e se perde por

percolação (drenagem profunda ou recarga aquífera) e/ou escoamento superficial, obedecendo duas situações:

Quando: $\boxed{\text{ARM} < \text{CAD} \quad \text{EXC} = 0}$

$\boxed{\text{ARM} = \text{CAD} \quad \text{EXC} = (\text{P} - \text{ETP}) - \text{ALT}}$

3.1.4. Procedimento adotado para medição do nível da água no Poço PB17

A variação do nível da água no poço PB-17 (Biblioteca, desativado e sem bomba submersa) foi verificada com Medidor Jaciri com cabo de 100 metros, efetivando-se medições mensais durante o período de 17/07/2003 a 17/12/2003 e medições semanais durante o período de 06/01/2004 a 22/07/2004 (Anexo 4). Posteriormente esses dados foram comparados com os valores do balanço hídrico climatológico desse período, portanto realizou-se a média mensal do nível da água do poço PB17 para o ano de 2004. Salienta-se que os dados de 21/07/2004 e 22/07/2004 foram desconsiderados porque houve desmoronamento do poço, não sendo mais possível obter-se medições confiáveis do nível de água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Informações sobre os poços

4.1.1. Poços ativos

Para o uso sustentável da água subterrânea é importante considerar também sua extração por meio de poços, neste sentido destaca-se que o Campus da UFSM é totalmente abastecido por água subterrânea através de poços tubulares, sendo 40 poços perfurados ao longo dos anos, mas atualmente 20 estão desativados e 20 poços estão ativados. Destes 20, em 3 as águas são explotadas por meio de compressor e são denominados poços “P”; enquanto os 17 poços restantes, extraem água por bomba submersa e são nomeados “PB”. Uma exceção é o Poço PB11, que funcionou com bomba submersa por longo tempo, mas nos últimos quatro anos a água vem sendo extraída por meio de compressor, buscando-se diminuir a concentração de ferro na água.

Na Área Nova adquirida recentemente pela UFSM encontram-se dois poços ativos com compressor (P-17 e P-18) além de um poço desativado (P-16) que também tinha compressor. O poço P-19 (desativado) localiza-se no centro de Santa Maria, no Antigo Hospital Universitário e por pertencer a Universidade também está sob responsabilidade do Setor de Hidráulica e Saneamento da UFSM assim como os demais.

De modo a atender a demanda necessária e abastecer cerca de 172 reservatórios do Campus da UFSM, estes poços estão distribuídos em setores conforme descrito abaixo e representado no Anexo 4, sendo a escala original 1:100.

Setor 1 – este setor é alimentado pelos poços PB3 (Planetário); PB8 (Estrada Jardim Botânico) e PB20 (Prédio 21). Eles suprem o reservatório central (com capacidade para 500m³ de água) que redistribui para a Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (Prédio 02); Centro de Conveniências e Posto de Abastecimento (Prédio 03); Creche (Prédio 04); Colégio Técnico Industrial (Prédio 05); Imprensa Universitária (Prédio 06); Centro de Tecnologia (Prédio 07); Pavilhão de Laboratórios do C.T. (Prédio 10); Gerador de Nêutrons (Prédio 11); Posto de Vigilância (Prédio 12); Centro de Ciências Naturais e Exatas (Prédio 13); Ciência Viva (Prédio 13A); Centro de Educação Letras e Biologia (Prédio 16); Geociências, Anfiteatros A-B (Prédio 17); Química, Anfiteatros C (Prédio 18); Morfologia, Anfiteatros D-E (Prédio 19); Patologia, Anfiteatros F-G (Prédio 20); Fisiologia, Anfiteatros H-I (Prédio 21); Hospital Universitário (Prédio 22); Hospital Universitário - Setor Psiquiátrico (Prédio 23); Hospital Universitário - Pavilhão Mecânico (Prédio 24); Hospital Universitário -

Cobaltoterapia (Prédio 25); Centro de Ciências da Saúde (Prédio 26); Biblioteca Central (Prédio 30); União Universitária (Prédio 31); Almojarifado Central (Prédio 64); Manutenção-Prefeitura (Prédio 65) e FATEC (Prédio 66).

A perfuração do poço PB3 (Figura 5) teve início em 05/02/1976 e conclusão em 07/03/1976. As entradas de água encontram-se a 26,81metros; 43,23metros e 49,15metros, é revestido totalmente até 49,75m com canos de diâmetro de 203mm, sendo até os 28,81m revestimento por cano liso, ranhurado até 43,23m, e novamente é revestido por cano liso até 49,15m.

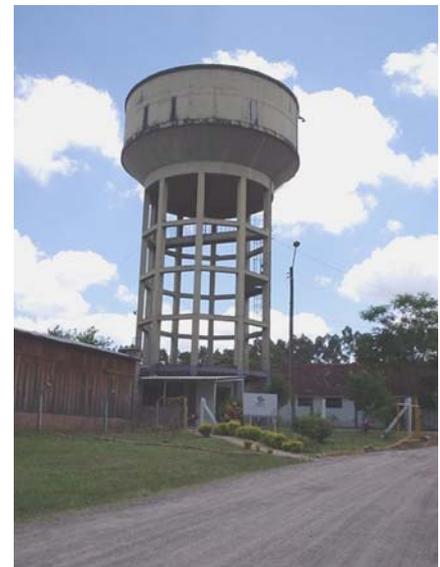


FIGURA 3 - Poço PB3 (Planetário) e Reservatório Central. Data: 26/11/2004

A perfuração do poço PB8 (Figura 6a) teve início em 13/01/88 e conclusão em 22/01/88. Possui entradas de água nos 21,00m e 36,00m e é totalmente revestido. No dia 12/05/2004 trocaram a bomba submersa (Figura 6b) e colocaram uma nova com potência de 8,5HP, com profundidade de 42m. Mediu-se o nível estático, ficando em 24m e o nível dinâmico em 28,50m.

O volume explotado foi de 1000 L em 165 segundos equivalente a 6L/s que é igual a 21,6m³/h. Para comparação dos níveis medidos durante a perfuração em 1988, Anexo 1, notou-se que o nível estático manteve-se na mesma profundidade enquanto o nível dinâmico apresentou uma melhor recuperação durante o teste realizado em 2004, com duração de uma hora de bombeamento. Acredita-se que um teste de bombeamento com duração de 24 horas como aquele realizado em 1988 pela CORSAN mostre uma recuperação mais lenta, indicando

um maior rebaixamento do nível dinâmico. Também se sugere que o teste seja executado com uma bomba submersa de mesma capacidade de exploração para comparação dos resultados.

No mesmo dia em que houve a troca da bomba do poço PB8 não foi possível funcionar a lavanderia do Hospital Universitário. Constatou-se que o poço PB8 recebe cloração, tendo em vista a presença de coliformes fecais em vários laudos. O clorador (Figura 6c) fica dentro de uma edícula (Figura 6d) de aproximadamente 2m x 3m e possui uma torneira direta do poço. Esse clorador chama-se Hidrogetor Guarujá tendo uma escala de zero a 16 L/h é o mesmo que regula a entrada de cloro injetada por tubulação no poço. A quantidade do cloro é dosada automaticamente e varia conforme a concentração desejada. Os fios da bomba submersa estão sem proteção, isto é, ao ar livre representando perigo aos visitantes, sugere-se a construção de uma área cercada e de selo sanitário de concreto para evitar a contaminação do poço.



FIGURA 4 - Poço PB8 (Estrada Jardim Botânico) em 26/11/2004 e troca de bomba em 12/05/2004.

Em 28/12/1995 foi assinado o contrato da construção do poço PB20 - Prédio 21 Básicos (Figura 5) mediante o qual a CPRM se propunha à construção de um poço tubular com água à 100m de profundidade e 12” de diâmetro. Utilizaram polímero biodegradável na perfuração e

o diâmetro definitivo foi de 6" com uma seção tubular composta por 76m de revestimento liso e de 24m de filtro galvanizado de ranhura contínua, com espiras de perfil trapezoidal e espaçamento de 0,75mm; no espaço anular, encascalhamento artificial até a boca com pré-filtro de 1 a 2mm de intervalo granulométrico. O poço foi iniciado em 26/01/1996 e concluído no dia 08/02/1996, com perfil construtivo praticamente igual ao projetado, com 102m de profundidade, vazão 4,2 m³/h, nível estático 40m, nível dinâmico 66,9m e condutividade elétrica de 350 µS/cm. Hoje o nível estático está em 21,5m, a vazão em 8,0 m³/h, com uma bomba de 7,5 HP na profundidade de 84m e condutividade elétrica de 350 µS/cm. Tem uma torneira que facilita a retirada de água direto do poço, mas por outro lado pode causar problemas de contaminação porque tem pessoas que se lavam e também lavam utensílios de toda natureza, porque possuem livre acesso, o poço ainda não possui sistema de proteção.



FIGURA 5 – Poço PB20 (Prédio 21-Básicos) em 26/11/2004

Foi executado com selo sanitário em concreto de acordo com as normas construtivas da NBR12212 e 12244/1992, constatou-se que neste poço tubular havia uma análise da concentração de alumínio de 11,5mg/L, realizada pela CPRM, no ano de 1996. Em 12/05/2004 foi coletada uma nova amostra de água e encaminhada ao LAQIA/UFSM, que utilizou espectrofotometria de absorção atômica, resultando na concentração de 32,5 µg/L (0,032mg/L) de alumínio.

Informa-se em 1996 seguia-se a Portaria nº36 de 19/01/90 do Ministério da Saúde que não apresentava exigências de concentração máxima de alumínio, atualmente fixado em 0,2mg/L segundo a Portaria Nº518/04. Acredita-se que os diferentes valores de concentração de alumínio tenham ocorrido devido a: - contaminação da amostra de água subterrânea encaminhada ao laboratório para análise; ou, - amostra coletada num curto espaço de tempo

entre a perfuração e a coleta de água para análise. Deve-se salientar que concentrações elevadas de alumínio podem produzir diversos prejuízos à saúde humana, dentre eles o mal de Alzheimer. Assim este trabalho contribui para desfazer um erro de amostragem e deixar a comunidade de usuários mais tranqüila.

Setor 2 - os poços PB5 (Centro de Ciências da Saúde) e PB15 (Madame) abastecem partes dos reservatórios do Hospital Universitário (Prédios 23 e 25) e Prédios da Madame (Departamento de Fitotecnia).

As obras do poço PB5 (Figura 8) tiveram início em 07/08/1981 e conclusão em 08/08/1981. Possui revestimento total com cano liso de 152mm e cimentação de 90,40m a 92,00m com cano de 254mm. As entradas de água são em 15,80m; 22,60m; 57,00m; 77,00m e 81,00m. Portanto em número de cinco, sendo a água explotada de uma mescla destes diferentes níveis. Nesse poço já foi instalado clorador devido à ocorrência de coliformes fecais em diversas análises bacteriológicas uma das causas seria dele encontrar-se muito próximo de uma sanga que transporta esgotos não tratados, oriundos da porção Oeste do Bairro Camobi, associado a mais rasa de suas entradas d'água e que pode estar sofrendo contaminação da superfície, conforme análises de água superficiais analisadas por Reetz (2002). Em 31/07/2002 a bomba submersa foi substituída por uma de maior potencia 7,5 Hp, situada na profundidade de 85m. O nível estático que em 1981 era de 9,10m passou a ser de 50,2m e o nível dinâmico que era de 72,97m passou a ser 72m. A provável causa do nível estático estar tão profundo seria o entupimento de um dos filtros ou a retirada excessiva de água com abaixamento do nível estático.



FIGURA 6 - Poço PB5 (Centro de Ciências da Saúde) em 26/11/2004.

O poço PB15-Madame (Figura 7) possui uma bomba com potência de 7,5Hp numa profundidade de 70m. Este poço está distante do PB17 - 360m, do PB20 - 575m, do PB8 - 971m e do PB14 - 1774m, calculado utilizando-se as coordenadas UTM e o uso da fórmula da distância entre dois pontos.



FIGURA 7 - Poço PB15 (Madame) em 26/11/2004.

Setor 3 - o poço PB18 (Reitoria) abastece os reservatórios do Alojamentos-CEU-2 (Prédio 32); Alojamentos (Prédio 33); Apartamentos (Prédios 33, 34, 35, 36); Administração Central (Prédio 47); CPD-COOPERVES (Prédio 48) e Memorial Mariano da Rocha (em construção). O poço PB18 (Figura 9) tem uma diâmetro de 4" e bomba submersa com potência de 4,0 Hp, disposta numa profundidade de 42m, foram colocados canos plásticos Fortil de 6m de comprimento com ranhuras em conexões de 3m para entradas d'água. No dia 24/09/2002 foi reinstalada bomba submersa, mas antes realizou-se a desinfecção do poço com hipoclorito de sódio. Este poço havia sofrido desmoronamento e foi reperfurado pela Hidrogeo.



FIGURA 8 – Poço PB18 (Reitoria) em 26/11/2004

Setor 4 – neste setor apenas o poço PB19 (Torrão Paulista) supre os reservatórios do Centro de Artes, Anfiteatro J (Prédio 40); Centro de Ciências Rurais CCR-1, Anfiteatro M (Prédio 42); Centro de Ciências Rurais-CCR-2 (Prédio 44) e Planetário (Prédio 45). O poço PB19 (Figura 9) data de início 19/01/1995 e término 23/01/1995, tem 10” de diâmetro de perfuração entre 0,00 e 100,00m e 16” de diâmetro entre 100,00m e 128,00m. Possui revestimento PVC, com filtros geomecânicos de 6”. Suas quatro entradas de água estão a 22,00m, 64,00m, 81,00m e 114,00m de profundidade. A bomba submersa tem potência de 7,50 Hp e foi instalada a uma profundidade de 90,00m, utiliza uma voltagem de 380,00V em rede trifásica, cabo elétrico 3x4mm. Possui vedação sanitária com cimentação de 0,00 até 17,00m. Encontra-se executado com selo sanitário de concreto e está protegido, possui torneira para efetuar coletas.



FIGURA 9 – Poço PB19 (Torrão Paulista) em 26/11/2004

Setor 5 - o poço PB11 (Colégio Agrícola) alimenta os reservatórios: Lisímetros (Prédio 69); Colégio Agrícola de Santa Maria (Prédio 70); Pavilhão de Utilidades-CASM (Prédio 71); Máquinas Agrícolas-CASM (Prédio 72); Oficina Rural (Prédio 73); Apiário (Prédio 74); Pavilhão de Mecânica Agrícola (Prédio 75); Viveiro Florestal (Prédio 76); Central de Incubação Avícola e Aviários (Prédio 81); Laboratório da Várzea (Prédio 85); Laboratório de Biotecnologia (Prédio 87) e Laboratório de Produção Florestal (Prédio 88).

O poço PB11 tem bomba submersa com potência 5,0 Hp na profundidade de 42m. Possui selo sanitário em desacordo com normas da ABNT 12212 e 12244/1992, não tem proteção e os cabos elétricos estão soltos. Nota-se (Figura 10) falta de caixa de concreto para proteção externa. Este poço tubular foi executado no ano de 1985 (Anexo 2), portanto antes de ser exigido o selo sanitário. Sugere-se que seja executada a obra de construção de selo

sanitário em concreto visando adequá-lo as normas da ABNT, protegendo as águas de contaminação a partir de águas superficiais do terreno.



FIGURA 10 – Poço PB11 (Colégio Agrícola) em 26/11/2004

Setor 6 - o poço PB9 (Laticínios) atende a demanda da Usina Escola de Laticínios (Prédio 95). O poço PB9 (Figura 11) teve início em 10/12/87 e conclusão em 08/01/88. É utilizado para lavagem de equipamentos e insumo para os laticínios. Hoje está funcionando com compressor que injeta ar no poço tubular para explotar água.



FIGURA 11 – Poço PB9 (Laticínios) e reservatório em 26/11/2004

Setor 7 - o poço PB12 (Parque de Exposições) supre o Pavilhão de Ginástica (Prédio 56); Pavilhão de Esportes (Prédio 57); Parque de exposições (Prédios 60 e 61) e Olaria situada no Campus da UFSM. Este poço (Figura 12) possui uma bomba submersa de 7,5 Hp instalada a 54m de profundidade. Este poço possui selo sanitário de concreto, mas suas dimensões são mínimas e devem ser ampliadas.



FIGURA 12 – Poço PB12 (Parque de Exposições) e reservatório em 26/11/2004

Setor 8 - os poços P1 (Piscina Térmica) e PB16 (Ginásios-CEFD) abastecem o Centro de Educação Física e Desportos-Estádio (Prédio 51); Piscina Térmica (Prédio 54) e Quadras de Esportes (Prédio 55). O poço P1 funciona com automático sistema de bombeamento, enquanto o poço PB16 tem uma bomba submersa com potência de 7,5 Hp numa profundidade de 72m. O poço P1 tem selo sanitário em concreto e é revestido com tampa metálica, o poço PB16 encontra-se revestido em caixa de concreto, com tampa metálica móvel, conforme ilustrado na Figura 13 que também apresenta o reservatório da piscina do Centro de Educação Física e Desporto-CEFD, com capacidade de 100 m³ de água.



FIGURA 13 – Poço PB16 (Ginásios CEFD), Poço P1 (Piscina Térmica) e reservatório do CEFD em 26/11/2004

Setor 9 - o poço PB13 (Marrecos de Pequim) conforme a Figura 14 abastece o setor da Piscicultura (Prédio 84), não possui muitas informações mas sabe-se que ele existe há mais ou menos 13 anos.



FIGURA 14 – Poço PB13 (Marrecos de Pequim) e reservatório em 26/11/2004

Setor 10 - o poço PB14 (Jardim Botânico), Figura 15, alimenta os Experimentos e sua bomba submersa tem potência de 5 Hp, foi instalada a uma profundidade de 72m. O volume do reservatório que recebe água deste poço é de 30.000L e a última limpeza foi realizada em 05/04/2004. Observando-se a Figura 15 nota-se que o poço PB14 não possui selo sanitário em concreto, logo está em desacordo com as normas 12212 e 12242/1992 da ABNT.



FIGURA 15 – Poço PB14 (Jardim Botânico) e reservatório em 26/11/2004

Setor 11 - Poço PB21 (Hospital de Clínica Veterinária), Figura 16, atende a demanda do Hospital de Clínicas Veterinárias (Prédio 97) e o Biotério Central (Prédio 98). Suas obras tiveram início em 01/11/2003 e término 03/11/2003 é totalmente revestido e possui 8” de diâmetro de perfuração, sendo apenas 4” o diâmetro útil. As entradas de água estão a 28m com vazão de 0,50m³/h e a 31m com vazão de 7,00 m³/h. No ensaio preliminar de teste de bombeamento realizado com compressor em 02/11/2003 a vazão foi de 7,50 m³/h com nível estático de 21,60m. No ensaio com bomba submersa em 08/11/2003 a vazão foi de 9,00 m³/h com nível estático de 21,60m e nível dinâmico de 58,40m. A Capacidade Específica do Campo foi igual a 0,24456522m³/h/m. Assim foi instalada uma bomba submersa com potência de 5,50 Hp; 4,10 kW com 22 estágios, diâmetro de 4”, marca VANDRO, profundidade instalada 66,00m, voltagem 380,00V, rede trifásica, cabo elétrico 3x4mm e Tubulação/Adução 1,1/2” galvanizado.



FIGURA 16 – Poço PB21 (Hospital de Clínica Veterinária) e reservatório em 26/11/2004

Setor 12 - o poço PB22 (Tambo) mantém a Fitotecnia (Prédio 77); Zootecnia (Prédio 78); Fábrica de Rações (Prédio 80); Cabanha de Ovinos (Prédio 82); Horticultura (Prédio 86); Estação de Meteorologia (Prédio 93); Observatório Astronômico (Prédio 94); Laboratório de Nutrição Animal e Tambo (Prédio 96). O poço PB22 (Figura 17) teve início em 04/11/2003 e término em 07/11/2003 é totalmente revestido, possui 08” (203,20mm) de diâmetro de perfuração de 0,00 até 70,00m de profundidade. Os revestimentos são de 8” de diâmetro situados entre 0,00m e 10,50m de profundidade compostos por aço preto-calandrado e com PVC– Geomecânico de 4” (101,60mm) de diâmetro até 70,00m. Foram instalados pré-filtros com granulometria de 1-2mm (areia grossa) na profundidade de 20m até 70,00m. As entradas de água são aos 31m com vazão de 4,00m³/h; aos 37m com vazão de 9,00 m³/h.

No ensaio preliminar de teste de bombeamento realizado com compressor em 08/11/2003 a vazão foi de 13,00 m³/h. No ensaio com bomba submersa em 08/11/2003 a vazão foi de 9,00 m³/h com nível estático de 22,80m e nível dinâmico de 39,79m. A Capacidade Específica do Campo foi calculada em 1,62703379 m³/h/m. Instalou-se uma bomba submersa com potência de 6,00 Hp, com 4,47 kW com 18 estágios, diâmetro de 1,1/2”, marca VANDRO, instalada na profundidade de 60,00m com voltagem de 380,00V, rede trifásica, cabo elétrico 3x4mm e Tubulação/Adução 1,1/2” galvanizado. O selo sanitário em concreto pode ser ampliado objetivando-se maior proteção das águas subterrâneas. A Figura 17 também apresenta o reservatório do Tambo, com capacidade de 100m³ de água.



FIGURA 17 – Poço PB22 (Tambo) e reservatório em 26/11/2004

Setor 13 – o poço P12 (Suinocultura), Figura 18, abastece a Pocilga (Prédio 83), este poço não possui muitas informações, mas durante os trabalhos de campo executados em 2004 foi relatado que havia óleo proveniente do compressor na caixa d'água. Esta falta de manutenção e cuidados pode estar associado ao fato desta água ser destinada para o uso dos animais. Observando-se a Figura 18 verifica-se que o poço P12 não possui selo sanitário de concreto e o reservatório que abastece a suinocultura (Figura 19) tem capacidade de 8,680 m³ de água.



FIGURA 18 – Poço P12 (Suinocultura) em 26/11/2004



FIGURA 19 – Reservatório do Prédio 83 em 26/11/2004

Setor 14 – o poço P20 (Figura 20) supre a área de experimentos de agricultura do Departamento de Solos. Este poço não tem proteção, e normalmente é feita a lavagem de utensílios agrícolas ao seu redor gerando a possibilidade de estar contaminado com agrotóxicos (Roundup, propanil e basagran). Buscando identificar a presença de agroquímicos foi coletada uma amostra, em maio de 2004, cujos resultados ainda estão em fase de execução pelo Laboratório de Resíduos de Pesticidas (LARP). Neste setor ainda existe um antigo depósito de agroquímicos que podem estar contribuindo para afetar a qualidade das águas deste poço. Informa-se que desde o período da coleta da amostras este poço está desativado para estudos da água no Laboratório de Pesticidas no Prédio 17.





FIGURA 20 – Poço P20 (Departamento de Solos) em 26/11/2004

Setor 15 – os poços INPE Sul e INPE Norte abastecem as instalações do INPE (Prédio 08). O poço INPE Sul (Figura 20), teve início em 12/12/2000 e término em 13/12/2000, totalmente revestido, e diâmetro útil de 4". Até 15,00 foi usado aço preto calandrado de 8" e de 0,00m até 112m PVC – Geomecânico de diâmetro 4". Suas entradas de água situam-se a 28m com vazão de 1,00 m³/h; 37m com vazão de 3,00 m³/h; 49m com vazão de 1,00 m³/h; 56m com vazão de 2,00 m³/h, 84m com vazão de 0,50 m³/h; 91m com vazão de 0,50 m³/h; 101m com vazão de 0,50 m³/h; 110m com vazão de 2,00 m³/h. No ensaio preliminar de teste de bombeamento realizado com compressor em 12/2000 a vazão foi de 10,50 m³/h com nível estático de 23,00m. No ensaio com bomba submersa em 22/12/2000 a vazão foi de 8,00 m³/h com nível estático de 22,00m e nível dinâmico de 27,30m. Sua Capacidade Específica do Campo foi de 1,50943396 m³/h/m e uma capacidade máxima com vazão 20,00 m³/h e nível dinâmico de 60,00m. Possui bomba submersa com potência de 5,50 Hp 4,10 kW com 34 estágios, diâmetro de 4", marca VANDRO, profundidade instalada 90,00m, voltagem 380,00 V, rede trifásica, cabo elétrico 3x4mm e Tubulação/Adução 1,1/4" galvanizado.

Observando-se a Figura 20, nota-se que o Poço INPE Sul encontra-se revestido com caixa de concreto e tampa removível, enterrada abaixo do nível do terreno. Ressalta-se que não existe torneira para coleta de amostras nem cano de PVC plástico para executar a medição do nível estático.



FIGURA 21 – Vista superior do poço INPE Sul em 26/11/2004

A construção do poço INPE Norte (Figura 22) teve início dia 17/07/2001 e término em 18/07/2001, ele é totalmente revestido, diâmetro útil 4". Até 05,00 foi usado aço preto calandrado de 8" e de 0,00m até 120m PVC – Geomecânico de diâmetro 4". Suas entradas de água estão a 27m com vazão de 2,50 m³/h e a 87m com vazão de 1,50 m³/h. No ensaio preliminar de teste de bombeamento realizado com compressor em 19/07/2001 a vazão foi de 5,00 m³/h com nível estático de 25,00m. No ensaio com bomba submersa em 20/07/2001 a vazão foi de 5,14 m³/h com nível estático de 23,50m e nível dinâmico de 55,25m. A capacidade específica de campo calculada foi de 0,16189m³/h/m. Este poço possui uma bomba submersa com potência de 4,00 Hp 2,98kW com 20 estágios, diâmetro de 4", marca VANDRO, profundidade instalada 102,00m, voltagem 380,00V, rede trifásica, cabo elétrico 3x2,5mm e Tubo/Adução 1" galvanizado. Verifica-se na Figura 23 que há infiltração de águas superficiais nesta caixa de concreto, que pode afetar a qualidade da água neste poço.



FIGURA 22 – Vista superior do poço INPE Norte em 26/11/2004



FIGURA 23 – Poço INPE Norte em 26/11/2004

Utilizando-se estes dois poços executados pela mesma empresa perfuradora, em profundidades semelhantes, nota-se que existem diferenças significativas nas entradas de água em poços distando cerca de 103 metros. Conforme demonstrado no Quadro 1, não existe uma continuidade lateral entre as entradas de água no poço INPE Sul e INPE Norte, bem como apresenta uma significativa diferença entre as vazões.

QUADRO 1 – Comparativo entre os poços INPE Sul e INPE Norte.

Entradas d'água do poço INPE Sul		Entradas d'água do poço INPE Norte	
Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)
		27,00	2,50
28,00	1,00		
37,00	3,00		
49,00	1,00		
56,00	2,00		
84,00	0,50		
		87,00	1,50
91,00	0,50		
101,00	0,50		
110,00	2,00		

Obs.: Vazões aproximadas medidas com ar comprimido.

Fonte: HIDROGEO Poços Artesianos. Data: 31/10/2003

Setor 16 - o poço P17 (Área Nova Torre) abastece com água para consumo humano o pessoal da manutenção da Torre e também supre as necessidades do pessoal que trabalha com o rebanho. e lidas de campo com água no galpão e banheiros de animais. O poço P17 tem vazão de 1,50 m³/h. Situa-se próximo a Vila Maringá e entrada para o Hotel Morotin, fora do Campus da UFSM e denominada-se Área Nova.

Setor 17 - o poço P18 (Área Nova Zootecnia) supre as necessidades domésticas dos trabalhadores e do confinamento de bovinos. Este poço é automático possui profundidade de 100m. A mangueira é perto do poço, distante mais ou menos 100m, à parte de proteção do poço é bem executada, mas distante uns 10m encontra-se o poço P16 (desativado) que está pouco protegido, mas a “boca” permite a entrada de insetos como foi comprovado pela presença de ninho de marimbondos. Essa área serve de confinamento para animais. Tem ao redor 655 cabeças de bovinos distribuídos em uma área de mais ou menos 600 hectares. Essa água é para uso doméstico e para dessedentação dos animais confinados.

4.1.2. Poços desativados PB (com bomba submersa) e P (com compressor)

Poço PB1 - Colégio Agrícola: desativado por envelhecimento, revestimento de ferro, pois a acidez da água ataca o ferro, oxida, rompe e desmorona o poço.

Poço PB2 - Edifício da Administração Central: desativado pelo mesmo motivo do PB1, sua perfuração teve início em 14/12/1974 e conclusão em 08/01/1975, localiza-se na altitude de 90m, possuía nível estático 9,00m e nível dinâmico 17,00m e vazão 10,6m³/h.

Poço PB4 - Centro de Tecnologia: desativado por falta d'água, possuía vazão 9,11 m³/h, nível estático 14,00m, nível dinâmico 72,00m, profundidade 101,5m. Em 06/06/2003 a profundidade do nível estático era 61,00m e em 10/06/2003 era 61,85 metros.

Poço PB6 - Almoxarifado: desativado devido ao envelhecimento e desmoronamento, sua construção teve início em 30/06/1981 e conclusão em 18/08/1981, a altitude é de 90m, sua profundidade de 100m, vazão de 9,1 m³/h, nível estático 17,54m, nível dinâmico 57,33m, condutividade elétrica de 68 µS/cm. Apresentava seis entradas de água: 33,00m; 44,00m; 48,8m; 55,0m; 59,3m; 65,5m. Tinha revestimento total de diâmetro 152mm e tampão a 65,50m.

Poço PB7 - Edifício da Administração Central: desativado devido ao desmoronamento sendo que a bomba submersa e os canos ficaram presos dentro do poço, sua construção teve início em 04/01/1985 e conclusão em 30/01/1985. Situa-se na altitude 92m, possuía uma profundidade de 100m, vazão de 15 m³/h, nível estático de 8,00m, nível

dinâmico de 36,00m. Suas três entradas de água eram entre 29,5 a 33m; 39 a 42,5m e entre 84,5 a 88m. Era todo revestido; sendo com tubos de aço DIN-2440, diâmetro 6” galvanizados.

Poço PB10 – Zootecnia: desativado em 2003, devido ao desmoronamento a bomba e os canos ficaram presos dentro do poço. Situa-se sobre a altitude de 105m, atingia 50m de profundidade, tinha uma vazão de 12m³/h, nível estático de 17,5m, nível dinâmico de 20m, condutividade elétrica de 106 µS/cm. Tinha uma bomba submersa com potência 7,5 Hp na profundidade de 36m.

Poço PB17 – Biblioteca: teve início em 29/08/1993 e término dia 02/09/1993. Atingia uma profundidade de 68m, seu nível estático era de 15,36m; nível dinâmico de 66,83 m; vazão de 1,50 m³/h, totalmente revestido com canos de 6”. Foi desativado provavelmente por erro de montagem e devido sua baixa vazão. Hoje está desmoronado com risco de contaminação, uma vez que encontra-se pouco protegido como ilustra a Figura 24, com tamponamento rosqueável. Os ensaios de bombeamento, na fase de projeto sugeriam que deveria ser instalada uma bomba de potência 4,8 Hp numa profundidade de 67,50m com tempo de bombeamento de 12h/dia, mas nunca houve instalação de bomba neste poço. As análises químicas demonstraram que apresentava cor, turbidez, ferro e manganês acima do VMP, conforme consta no item 4.2.1 deste trabalho.



FIGURA 24 – Poço PB17 (Biblioteca) em 26/11/2004

Poço P2 – Agronomia: desativado, devido desmoronamento do poço.

Poço P3 – Biblioteca Central: desativado.

Poço P4 – Fitotecnia: desativado por contaminação.

Poço P5 – Parque de Exposições: desativado

Poço P6 – Hospital Veterinário: desativado por desmoronamento e contaminação por coliformes totais.

Poço P7 – Marcenaria: desativado porque não atendia mais as necessidades, perfuraram outros poços que apresentaram maiores vazões e menores custos de manutenção.

Poço P8 – Prédios Residenciais: desativado por desmoronamento. Este poço não possuía revestimento e era bombeado por compressor.

Poço P9 – Hospital Universitário: desativado por fornecer pouca água, hoje está desmoronado.

Poço P10 – Colégio Agrícola: desativado.

Poço P11 – Colégio Industrial: desativado.

Poço P13 – Laticínios: desativado, houve desmoronamento do poço.

Poço P14 – Tambo: desativado, devido desmoronamento do poço.

Poço P15 – Matemática e Física: desativado devido desmoronamento. Este poço foi atulhado e o aterro recomposto.

Poço P16 – Área Nova: desativado devido desmoronamento das paredes do poço, fato que reduziu a vazão. Tem caixa de proteção.

Poço P19 – Antigo Hospital Universitário: este poço localiza-se fora do Campus, especificamente no centro da cidade de Santa Maria. Era atendido pela seção de hidráulica e saneamento da UFSM, atualmente está desativado porque o Antigo Hospital Universitário recebe água da CORSAN que também abastece o prédio da Antiga Reitoria

4.1.3. Características Hidrogeológicas e Geológicas

Foram simulados mapas temáticos para o Campus da UFSM com o uso do programa *Surfer*, considerando as características de altitude do terreno em relação ao nível do mar, profundidade do poço, nível estático, vazão e superfície potenciométrica conforme as informações disponibilizadas no Anexo 1.

A Figura 25 representa a variação da altitude (em metros) do Campus, em relação a localização dos poços, onde se verifica que as menores altitudes estão ao Norte (Setores 1, 2 e 14, conforme o Anexo 5), aumentando até atingirem mais de 112 metros a Oeste no Setor 10. No centro da área as altitudes variam de 88 a 100 metros.

Por outro lado, os poço tubulares situados em altitudes mais baixas, localizam-se no Setor 2 (poço PB-15 e PB-5 localizados na planície aluvial do arroio “sem denominação” que cruza o Campus da UFSM, trazendo esgotos “in natura”). Esta Figura ilustra uma tendência da paisagem em conduzir as águas de escoamento superficial de Oeste e Sudeste para o Nordeste do Campus. A partir das curvas de nível identificou-se que a amplitude altimétrica é de 35 metros.

Em relação à profundidade dos poços (Figura 26) os maiores valores encontram-se em pontos isolados ao Norte e Centro-Oeste do Campus, restrito aos poços INPE Norte, INPE Sul (Setor 15) e PB19 (Setor 4), objetivando maiores entradas d'água. As profundidades entre 61 e 72 metros, além de predominarem na porção Sul da área em estudo, também aparecem em pontos isolados na porção Centro e Noroeste onde se encontram os poços PB9, PB12, PB16 e PB22 localizados nos Setores 6, 7, 8 e 12 respectivamente. Portanto, pode-se afirmar que a variação da profundidade dos poços tubulares ativos variou de 51m no poço PB-3 até 128m no poço PB19, localizados nos Setores 1 e 14 respectivamente na porção Central do Campus.

Em relação à profundidade da água subterrânea em repouso considerando o nível estático dos poços, verifica-se na Figura 27, que os maiores valores de nível estático encontram-se ao Norte atingindo mais de 52 metros no poço PB5, mas predomina no Campus poços com nível estático menor do que 27 metros.

Estas informações são úteis na avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos. De acordo com Foster *et al.* (2003) e Hirata *et al.* (1997) os poços que apresentam nível freático mais raso são aqueles que apresentam maior risco de contaminação, ou seja, mais suscetível a uma carga contaminante imposta. Por outro lado aqueles em que o nível freático é mais profundo, apresentam menor risco de contaminação (Silvério da Silva *et al.*, 2000).

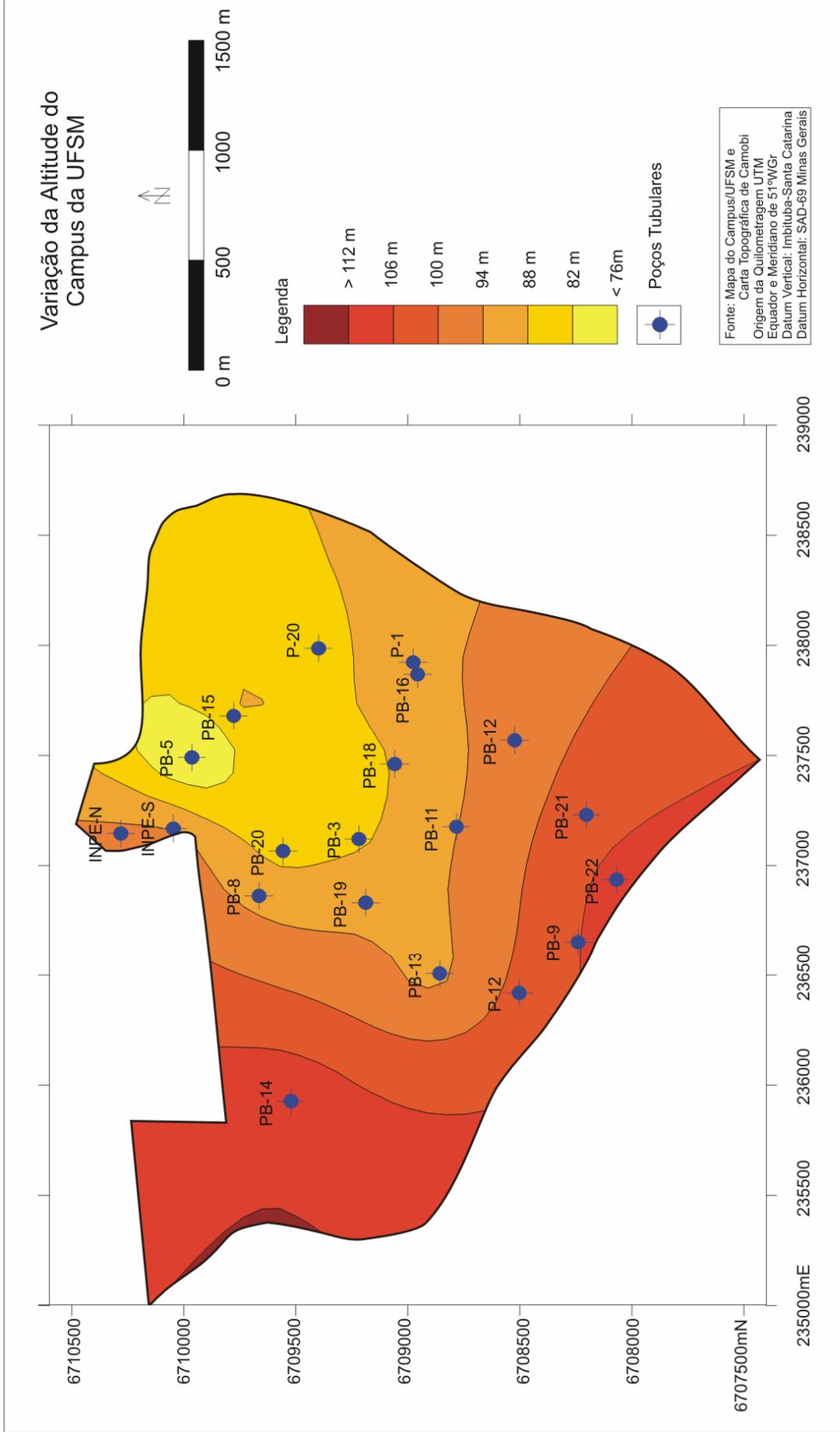


FIGURA 25 - Variação da Altitude do Campus da UFSM, com base nos dados dos poços.

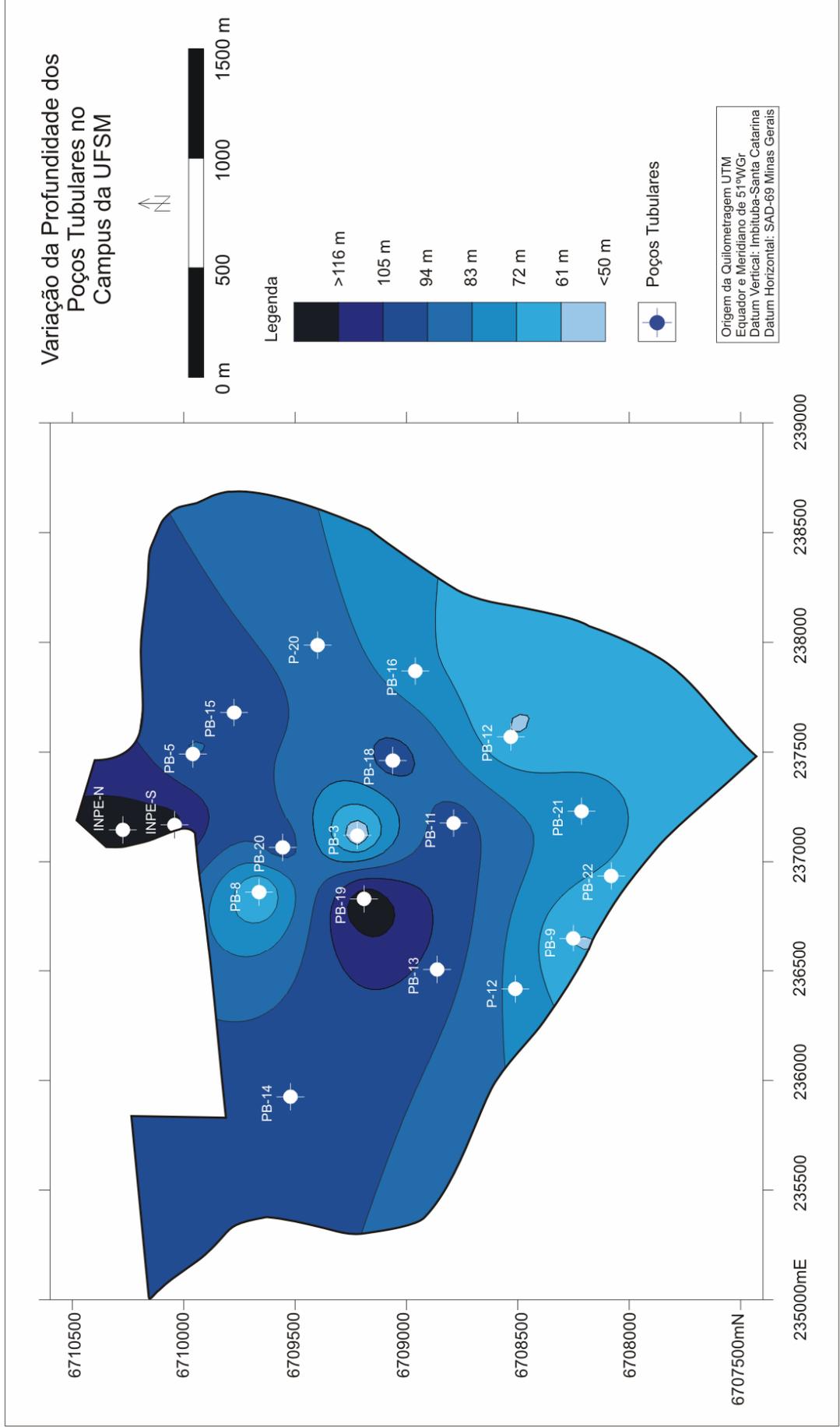


FIGURA 26 - Variação da Profundidade dos Poços Tubulares do Campus da UFSM

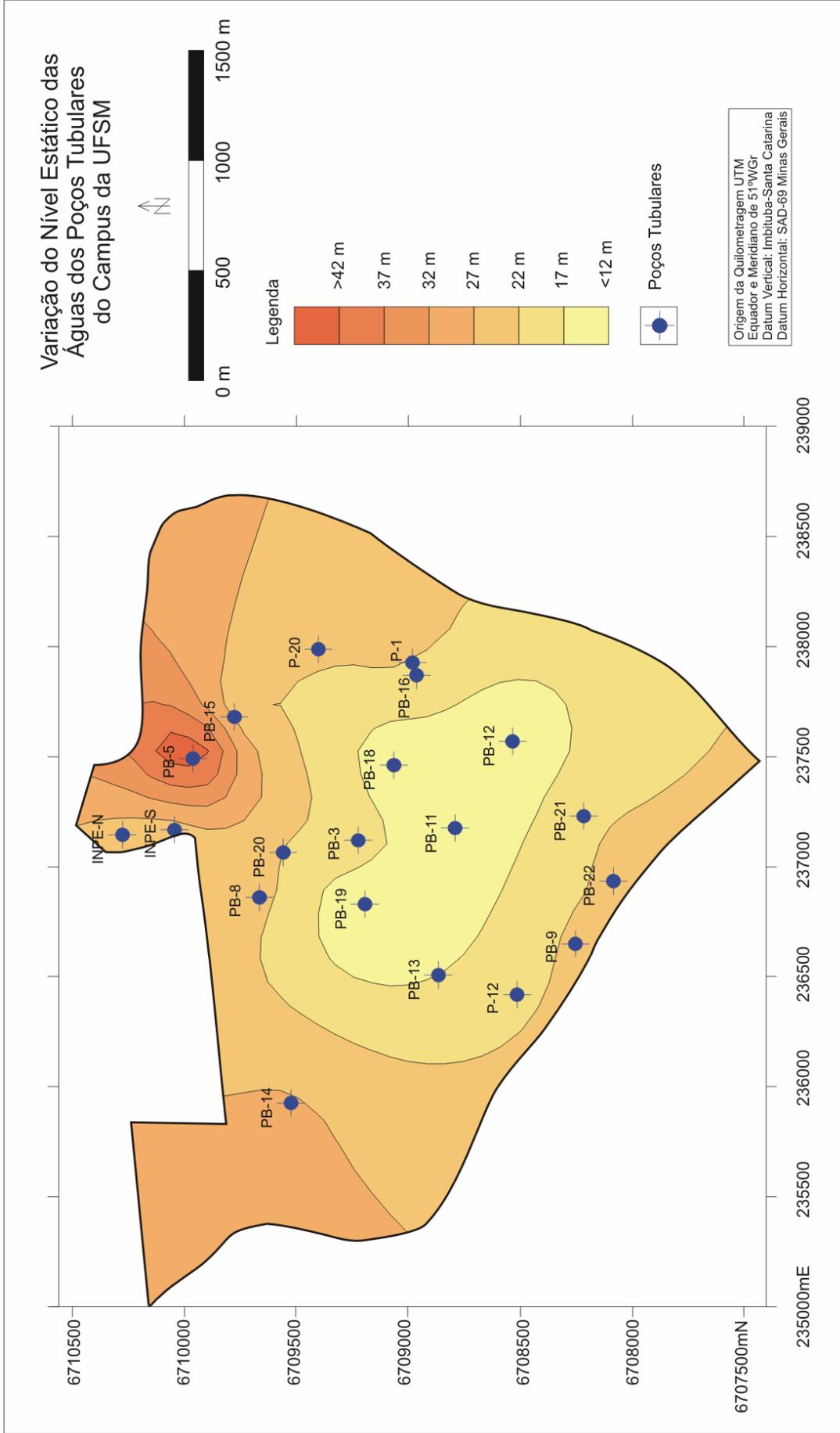


FIGURA 27 - Variação do nível estático das águas subterrâneas no Campus da UFSM, com base nos dados dos poços.

Com os dados da profundidade do nível estático dos poços tubulares ativos foi possível organizá-los em classes (Quadro 2), que variam de cinco em cinco metros, a partir do qual elaborou-se um diagrama (Figura 28) representativo da frequência dos poços em função da profundidade do nível estático.

QUADRO 2 – Frequência dos poços tubulares ativos em função da profundidade do nível estático

Nº de classes	Classes de profundidade do NE (m)	Nº de Poços	Porcentagem (%)
1	0 – 5	Zero	0
2	5 – 10	1	5
3	10 – 15	4	20
4	15 – 20	Zero	0
5	20 – 25	13	65
6	25 – 30	1	5
7	30 – 35	Zero	0
8	35 – 40	Zero	0
9	40 – 45	Zero	0
10	45 – 50	Zero	0
11	50 – 55	1	5

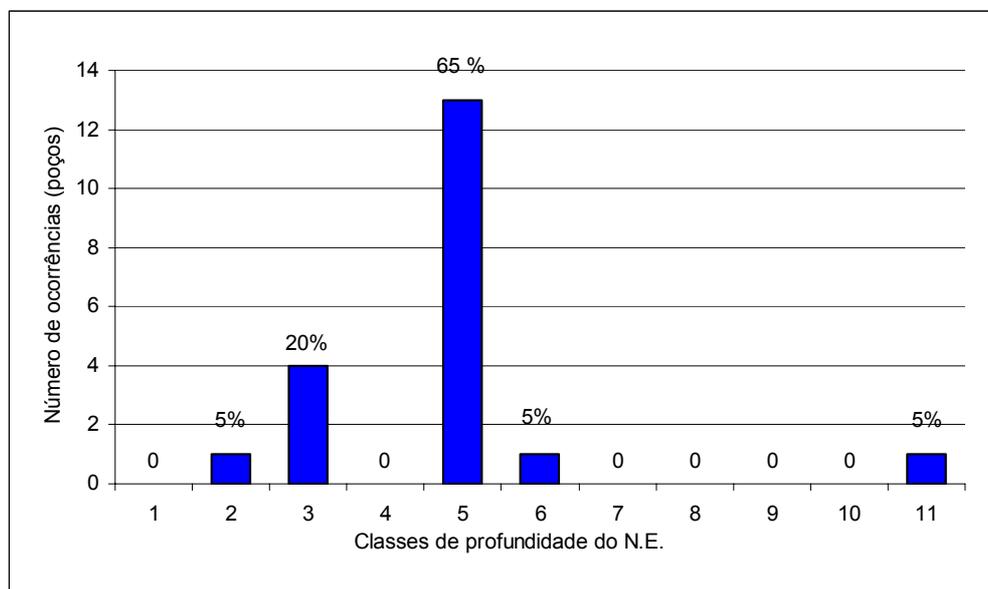


FIGURA 28 – Diagrama de frequência da profundidade do nível estático dos poços tubulares ativos.

Observando-se a Figura 28 nota-se que houve maior frequência de poços na Classe 5, ou seja, em 65% dos poços tubulares o nível estático da água permaneceu entre 20 e 25 metros.

Em relação aos aspectos geológicos o Campus da Universidade Federal de Santa Maria, situa-se na Província Gondwânica, Sub-Província Rosário do Sul - Membro Santa Maria, conforme a subdivisão do Estado do Rio Grande do Sul em Províncias e Sub-Províncias Hidrogeológicas, estabelecida por Hausmam (1995).

Afloram geologicamente os Terraços Fluviais e as Formações do Grupo Rosário do Sul, especificamente a Formação Santa Maria que se subdivide nos Membros Alemoa e Passo das Tropas, conforme disposto na Figura 29. A Formação Sanga do Cabral não aparece aflorante no Campus, mas é identificada a partir do perfil litológico de alguns poços e contribui na dinâmica subterrânea da água.

O Membro Passo das Tropas, da Formação Santa Maria aflora na porção Central do Campus, é constituído predominantemente por arenitos grosseiros a médio, por vezes conglomeráticos, com estratificação cruzada acanalada na base, seguidos de siltitos arenosos com tonalidade roxo-avermelhado de origem em ambiente fluvial, além de arenitos finos e siltitos laminados de cor rosa à lilás, de ambiente flúvio-lacustre (Maciel Filho *et al.*, 1988). O Melhor afloramento encontra-se em frente ao Prédio da FATEC e normalmente as fácies mais grosseiras não estão aflorantes.

Conforme o mapa hidrogeológico da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 1994), o Membro Passo das Tropas, em função de suas litologias serem predominantemente arenosas e muito permeáveis constituem um aquífero contínuo de grande extensão livre e/ou confinado. É o melhor aquífero da região, apresenta excelentes vazões e águas, em geral, de boa qualidade. Muito vulneráveis a poluição devido sua elevada porosidade e permeabilidade.

O Membro Passo das Tropas é recoberto pelo Membro Alemoa que é composto basicamente por siltitos argilosos maciços, de cor vermelha, com níveis esbranquiçados de concreções calcárias, sub-horizontes de ambiente continental (Maciel Filho *et al.*, 1988). É constituído basicamente por lamitos impermeáveis que funcionam como aquíclode, não armazenando nem transmitindo água (CPRM, 1994), e segundo Maciel Filho (1988) estas rochas silto-argilosas apresentam baixa condutividade hidráulica (superiores a 10^{-7} m/dia) e correspondem a um aquíclode, portanto os melhores materiais geológicos para “filtrarem” possíveis contaminantes oriundos da superfície, sejam eles de natureza inorgânica, orgânica ou mista .

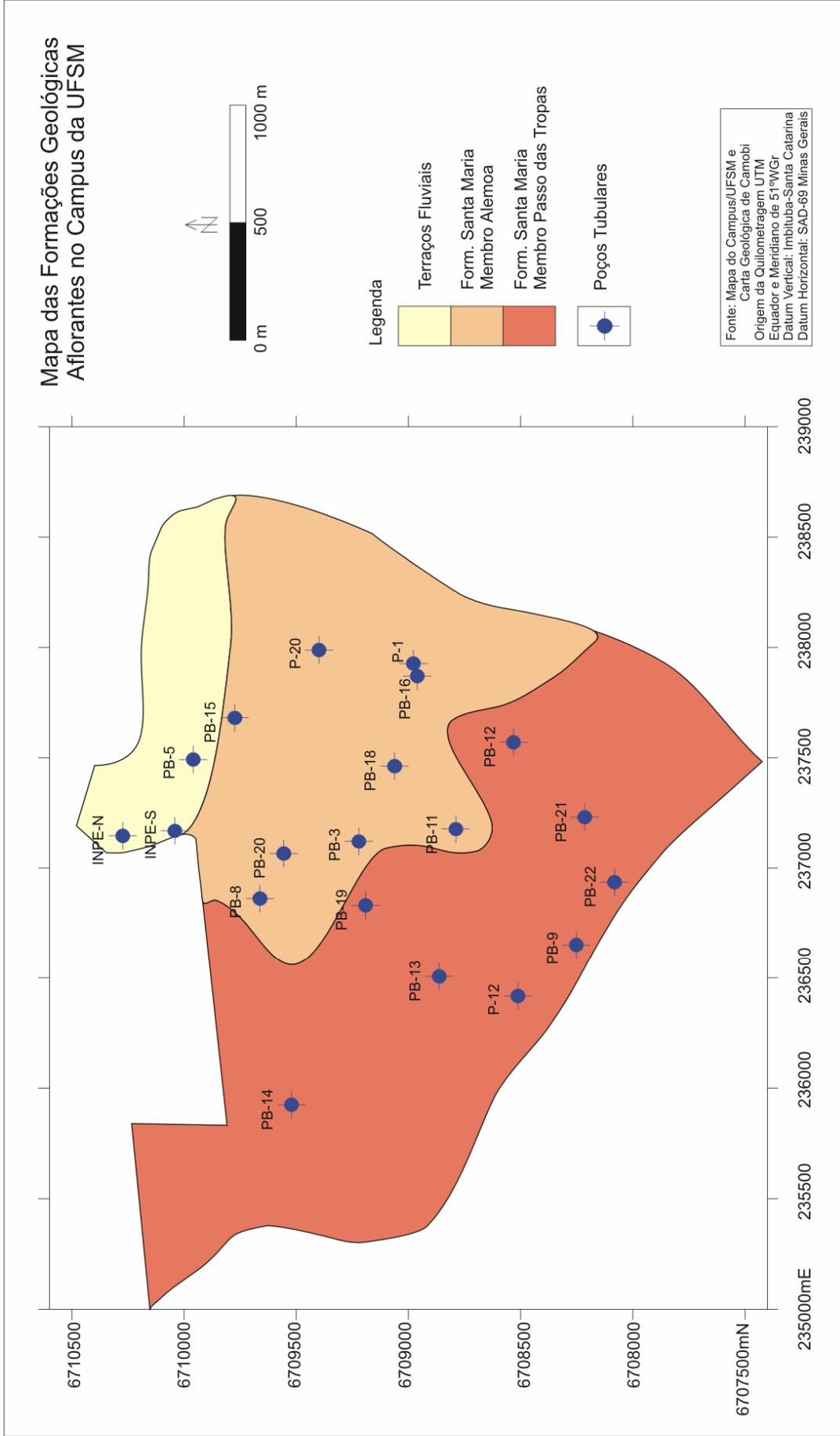


FIGURA 29 - Mapa das formações geológicas aflorantes no Campus da UFSM

No setor Norte do Campus (conforme Figura 29) ainda aparecem sedimentos do Período Quaternário, pertencentes aos Terraços Fluviais, cujas litologias predominam conglomerados, arenitos médios argilosos com estratificação cruzada e planar e siltitos arenosos de cores cinza-clara, rosa e amarela, de ambiente fluvial (Maciel Filho *et al.*, 1988). Estes afloramentos ocorrem principalmente na margem esquerda do Arroio “sem denominação”, nos fundos do Prédio 26 (Centro de Ciências da Saúde) em contato direto com siltitos argilosos vermelhos do Membro Alemoa pertencentes a Formação Santa Maria.

Os Terraços Fluviais são considerados aquíferos irregulares livres. Compõe-se de sedimentos pouco consolidados, bastante argilosos, de pequena espessura. Possui permeabilidade média a baixa, e a água é de boa qualidade sendo que o aproveitamento se dá por poços escavados (CPRM, 1994). Embora apareçam poços sobre estas litologias não ocorrem extrações de água subterrânea nestas rochas, sendo oriundas de formações subjacentes.

Dos vinte poços ativos presentes no Campus da UFSM, onze possuem os perfis litológicos detalhados na Figura 30. A partir da qual identifica-se a predominância dos arenitos nos perfis dos poços, com exceção do poço PB-19 que apresenta menores extensões dessa litologia. Esses arenitos apresentam características diferentes em cada caso, aparecem sob a forma de arenito muito fino, fino, médio, grosso, silicificado, siltoso, argiloso, com grânulos ou com cascalhos, também apresentam colorações diferentes variando entre branco, vários tons de vermelho, rosado, bege, marrom, pálido, amarelado, ocre, acinzentado ou terracota. Os níveis silicificados funcionam como uma camada impermeável devido a presença do cimento silicoso entre os poros do arenito (Silvério da Silva, 1997).

As características litológicas do pacote de rochas que alimenta esses poços estão representadas principalmente por arenitos de granulometria muito fina, fina ou média, em alguns casos intercaladas por argilitos (PB5, PB6, PB8, PB9, INPE Norte), sedimento argiloso (PB19, INPE Sul), siltes ou siltitos (PB3, PB5). Em geral o conjunto ilustrado, associado às entradas de água caracteriza um tipo de aquífero Confinado Drenante.

O poço PB20, embora representado basicamente por arenitos, também apresenta intercalações argilosas entremeadas por camadas ainda mais argilosas. Considerando o teste de vazão desse poço, sua capacidade específica ($0,156\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), o diâmetro do poço ($12\frac{1}{4}$ "), a transmissibilidade do aquífero (da ordem de $6\text{m}^2/\text{dia}$), a espessura da seção filtrante ($25,07\text{m}$ de comprimento) e a condutividade hidráulica (entre $0,1$ e $1,0\text{ m}/\text{dia}$), foi possível classificar o aquífero que alimenta esse poço como pobre, algo permeável e com má Capacidade de Drenagem ($0,24\text{ m}/\text{dia}$), (CPRM, 1996).

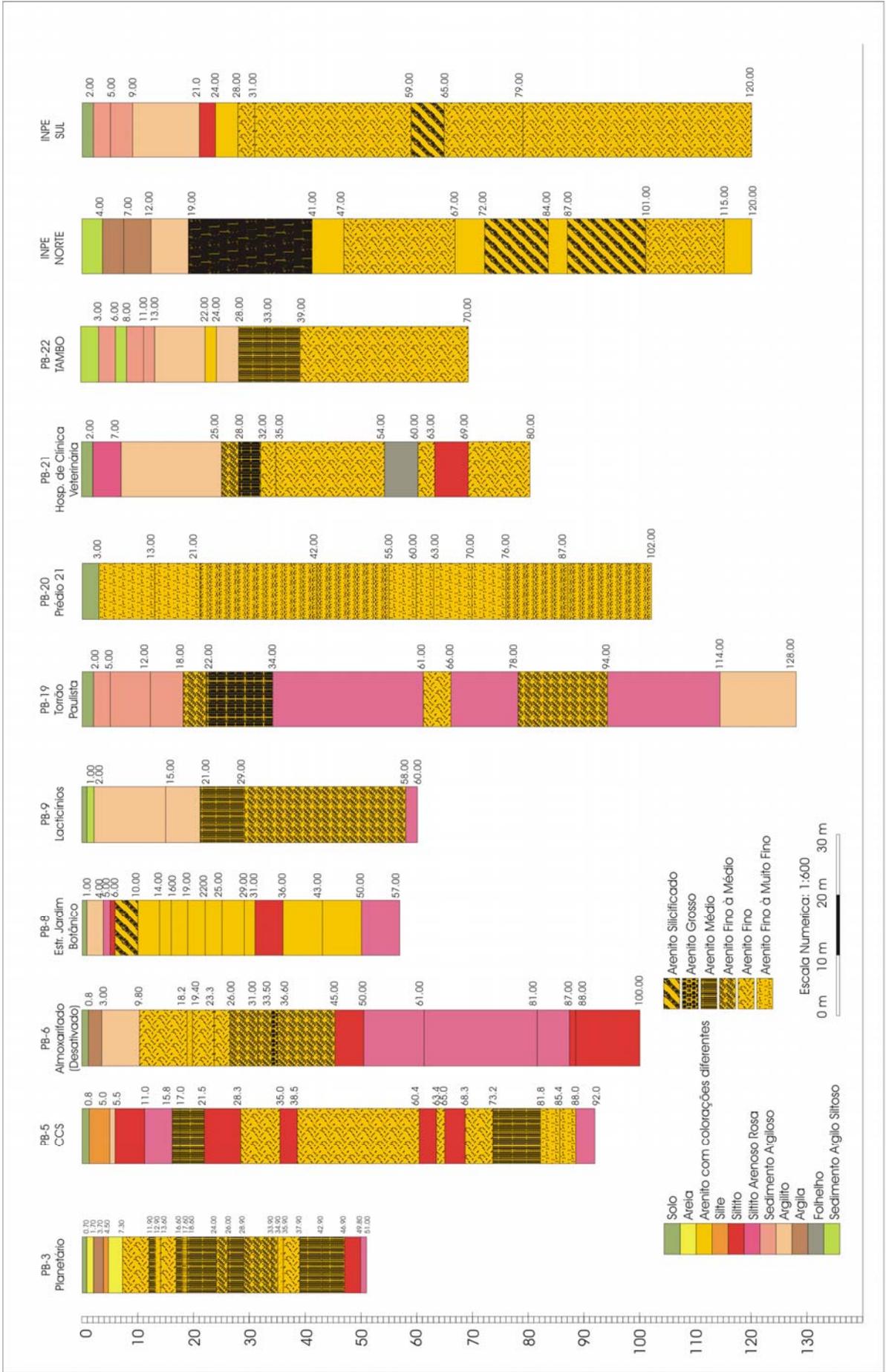


FIGURA 30 - Seções transversais litológicas de alguns poços PB do Campus da UFSM

Cinco poços apresentam a descrição das formações geológicas em que penetram (Figura 31). O poço PB 20 é o único em que a Formação Santa Maria – Membro Alemoa não aparece, enquanto o Membro Passo das Tropas da mesma formação perfaz um total de 20,59% do poço e a Formação Sanga do Cabral totaliza 79,41%.

O poço PB21 é composto 31,25% pela Formação Santa Maria – Membro Alemoa, 8,75% pertence ao Membro Passo das Tropas e 60% à Formação Sanga do Cabral. No poço PB22 a Formação Santa Maria - Membro Alemoa compreende 40%, enquanto 15,71% pertence ao Membro Passo das Tropas e 44,29% à Formação Sanga do Cabral.

O poço INPE Norte possui a mesma profundidade do poço INPE Sul, no entanto, a porcentagem de cada formação difere em cada caso. Enquanto o Membro Alemoa compreende 15,83% no poço INPE Norte, atinge 20% no poço INPE Sul. O Membro Passo das Tropas compreende 40% do poço INPE Norte e 29,17% no poços INPE Sul, a Formação Sanga do Cabral totaliza 44,17% do poço INPE Norte e 50,83% no poço INPE Sul.

Essas formações geológicas, conforme suas litologias constituintes apresentam diferentes comportamentos hidroestratigráficos e são importantes tanto para o fluxo das águas subterrâneas como para a vazão dos poços; pois comparando-se as vazões dos poços ilustrados na Figura 31 e representados no Quadro 03, nota-se que suas vazões são diferentes e o poço INPE Sul apresenta oito entradas de água.

QUADRO 3 - Parâmetros hidrodinâmicos de cinco poços tubulares ativos com perfil geológico.

Sigla do poço	Setor	Vazão (m³/h)	Nº de entradas d'água
PB 20	1	8,00	2
PB 21	11	9,00	2
PB 22	12	13,00	2
INPE Norte	15	5,14	2
INPE Sul		8,00	8

Assim, elaborou-se um mapa disposto na Figura 32, representando a variação da vazão de exploração dos poços tubulares ativos presentes no Campus.

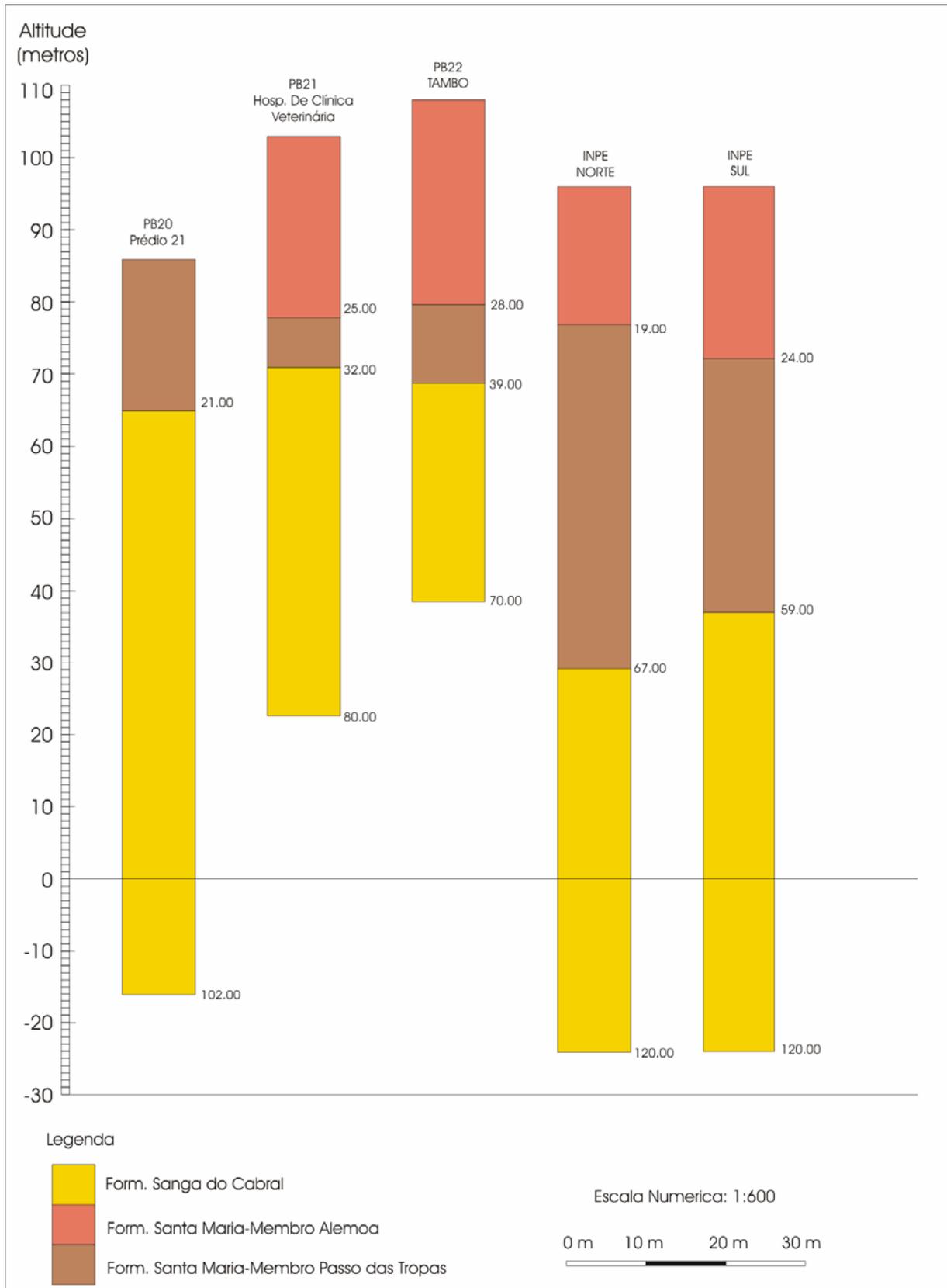


FIGURA 31 - Formações geológicas de cinco poços PB do Campus da UFSM.

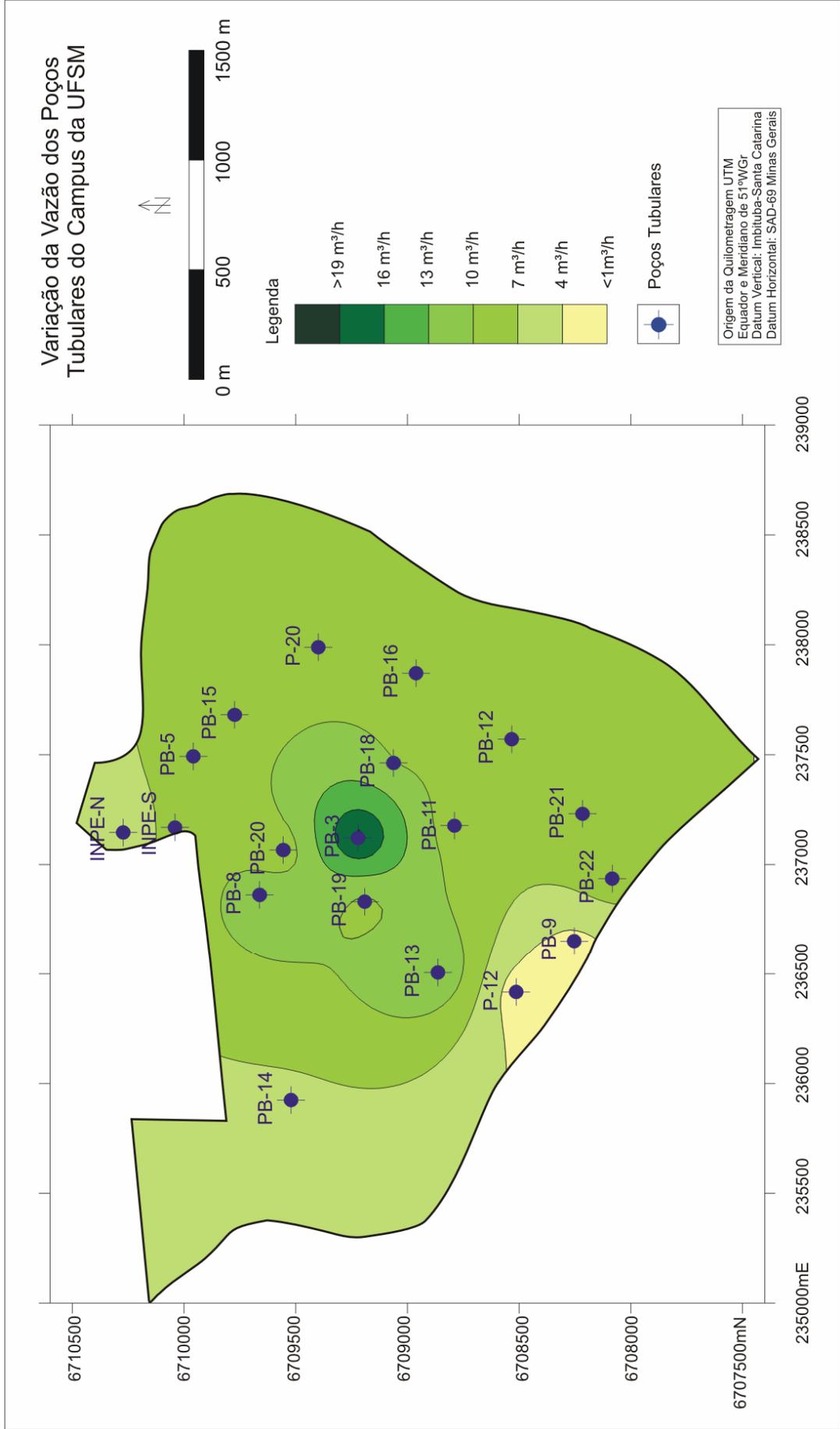


FIGURA 32 - Variação da vazão dos poços tubulares do Campus da UFSM

Verifica-se que as vazões acima de 13m³/h encontram-se na porção central do Campus, associado ao poço PB3 (20m³/h), o qual situa-se sobre a Formação Santa Maria - Membro Alemoa. Mas como esta formação é praticamente impermeável funcionando como aquíclode, provavelmente este poço esteja captando água da Formação Santa Maria – Membro Passo das Tropas, fato que se confirma ao verificar o perfil litológico deste poço que é composto quase totalmente por arenitos de diferentes granulometrias.

As menores vazões encontram-se a Sudoeste e pequena extremidade ao Norte, vinculados aos poços PB9, P12 e INPE Norte, cujos valores atingem vazões inferiores à 7m³/h, encontram-se localizados nos Setores 6, 13 e 15 conforme consta no Anexo 5. Considerando-se que a vazão de exploração dos poços tubulares ativos do Campus da UFSM foi no mínimo de 2m³/h no poço P12 (Setor 13) e no máximo 20m³/h no poço PB13 (Setor 1).

Classificou-se os usos da água conforme o Decreto nº42.047/2002 e seus Anexos, considerando a vazão de Autorização Prévia (para poços novos) e Regularização e Outorga de poços (para poços já perfurados) simulando-se bombeamentos de 6, 12, 18 e 24 horas a partir das vazões existentes (Quadro 4).

QUADRO 4 – Simulações de bombeamento das vazões dos poços ativos do Campus

Sigla do poço	Setor	Vazão (m ³ /h)	Simulações de bombeamento				Usos
			6 horas (m ³ /h)	12 horas (m ³ /h)	18 horas (m ³ /h)	24 horas (m ³ /h)	
P1	8	3	18	36	54	72	Lazer e exerc. físicos terapêuticos
P12	13	2	12	24	36	48	Abastecimento animal
P17	16	1,5	9	18	27	36	Abastecimento humano e animal
P18	17	2,8	16,8	33,6	50,4	67,2	Abastecimento humano e animal
P20	14	-	-	-	-	-	Agricultura e experimentos
PB3	1	20	120	240	360	480	Abastecimento humano
PB5	2	8,6	51,6	103,2	154,8	206,4	Abastecimento humano e limpeza
PB8	1	12	72	144	216	288	Abastecimento humano e limpeza
PB9	6	3	18	36	54	72	Ind. de transformação, lavagem
PB11	5	8	48	96	144	192	Abastecimento humano e limpeza
PB12	7	8	48	96	144	192	Abast. humano, animal e limpeza
PB13	9	13,5	81	162	243	324	Abast. humano, animal e limpeza
PB14	10	6	36	72	108	144	Abast. humano, experim. e limpeza
PB15	2	8,5	51	102	153	204	Abastecimento humano e limpeza
PB16	8	8,5	51	102	153	204	Abastecimento humano e limpeza
PB18	3	10	60	120	180	240	Abastecimento humano e limpeza
PB19	4	9	54	108	162	216	Abast. humano e horticultura
PB20	1	8	48	96	144	192	Abastecimento humano e limpeza
PB21	11	9	54	108	162	216	Abast. humano, animal e limpeza
PB22	12	13	78	156	234	312	Abastecimento humano e limpeza
INPE N	15	8	48	96	144	192	Abastecimento humano e limpeza
INPE S	15	5,14	30,8	61,7	92,5	123,4	Abastecimento humano e limpeza

Após simular o bombeamento das vazões dos poços ativos de 6, 12, 18 e 24 horas e compará-los com as faixas de consumo de usuários (SEMA, 2004), observa-se que se os poços forem bombeados durante 6 horas/dia o volume explotado cairia na faixa de usuários menor que 25m³/dia, que é o caso dos poços P1, P12, P17, P18 e PB9, enquanto que os poços PB3, PB5, PB8, PB11, PB12, PB13, PB14, PB15, PB16, PB18, PB19, PB20, PB21, PB22, INPE Norte e INPE Sul entram na faixa de consumo que varia entre 25 e 250m³/dia; se o regime de bombeamento, for de 24 horas/dia os poços PB3, PB18, PB13 e PB22 ultrapassam a faixa de 250m³/dia.

Relacionada com a vazão também estão as condições de recarga aquífera direta, que dependem principalmente dos períodos de precipitação, através dos quais os poços são abastecidos naturalmente durante a infiltração da água destas chuvas, neste caso realizou-se o balanço hídrico climático (Quadro 5) verificando as condições de excedente ou déficit hídrico, para o Campus.

QUADRO 5 - Balanço hídrico climático entre os anos de 2000 e 2004

Anos	Meses	T (°C)	ETT (mm)	Correção	ETP	Prec.	Prec.-ETP	Neg. Acum.	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
2000	Janeiro	25,30	4,00	1,19	143,00	246,00	103,00	0,00	100	0,00	143,00	0,00	103,00
	Fevereiro	24,50	3,70	1,03	114,00	90,00	-24,00	-24,00	76,00	-24,00	114,00	0,00	0,00
	Março	21,40	2,90	1,06	92,00	249,00	157,00	0,00	100	24,00	92,00	0,00	133,00
	Abril	20,20	2,60	0,95	74,00	78,00	4,00	0,00	100	0,00	74,00	0,00	4,00
	Mai	15,50	1,50	0,92	41,00	149,00	108,00	0,00	100	0,00	41,00	0,00	108,00
	Junho	16,00	1,70	0,86	42,00	262,00	218,00	0,00	100	0,00	44,00	0,00	218,00
	Julho	11,00	1,00	0,90	27,00	95,00	68,00	0,00	100	0,00	27,00	0,00	68,00
	Agosto	14,00	1,20	0,96	35,00	99,00	64,00	0,00	100	0,00	35,00	0,00	64,00
	Setembro	16,20	1,70	1,00	51,00	242,00	191,00	0,00	100	0,00	51,00	0,00	191,00
	Outubro	19,40	2,40	1,12	81,00	185,00	104,00	0,00	100	0,00	81,00	0,00	104,00
	Novembro	20,30	2,60	1,13	88,00	204,00	116,00	0,00	100	0,00	88,00	0,00	116,00
	Dezembro	23,90	3,50	1,20	126,00	154,00	28,00	0,00	100	0,00	126,00	0,00	28,00
2001	Janeiro	25,00	4,00	1,19	143,00	310,00	167,00	0,00	100	0,00	143,00	0,00	167,00
	Fevereiro	26,00	4,20	1,03	130,00	125,00	-5,00	-5,00	95	-5,00	130,00	0,00	0,00
	Março	24,40	3,70	1,06	118,00	144,00	26,00	0,00	100	5,00	118,00	0,00	21,00
	Abril	20,50	2,50	0,95	71,00	250,00	179,00	0,00	100	0,00	71,00	0,00	179,00
	Mai	15,50	1,30	0,92	36,00	57,00	21,00	0,00	100	0,00	36,00	0,00	21,00
	Junho	15,30	1,30	0,86	33,00	179,00	146,00	0,00	100	0,00	33,00	0,00	146,00
	Julho	14,00	1,10	0,90	36,00	201,00	171,00	0,00	100	0,00	30,00	0,00	171,00
	Agosto	18,00	2,00	0,96	58,00	68,00	10,00	0,00	100	0,00	58,00	0,00	10,00
	Setembro	17,10	1,80	1,00	54,00	237,00	183,00	0,00	100	0,00	54,00	0,00	183,00
	Outubro	21,00	2,80	1,12	94,00	165,00	71,00	0,00	100	0,00	94,00	0,00	71,00
	Novembro	22,00	3,10	1,13	105,00	109,00	4,00	0,00	100	0,00	105,00	0,00	4,00
	Dezembro	23,10	3,40	1,20	122,00	78,00	-44,00	-44,00	64,41	-35,60	122,00	0,00	0,00
2002	Janeiro	24,90	4,15	1,19	148,16	111,80	-36,36	-80,36	44,76	-11,22	123,00	25,16	0,00
	Fevereiro	23,50	3,60	1,03	111,24	101,10	-10,14	-90,50	40,46	-4,30	105,40	5,84	0,00
	Março	25,30	4,06	1,06	129,11	252,10	122,99	0,00	100	59,54	129,11	0,00	63,45
	Abril	19,70	2,54	0,95	72,39	183,70	111,31	0,00	100	0,00	72,39	0,00	111,31

	Meses	T (°C)	ETT (mm)	Correção	ETP	Prec.	Prec.-ETP	Neg. Acum.	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
2002	Maio	18,20	2,16	0,92	59,62	113,80	54,18	0,00	100	0,00	59,62	0,00	54,18
	Junho	13,90	1,17	0,86	30,19	174,00	143,81	0,00	100	0,00	30,19	0,00	143,81
	Julho	13,40	1,08	0,90	29,16	238,30	209,14	0,00	100	0,00	29,16	0,00	209,14
	Agosto	16,20	1,74	0,96	50,11	283,80	233,69	0,00	100	0,00	50,11	0,00	233,69
	Setembro	19,40	2,48	1,00	74,40	306,80	232,40	0,00	100	0,00	74,40	0,00	232,40
	Outubro	20,80	2,84	1,12	95,42	349,80	254,38	0,00	100	0,00	95,42	0,00	254,38
	Novembro	22,30	3,22	1,13	109,16	243,40	134,24	0,00	100	0,00	109,16	0,00	134,24
	Dezembro	23,90	3,68	1,20	132,48	232,80	100,32	0,00	100	0,00	132,48	0,00	100,32
2003	Janeiro	25,30	4,06	1,19	164,22	177,80	13,58	0,00	100	0,00	164,22	0,00	13,58
	Fevereiro	25,10	4,02	1,03	124,22	204,70	80,48	0,00	100	0,00	124,22	0,00	80,48
	Março	22,60	3,34	1,06	106,21	342,40	236,19	0,00	100	0,00	106,21	0,00	236,19
	Abril	18,80	2,34	0,95	66,69	190,00	123,31	0,00	100	0,00	66,69	0,00	123,31
	Maio	16,50	1,80	0,92	49,68	69,10	19,42	0,00	100	0,00	49,68	0,00	19,42
	Junho	15,90	1,68	0,86	43,34	170,50	127,16	0,00	100	0,00	43,34	0,00	127,16
	Julho	13,40	1,08	0,90	29,16	113,00	83,84	0,00	100	0,00	29,16	0,00	83,84
	Agosto	13,50	1,05	0,96	30,24	73,90	43,66	0,00	100	0,00	30,24	0,00	43,66
	Setembro	15,90	1,68	1,00	50,40	57,00	6,60	0,00	100	0,00	50,40	0,00	6,60
	Outubro	20,00	2,60	1,12	87,36	193,40	106,04	0,00	100	0,00	87,36	0,00	106,04
	Novembro	21,60	3,02	1,13	102,38	228,60	126,22	0,00	100	0,00	102,38	0,00	126,22
	Dezembro	21,90	3,08	1,20	110,88	357,30	246,42	0,00	100	0,00	110,88	0,00	246,42
2004	Janeiro	25,00	4,00	1,19	142,80	21,70	-121,10	-121,10	29,79	-70,21	91,91	50,89	0,00
	Fevereiro	23,00	3,50	1,03	108,15	110,80	2,65	-112,57	32,44	2,65	108,15	0,00	0,00
	Março	24,30	3,85	1,06	122,43	94,10	-28,33	-148,90	24,44	-8,00	102,10	20,33	0,00
	Abril	21,20	2,94	0,95	83,79	101,50	17,71	-86,39	42,15	17,71	83,79	0,00	0,00
	Maio	14,50	1,35	0,92	37,26	80,50	43,24	-15,79	85,27	43,12	37,26	0,00	0,00
	Junho	15,50	1,60	0,86	41,28	72,10	30,82	0,00	100	14,73	41,28	0,00	16,09
	Julho	13,10	0,93	0,90	25,11	72,50	47,39	0,00	100	0,00	25,11	0,00	47,39
	Agosto	15,20	1,54	0,96	44,35	85,40	41,05	0,00	100	0,00	44,35	0,00	41,05
	Setembro	18,40	2,22	1,00	66,60	96,30	29,70	0,00	100	0,00	66,60	0,00	29,70
	Outubro	18,50	2,25	1,12	75,60	119,70	44,10	0,00	100	0,00	75,60	0,00	44,10
	Novembro	21,10	2,92	1,13	98,99	144,70	45,71	0,00	100	0,00	98,99	0,00	45,71
	Dezembro												

T = temperatura do ar; ETT= evapotranspiração; Cor = correção de ETT; ETP = evapotranspiração potencial; P = precipitação pluviométrica; P-ETP = precipitação menos evapotranspiração potencial; NEG.ACUM= negativos acumulados de P-ETP; ARM = armazenamento de água no solo; ALT = alteração do armazenamento de água; ETR = evapotranspiração real; DEF = deficiência hídrica; EXC = excedente hídrico.

Para facilitar a interpretação dos dados dispostos no Quadro do balanço hídrico climático e compará-los, elaborou-se gráficos representativos da temperatura, precipitação, excedente e déficit hídrico.

A Figura 33, demonstra pouca variação da temperatura média mensal entre os anos de 2000 e 2004, sendo que as maiores temperaturas ocorreram no mês de janeiro de todos os anos, com exceção de 2001 que a maior temperatura atingiu 26°C em fevereiro, e em 2002 a maior temperatura foi de 25,3°C no mês de março. Posteriormente as temperaturas sofreram decréscimo em quase todos os anos com pequenas alterações, sendo que em julho de 2000 a

média mensal alcançou 11°C caracterizando-o como o mês mais frio do período observado. Após o mês de julho as temperaturas voltaram a subir, gradativamente até o mês de dezembro, cuja máxima foi de 23,9°C no ano de 2002. Observa-se ainda que no ano de 2003 os meses de julho e agosto apresentaram apenas 0,1°C de diferença entre suas temperaturas médias mensais.

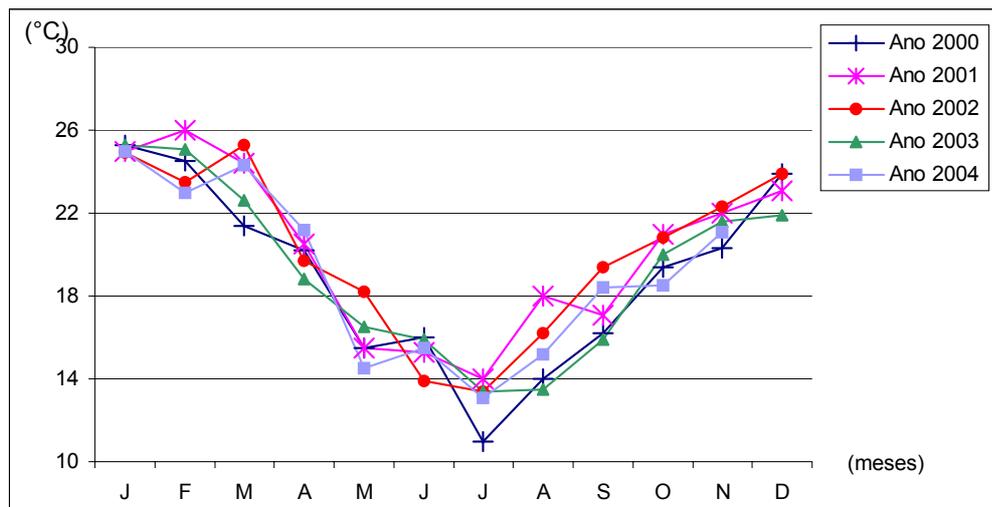


FIGURA 33 - Comparativo de temperatura média mensal (°C) entre os anos de 2000 e 2004

Em relação aos índices de precipitação, expostos na Figura 34, verificou-se que no ano de 2004 houve menor precipitação totalizando 974,3mm, em relação ao período analisado. Enquanto o ano mais chuvoso foi 2002 com 2591,4mm. Os meses mais chuvosos no ano 2000 foram janeiro, março, junho e setembro; em 2001 foram janeiro, abril e setembro; em 2002 foram agosto, setembro e outubro, sendo que de julho a novembro este ano superou o índice de precipitação de todos os outros anos nesse período. Em 2003 os meses de março e dezembro foram os mais chuvosos. No ano de 2004 as maiores precipitações atingiram cerca de 119,70mm e 144,70mm nos meses de outubro e novembro.

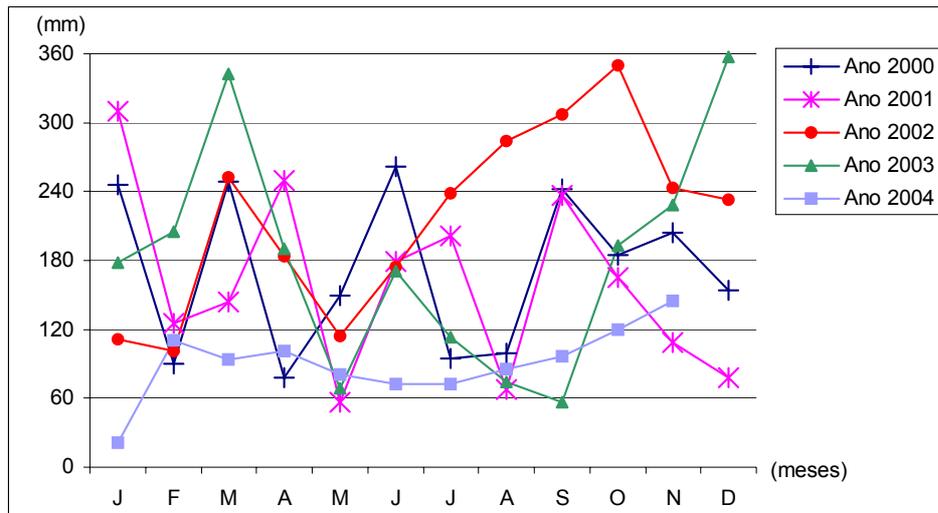


FIGURA 34 - Comparativo de precipitação média mensal (mm) entre os anos de 2000 e 2004

Através do cálculo do balanço hídrico pode-se conhecer as condições de armazenamento de água, que resultaram em excedente ou déficit hídrico para o Campus (Figura 35). Assim, todos os anos apresentaram excedentes hídricos, com exceção dos meses de janeiro e fevereiro de 2002, janeiro e março de 2004.

Nos meses de fevereiro de 2000, fevereiro e dezembro de 2001, não houve excedente nem déficit hídrico, pois embora, a precipitação tenha sido menor que a evapotranspiração real havia um excedente hídrico do mês anterior.

Em fevereiro, abril e maio de 2004, não houve excedente nem déficit hídrico, porque os valores de precipitação superaram os valores de evapotranspiração real.

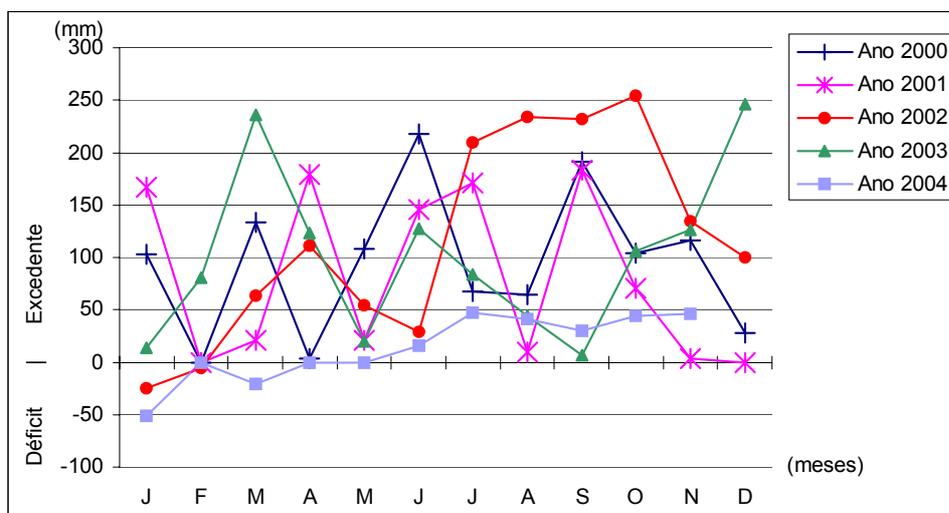


FIGURA 35 - Comparativo de excedente e déficit hídrico mensal (mm) entre os anos de 2000 e 2004

Para verificar a influência das condições climáticas no processo de recarga aquífera direta, executou-se medições mensais e semanais do nível da água do poço PB17 (Anexo 4). A média mensal do ano de 2004, que está disposta no Quadro 6, para comparar com o dados de déficit e excedente hídrico realizados no balanço climatológico que obedece a escala mensal.

QUADRO 6 – Variação do nível da água do poço PB17

Data	Nível da água (metros)	Déficit Hídrico (mm)
Janeiro/2004	8,73	50,89
Fevereiro/2004	8,92	0,00
Março/2004	9,32	20,33
Abril/2004	8,72	0,00
Maió/2004	9,01	0,00
Junho/2004	9,96	0,00
Julho/2004	8,98	0,00

O nível estático da água no poço PB17 foi de 8,73m em janeiro de 2004, neste período havia um déficit hídrico para a área de 50,89 mm. Em fevereiro o nível foi 8,92m enquanto no balanço hídrico o déficit foi igual ao excedente. No mês de março houve um déficit no balanço hídrico e o nível da água no poço foi de 9,32m. Em abril ocorreu novamente um equilíbrio entre déficit e excedente hídrico, mas o nível da água foi de 8,72m o mesmo ocorreu em maio, no entanto o nível caiu para 9,01m decaindo ainda mais em junho para 9,96m mês em que ocorreu um excedente hídrico de 16,09mm, fato que elevou o nível d'água para 8,98m entre os dias 1º e 15 de julho de 2004, posteriormente ocorreu o desmoronamento do poço, inviabilizando novas medições.

O poço PB17 dista cerca de 282m do poço PB15 e aproximadamente 485,15m do poço INPE Sul que podem exercer influência na variação do nível da água do poço PB17, em função de seu raio de influência.

A recarga aquífera direta, não depende unicamente das condições climáticas, mas também das características naturais do meio, isto é, das suas conexões hidráulicas, através dos poros entre os grãos constituintes das rochas sedimentares clásticas ou fraturadas existentes nas rochas cristalinas. Portanto a existência de camadas sedimentares, conectadas em um determinado local pode trazer águas subterrâneas de locais fora da área de estudo, isto é recarga indireta (Silvério da Silva *et al.*, 2004). Correlacionando-se com as flutuações ocorridas no nível da água do poço PB17, representado por 31 medições semanais e seis medições mensais, onde o valor máximo (maior nível de água) foi de 8,26m em 28 de janeiro

de 2004 e o mínimo foi de 16,10 em 21 de julho de 2004. Portanto uma faixa de flutuação do nível da água da ordem de 7,84m.

O Campus da UFSM localmente situa-se em planície aluvial de afluentes dos Rios Vacacaí e Vacacaí Mirim, onde o lençol freático encontra-se mais próximo da superfície e o uso da terra no período primavera-verão (novembro-março) se dá com o cultivo do arroz irrigado, ocorrendo um acúmulo de água na superfície do terreno, fato que pode influenciar na recarga dos poços tubulares do Campus da UFSM. Dessa forma, levanta-se a hipótese de que parte da recarga aquífera ocorre no período entre verão e inverno, oriunda de áreas externas ao Campus. Comparando-se os dados dispostos nos Quadros 5 e 6 e no Anexo 4, notou-se que o mês de janeiro de 2004 foi a menor precipitação do período analisado, representando um período de seca prolongado.

Houve a ocorrência de picos de descenso no nível da água do poço PB17 quando o balanço hídrico climático foi equilibrado, apresentando valores zero de excedente hídrico. Por outro lado, notou-se que quando o excedente hídrico foi positivo (maior que zero milímetros) os níveis de água no poço PB17 permaneceram entre 9,40 e 16,10 m. Portanto, a partir do exposto entende-se que houve recarga aquífera indireta através das camadas sedimentares, ou seja, por fluxo subterrâneo para o Campus da UFSM.

Outra característica importante, no estudo dos aquíferos é o reconhecimento da superfície potenciométrica (Figura 36), pois além de expressar o tempo de recarga dos aquíferos em função da distância da superfície do solo, pode representar a fragilidade que o meio apresenta em ser contaminado. Baixos valores da superfície potenciométrica indicam sua proximidade da superfície do solo, enquanto valores elevados representam maiores profundidades em relação à superfície, isto é, indicam que esta questão é relevante quando se verifica a qualidade das águas subterrâneas, avaliando-se as direções preferenciais de fluxo subterrâneo se houver uma contaminação da superfície.

Utilizando-se o posto de combustível, como exemplo, localizado na entrada do Campus da UFSM, como um ponto potencialmente contaminante em caso de vazamento de combustíveis e/ou resíduos de lavagens, poderá afetar os poços tubulares PB5 e PB15 (Setor 2) especialmente o poço PB5 que dista 219m do posto de combustível. Nessa área o fluxo subterrâneo é de NW para SE conforme indicado na Figura 36.

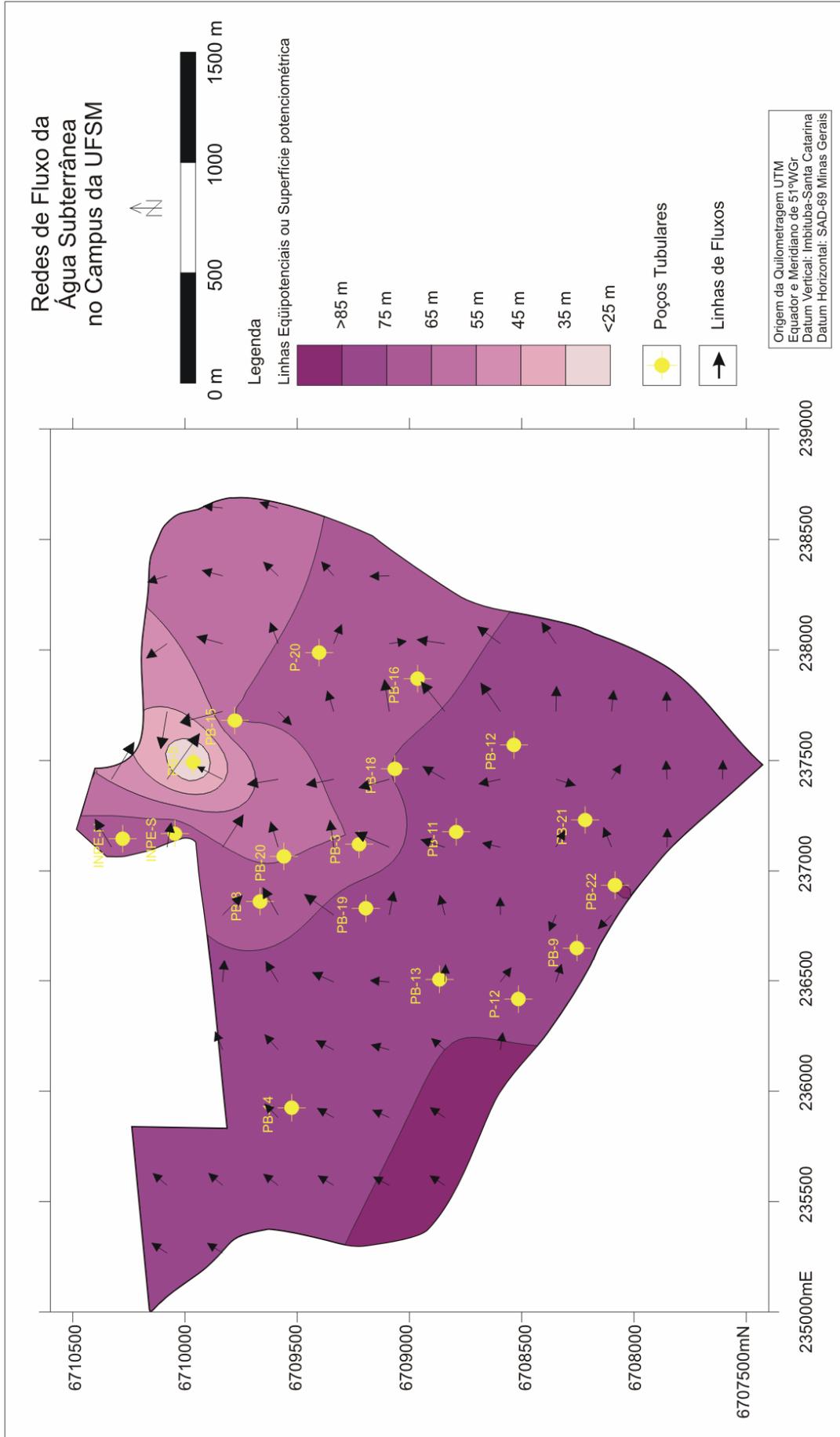


FIGURA 36 - Redes de Fluxo (superfície potenciométrica e linhas de fluxo) da água subterrânea no Campus da UFSM

O mapa da rede de fluxo apresenta certa semelhança com os mapas de altitude e geológico, sendo que ao Norte o nível das águas subterrâneas é mais próximo da superfície, atingindo cerca de 25 metros de profundidade, no entanto a classe predominante é entre 75 e 85 metros, onde se situam nove poços, a outra classe expressiva no Campus é a superfície que fica entre 65 e 75 metros onde sete poços foram localizados.

A superfície potenciométrica também foi representada através da construção de um perfil dos poços (Figura 37), o qual também pode indicar a direção de fluxo das águas subterrâneas mais detalhadamente.

Este perfil foi construído considerando-se os poços por ordem crescente de altitude, onde se verifica claramente que a superfície potenciométrica não coincide com o traçado da superfície do terreno. Nota-se que há um fluxo descendente dos poços PB20 para o PB5; do PB18 para o PB3 e PB15; do PB19 para o PB16, PB11, INPE Sul e INPE Norte; do PB12 para o INPE Norte e PB21, também há uma tendência do poço PB22 para o PB9 e PB14. O nível das águas subterrâneas encontra-se a pequena distância da superfície nas proximidades dos poços PB12, PB18 e PB19 representando maior risco potencial; enquanto, nas proximidades dos poços PB5 e INPE Norte este nível encontra-se mais profundo representando menor risco de contaminação da superfície do terreno.

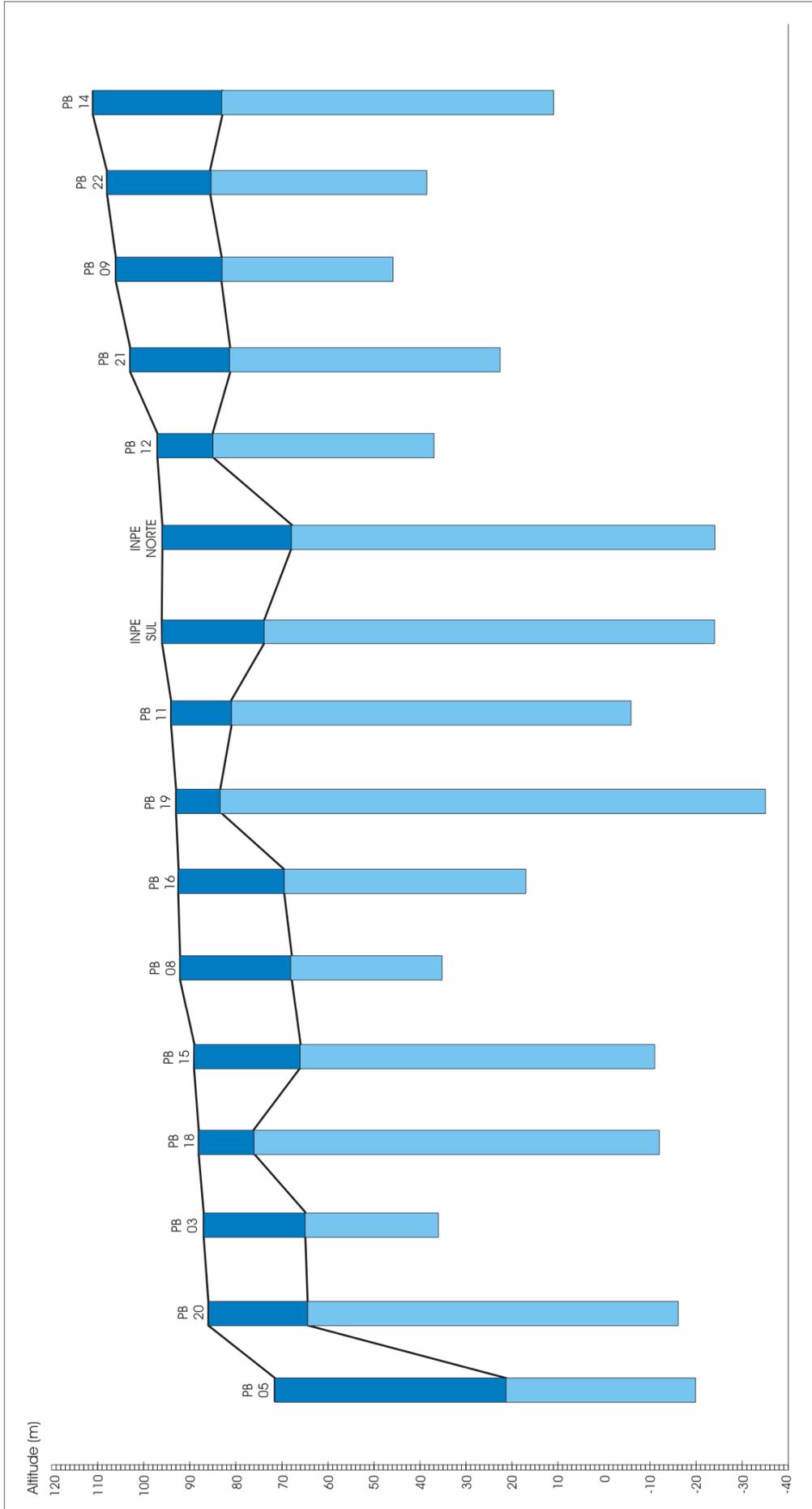


FIGURA 37 - Perfil da superfície potenciométrica, considerando os dados dos poços tubulares

4.2. Aspectos Qualitativos das Águas dos Poços do Campus da UFSM

4.2.1. Parâmetros físico-químicos

A qualidade da água subterrânea depende tanto das substâncias dissolvidas nela quanto de certas propriedades e características que estas substâncias dão a água, bem como das rochas por onde circulam ou dos produtos que possam atingi-la.

Analisando-se os dados obtidos dos poços presentes no Campus da UFSM, conforme disposto no Anexo 2, destaca-se que os poços PB1 (Colégio Agrícola), PB2 (Edifício da Administração), PB4 (Centro de Tecnologia), PB6 (Almoxarifado) e PB7 (Edifício da Administração Central) estão desativados e não possuem análises físico-químicas. Já os poços PB10 (Zootecnia) e PB17 (Biblioteca) estão desativados, mas possuem análises físico-químicas realizadas em anos anteriores ao presente estudo. Enquanto os poços PB14 e INPE N estão ativados, mas suas análises físico-químicas não foram disponibilizadas.

Considerando que o valor de pH determina a solubilidade de muitos solutos, somente alguns íons como cloreto, potássio e nitrato sofrem poucas variações de solubilidade em toda a faixa de pH. A maioria dos íons metálicos formam cátions em águas ácidas, e precipitam na forma de hidróxidos ou sais básicos (Fenzl, 1985).

A Figura 38, ilustra a faixa de variação do pH em dezessete poços tubulares sendo possível observar que o pH mínimo foi de 5,5 nos poços PB3 e PB18, enquanto o pH máximo foi 9,0 no poço PB5. Os poços PB3, PB11, PB12, PB13, PB16, PB18 e PB22 estão abaixo do limite mínimo estabelecido pela OMS (que varia de 6,5 a 8,5) e apenas o poço PB5 ultrapassa este limite máximo.

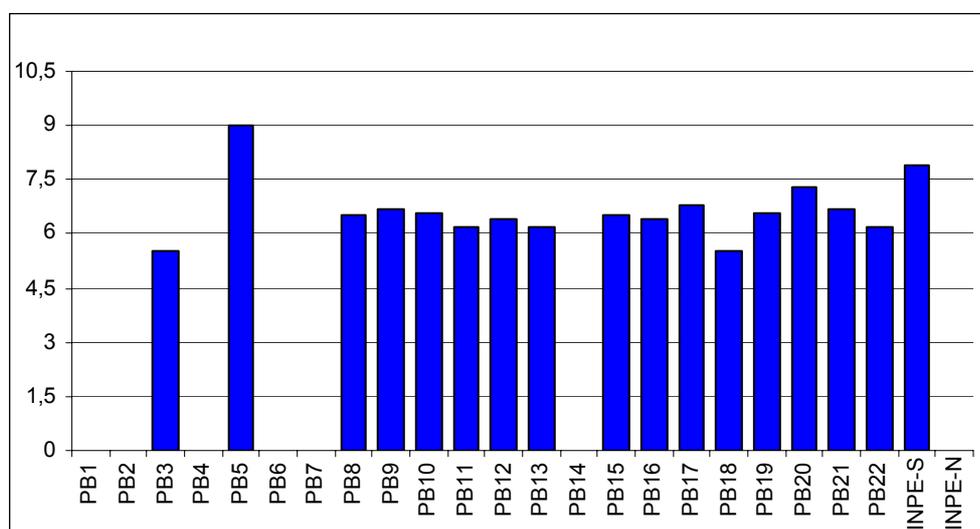


FIGURA 38 - Variação do pH na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Segundo os padrões estabelecidos pela Portaria nº518/2004 cujos limites de pH variam de 6,0 a 9,5 apenas os poços PB3 e PB18 estão abaixo do limite mínimo, além disso, nenhum ultrapassa o limite máximo. Salienta-se que o Setor 1 é abastecido pela mistura das águas subterrâneas dos poços tubulares PB3, PB8 e PB20 e são canalizadas para o Reservatório Central. Já o poço tubular PB18 abastece o setor 3 e não vem passando por tratamento físico químico para correção do pH, nem cloração até o presente.

Analisando-se o parâmetro cor, especial cuidado deve ser tomado na anotação do pH em que foi realizada a medida, pois sua intensidade aumenta com o pH, da mesma forma a cor é influenciada pelo teor de matéria sólida em suspensão (turbidez) que devem ser eliminadas antes de medir (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Na água, a cor pode ser de origem mineral ou vegetal e o método de avaliação da unidade de cor é o de comparação com o padrão de cobalto-platina e determinada pela Unidade Hazen (uH) ou miligrama de platina cobalto por litro (mg Pt-Co/L), (Batalha e Parlato, 1997). Tanto a OMS quanto a Portaria nº518/2004 não apresentam limite máximo ou mínimo, para avaliação da cor, mas recomendam que os valores não devam ultrapassar de 15uH. Neste sentido, observa-se na Figura 39, que apenas o poço PB17 ultrapassou os valores de 15uH, mas este poço nunca foi usado para abastecimento de água e encontra-se desmoronado.

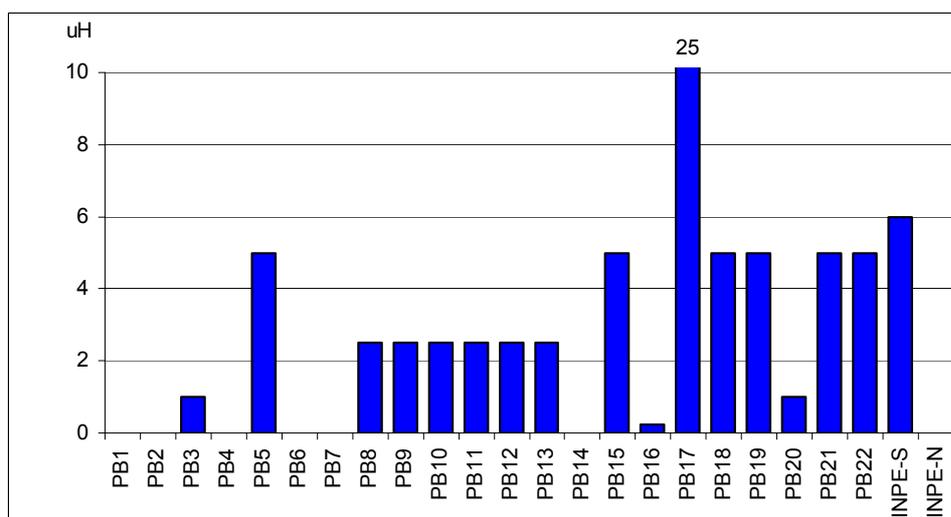


FIGURA 39 – Variação da cor (uH) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Considerando-se a variação de turbidez, das águas subterrâneas do Campus a partir do registro dos poços, conforme disposto na Figura 40, verifica-se que os Poços PB13, PB17 e

PB20 ultrapassam os valores de 5 UNT, limite máximo estabelecido pela OMS e pela Portaria nº518/2004.

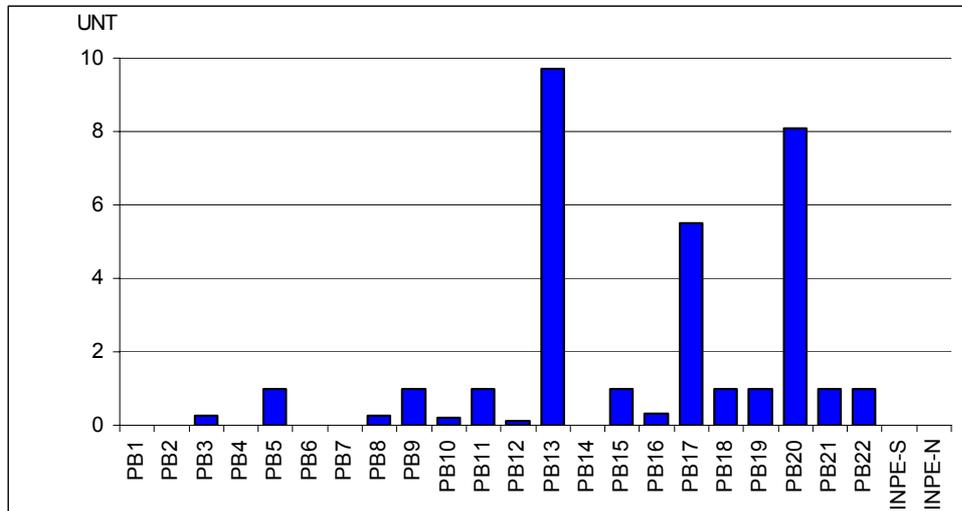


FIGURA 40 – Variação da Turbidez (UNT) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Altas concentrações de íon cloreto nas águas podem trazer restrições ao sabor, e a tolerância dos seres humanos para com os cloretos varia com o clima e os hábitos alimentares. O cloro ainda serve para controlar o gosto e o odor, além da remoção de ferro e manganês das águas de abastecimento (Batalha e Parlatore, 1977). Nenhum poço ultrapassou o valor máximo de 250 mg/L, estabelecido pela OMS e pela Portaria nº518/2004, conforme pode ser observado na Figura 41. Informa-se que ainda não é rotina a avaliação da concentração do teor de cloro residual na rede de distribuição conforme Portaria N°518/2004.

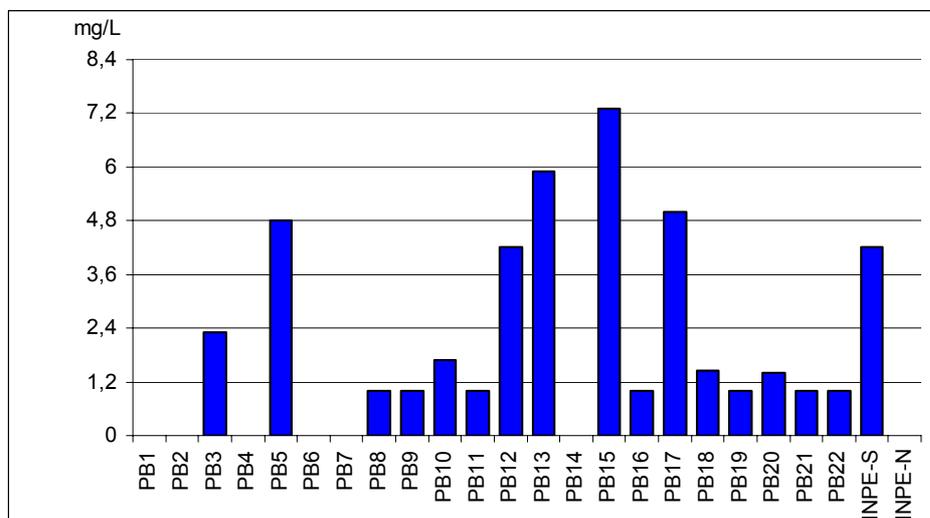


FIGURA 41 – Variação da concentração de cloro (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Os fluoretos ocorrem tanto em rochas sedimentares como em rochas ígneas. Até certa concentração reduz a cárie, em maiores concentrações causa manchas nos esmaltes dos dentes, conhecida como fluorose dentária, também pode causar danos no esqueleto de crianças e adultos (Batalha e Parlatore, 1977).

Observando-se a Figura 42, as faixas de variação dos teores de fluoretos apresentaram baixa concentração nas águas dos poços tubulares avaliados e em nenhuma amostra foi superior ao Valor Máximo Permitido (VMP), pela OMS e pela Portaria nº518/2004.

Salienta-se que a maioria das águas dos poços tubulares encontra-se abaixo da faixa recomendável pelo Estado do Rio Grande do Sul, que varia de 0,6 a 0,9 mg/L, indicando que deve ser adicionado flúor as águas de abastecimento. Salienta-se que este procedimento não está ocorrendo na UFSM até o presente momento. A faixa de variação observada foi de 0,2 a 0,3 mg/L de flúor (Silvério *et al.*, 2000).

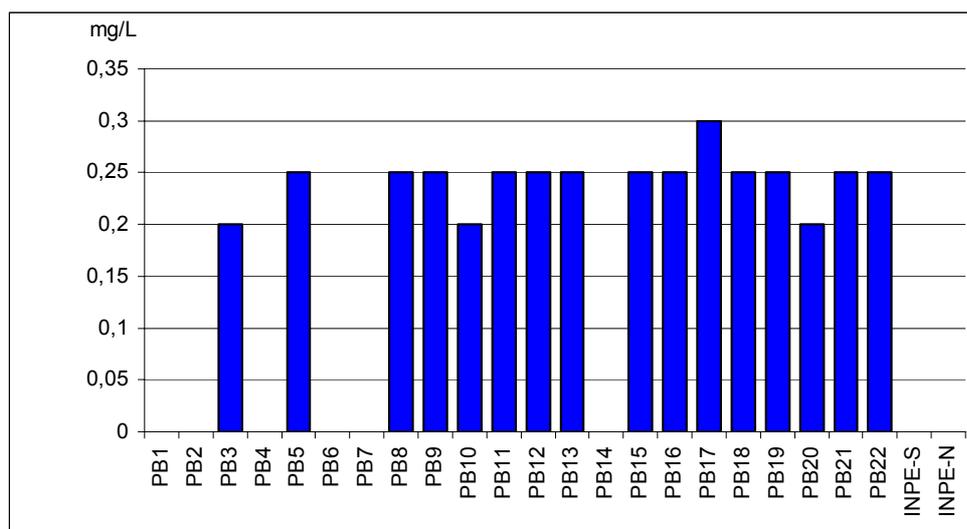


FIGURA 42 - Variação da concentração de Flúor (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

A dureza total surge na água através da dissolução de rochas calcárias (que contém cálcio e magnésio) ou de minerais contendo estes elementos. A Dureza total não causa problemas sanitários, alguns estudos realizados em áreas de maior dureza indicaram menor incidência de doenças cardíacas. Em determinadas concentrações causa sabor desagradável na água. Reduz a formação de espuma implicando em maior consumo de sabão (Baumgarten, 2001).

Segundo a OMS e a Portaria nº518/2004 o VMP recomendado é de 500mg/L. Assim, observando-se a Figura 43, nota-se que todos os poços tubulares com bomba submersa

analisados, possuem valores abaixo do recomendado, sendo que o máximo atingido entre as amostras foi no poço PB17 com o valor de 150mg/L.

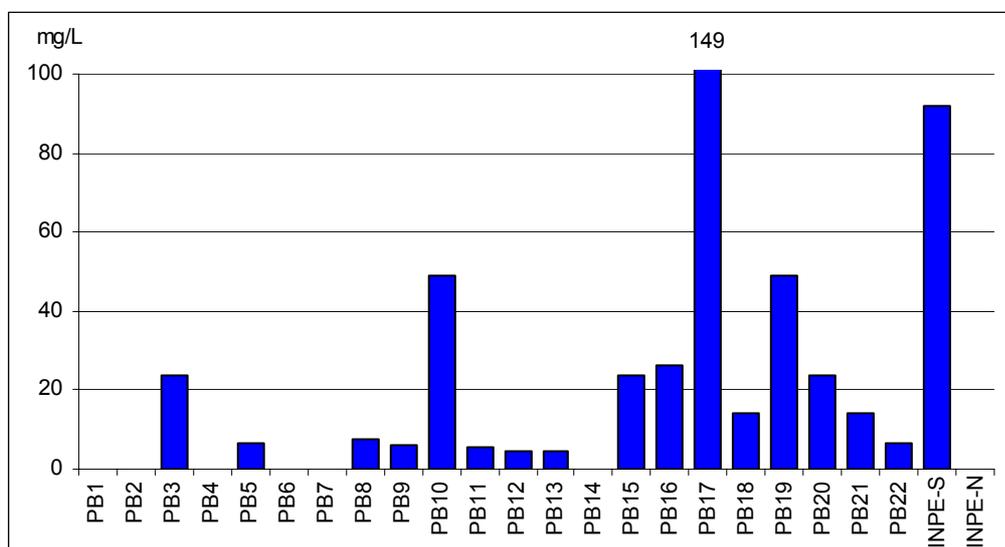


FIGURA 43 - Variação da Dureza Total (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

O cálcio é o elemento de maior quantidade na maioria das águas e rochas do planeta. É comum precipitar-se como carbonato de cálcio (CaCO_3). Comumente apresenta-se sob a forma de bicarbonato. A solubilidade do bicarbonato de cálcio aumenta a presença de sais de Na^+ e K^+ (Feitosa e Manoel Filho, 1997).

Sua concentração também está relacionada com o teor de gás carbônico dissolvido, que por sua vez depende da temperatura e da pressão, indo assim determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio. As variações de temperatura e pressão que levam a modificação de CO_2 dissolvido na água refletirá no conteúdo de cálcio levando a solubilização do carbonato de cálcio ou sua precipitação (Zimbres, 2003).

Tanto a OMS quanto a Portaria nº518/2004 não fazem referência a concentração de cálcio isoladamente, mas este elemento aparece associado à dureza total. Conforme a Figura 44, constata-se que a maioria das amostras de águas dos poços PB varia de 1,2 a 10mg/L; portanto, não atinge a quantidade mínima comumente encontrada nas águas subterrâneas que é de 10 a 100 mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997). No entanto os poços PB19, PB17 e INPE Sul atingem respectivamente os valores de 13mg/L, 25mg/L e 36mg/L.

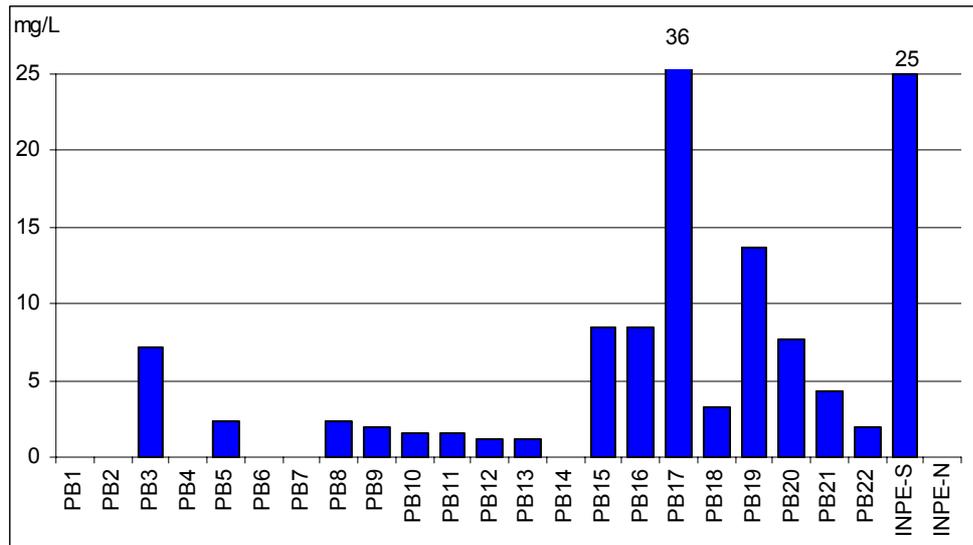


FIGURA 44 - Variação da concentração do cálcio (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Observando-se a Figura 45, os valores da concentração de magnésio na maioria dos poços PB analisados estão entre menos de 0,10 a 1,50 mg/L, com exceção do poço PB17 que foi 14,00 mg/L e do poço INPE Sul que atingiu 7,20 mg/L. A faixa de magnésio atingida em quase todos os poços PB é muito baixa em relação ao que comumente ocorre nas águas subterrâneas, entre 1,00 e 40,00mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997). Destaca-se que tanto a OMS e quanto a Portaria nº518/2004 não indicam limites para este elemento nas águas para consumo humano.

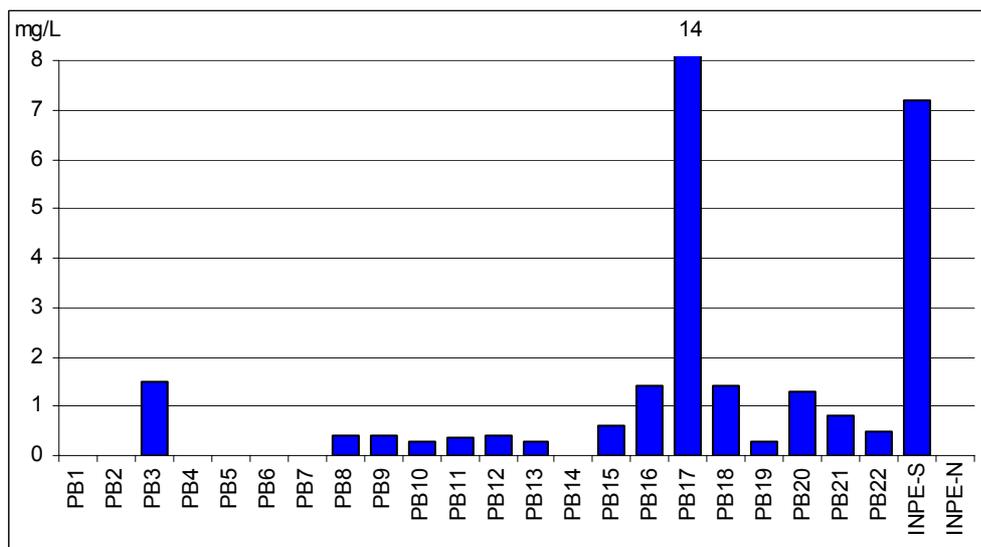


FIGURA 45 - Variação da concentração de magnésio (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Conforme a OMS e a Portaria nº518/2004 o valor Máximo Permitido (VMP) é de 0,3 mg/L. E na Figura 46, somente os poços PB17 e o INPE Sul, respectivamente, com 0,9 mg/L e 0,47 mg/L não estão dentro da faixa de valores permitidos para consumo humano. Persistindo esses resultados em análises futuras, as águas do poço tubular INPE Sul deverão ser tratadas com atenção, verificando se estas concentrações de ferro não são provenientes da tubulação, podendo deixar de ser destinadas para consumo humano.

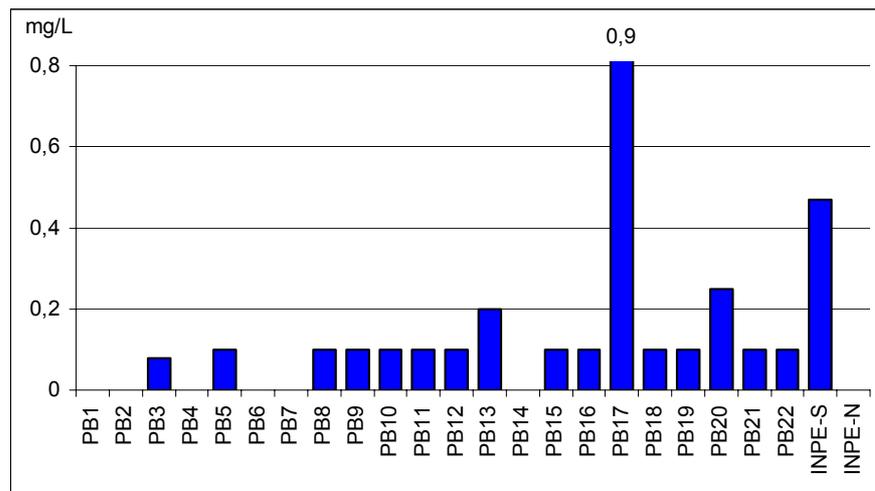


FIGURA 46 - Variação de concentração de ferro (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

O manganês é o elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico, ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/L, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros (Feitosa e Manoel Filho, 1997). Conforme exposto na Figura 47, somente o poço PB17 ultrapassou os limites fixados em 0,1mg/L tanto pela OMS quanto pela Portaria nº518/2004.

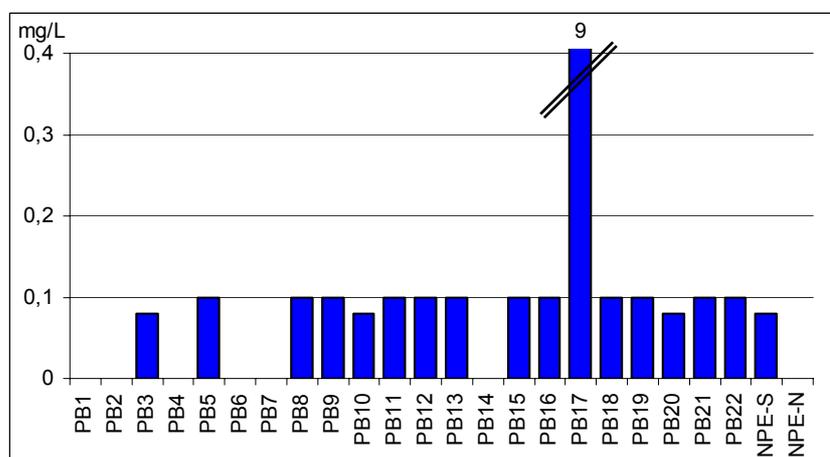


FIGURA 47 - Variação da concentração de manganês (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

O parâmetro DQO indica a quantidade de oxigênio para a oxidação química completa da matéria oxidável total presente nas águas, tanto orgânica como inorgânica (como de substâncias capazes de consumir O_2 , Fe^{+2} , Mg^{+2} , NH_4^+ , etc.).

Em locais que contém substâncias tóxicas para as bactérias decompositoras, a única maneira de determinar-se a carga orgânica será pela DQO ou carbono orgânico total, já que a DBO_5 não pode ser aplicada, porque há morte das bactérias. Quando uma amostra contém somente nutrientes e não compostos tóxicos, o resultado da DQO, pode também ser usado para estimar-se o valor da DBO_5 carbonácea (resultante da decomposição da matéria orgânica ou carbono orgânico), (Silva, 1990).

Salienta-se que devido ao maior custo e ao maior tempo demandado para análise laboratorial da DBO, esta, vem sendo parcialmente substituída em monitoramentos pela DQO (Silva e Mendonça, 1996).

Nas águas subterrâneas, os valores de concentração comumente situa-se na faixa entre 1 e 5 mg/L de O_2 , os valores acima de 10 mg/L de O_2 podem ser um claro indicio de contaminação (Santos, 1997).

Observando-se a Figura 48, nota-se que os valores de concentração da DQO dos poços PB, variam de 0,6 a 2,6mg/L. Destaca-se que os valores mínimos ou máximos permitidos não são salientados pelas legislações consideradas no presente trabalho. A faixa de concentração observada para DQO indica que não ocorre indicio de contaminação, de acordo com o exposto por Santos (1997).

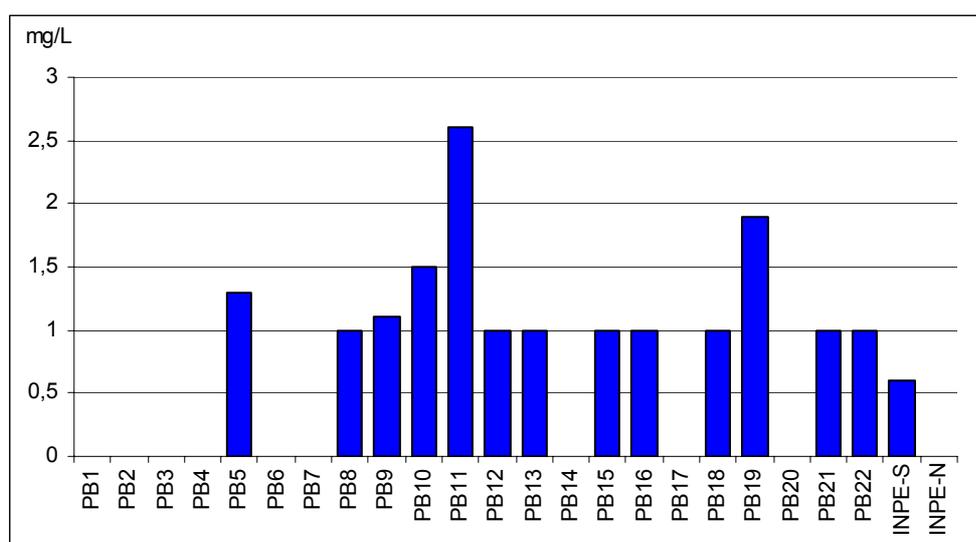


FIGURA 48 - Variação da concentração da DQO (mg/L) na água dos poços tubulares com bomba submersa.

Nas análises realizadas no laboratório do Centro de Tecnologia identificou-se os parâmetros que constam no Quadro 7, e verificou-se certa variação em relação aos dados pré-existentes que foram coletados.

QUADRO 7 - Análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Depto de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM em 02/09/2004

Poço	Temp. ar (°C)	Temp. água (°C)	pH	Turbidez (UNT)		Condutividade Elétrica (µS/cm)	STD (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Cloretos (mg/L)
				1	2					
PB5	22	21	8,652	0	0	402,0	261	287,2	3,00	2,53
PB8	22	20	5,785	0	5,06	101,1	66	151,6	3,32	2,02
PB14	22	19,8	5,880	0	7,17	66,5	43	132,8	0,76	0
PB18	22	19,9	5,219	0	1,44	64,8	42	68,0	1,03	3,54
PB20	22,8	21	7,451	2	0	319,0	207	209,2	1,48	2,02

A temperatura do ar é mais ou menos igual em todos os lugares em que estão os poços, sofrendo apenas uma amplitude de +0,8°C em função das variações diárias em relação ao aquecimento solar. As amostras foram coletadas em diferentes horários no período das 9h 20min às 10h30min. Já a temperatura da água teve uma variação de 1,1°C coincidindo a maior temperatura do ar com a maior temperatura da água subterrânea no poço PB20.

O pH conforme a OMS está abaixo do valor mínimo permitido nos poços PB8, PB14 e PB18, logo, as águas possuem um pH ácido. Porém o pH do poço PB5 está acima do limite máximo e somente o poço PB20 está dentro dos limites aceitáveis. Para a Portaria nº518/2004 os poços PB8, PB14 e PB18 estão fora da faixa de pH recomendada para o sistema de distribuição, devendo ser corrigidos ou misturados a outras águas para adequação.

A verificação da turbidez foi realizada com dois aparelhos **1**- Turbidez medida com o aparelho Orbeco modelo 966 e **2** - Turbidez medida com o aparelho Solar Instrumental modelo SL2K. Os poços PB8 e PB14 apresentaram valor de turbidez acima do máximo permissível segundo a OMS e a Portaria nº518/2004 considerando-se as análises realizadas com o aparelho **2**. Em quatro amostras houve uma diferença significativa o que pode ser atribuído a falta de calibragem adequada do aparelho.

Observa-se que os poços que obtiveram maior condutividade elétrica tais como os poços PB5 e PB20 foram também os que apresentaram maiores valores para sólidos totais (ST). Os sólidos totais não são referenciados pela OMS nem pela Portaria nº 518/2004, mas os sólidos totais dissolvidos (STD) possuem como limite máximo permissível (VMP) 1000mg/L em

ambas legislações. Neste contexto todos os poços do Quadro 3, estão inseridos dentro deste limite. Utilizando-se os valores de STD em mg/L em relação à classificação das águas Resolução N°20/1986 do CONAMA, todas são doces, isto é, com concentração de sais inferiores a 500 mg/L.

Nas águas subterrâneas a DBO₅ é inferior a 1mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997) e constatou-se que apenas o poço PB14 está abaixo deste limite, não ocorrendo o mesmo com os demais poços analisados que possuem valores superiores, indicando uma possível contaminação. No entanto, nem a OMS nem a Portaria n° 518/2004 fazem referência a este parâmetro.

Em relação aos cloretos todas as águas dos poços analisados apresentaram valores abaixo do limite máximo permitido (VMP) tanto pela OMS quanto pela Portaria n° 518/2004.

Na Figura 49 estão dispostos os valores de pH dos poços que utilizam compressor (P1, P18 e P20), onde se verifica que os poços P1 e P18 estão no limite aceitável segundo a Portaria n°518/2004 (que varia de 6,0 a 9,5), mas o poço P20 está levemente fora do limite mínimo aceitável pela OMS (que varia de 6,5 a 8,5).

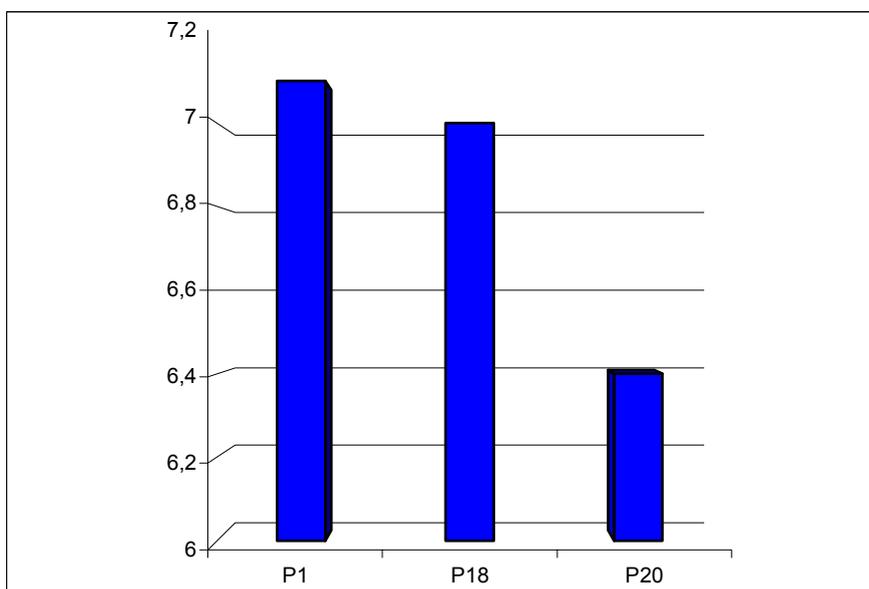


FIGURA 49 - Variação do pH na água dos poços tubulares com compressor.

Quanto ao parâmetro cor (uH) das águas dos poços com compressor, exposto na Figura 50, todos os poços (P1, P18 e P20) estão dentro do padrão máximo aceitável segundo os limites estabelecidos pelo OMS e pela Portaria n°518/2004 (15uH).

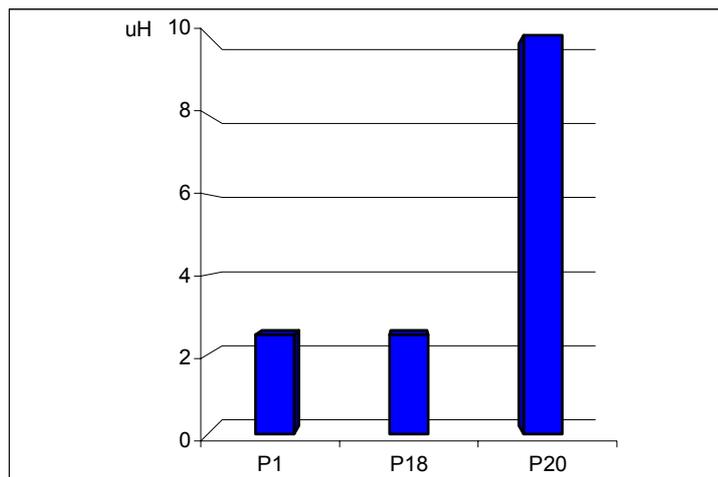


FIGURA 50 - Variação da cor (uH) na água dos poços tubulares com compressor.

Em relação aos valores de turbidez (UNT), exposto na Figura 51, o poço P20 encontra-se fora do limite mínimo segundo a OMS e a Portaria nº518/2004 (que corresponde a 5 UNT), merecendo cuidados no uso humano e maior frequência de análises.

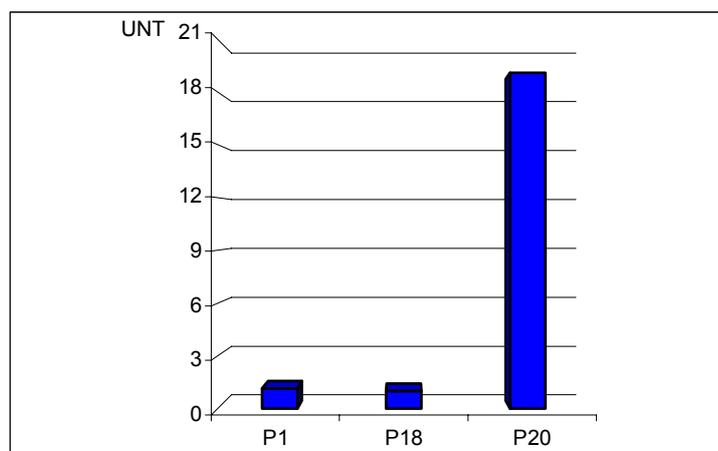


FIGURA 51 - Variação da Turbidez (UNT) na água dos poços tubulares com compressor.

Na Figura 52, estão representados simultaneamente os valores de cloro (mg/L), flúor (mg/L), dureza total (mg/L), manganês (mg/L), ferro (mg/L), magnésio (mg/L), cálcio (mg/L) e DQO (mg/L) dos poços (P) tubulares com compressor. Destaca-se que nesta figura constam apenas os dados dos poços P1, P18 e P20, embora os poços P12 e P17 estejam ativados não foram disponibilizados suas análises físico-químicas.

Verificando-se os valores de cloro segundo as legislações consideradas, nenhum poço encontra-se fora dos padrões estabelecidos. O mesmo ocorre com os valores de flúor, dureza total, manganês e ferro.

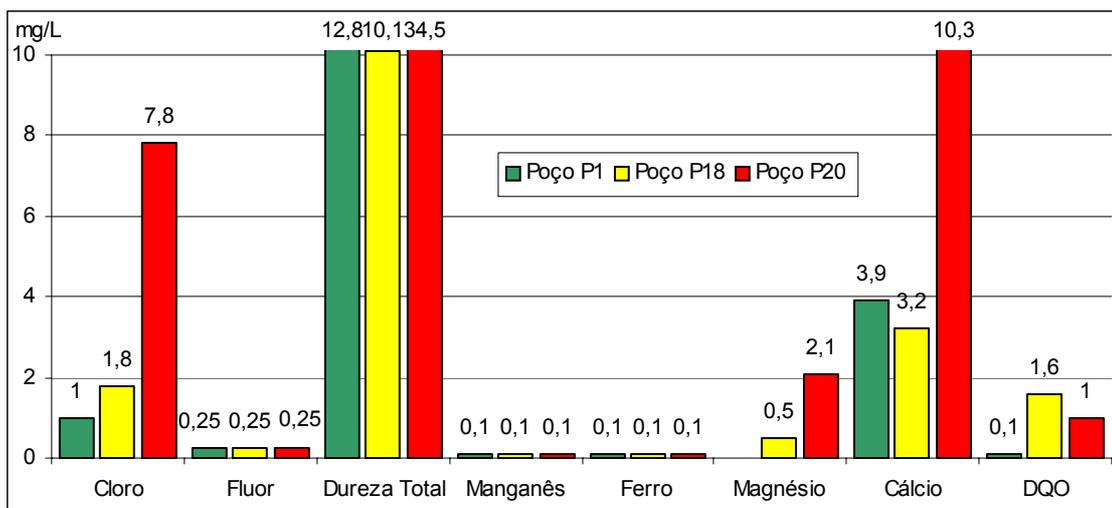


FIGURA 52 - Variação dos parâmetros Cl^- , F^- , dureza total, Mn^{+2} , Fe^{+2} , Mg^{+2} , Ca^{+2} e DQO (mg/L) na água dos poços tubulares com compressor.

Conforme demonstra a Figura 52, os valores de concentração de magnésio são de 0,50 e 2,10 mg/L, nos poços P18 e P20 respectivamente, não atingindo o valor que comumente ocorre nas águas subterrâneas, entre 1,00 e 40,00mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997). No poço P1 não se obteve informações a respeito desse parâmetro. Observando-se os valores de cálcio verifica-se que os poços P1 e P18 apresentam baixo teor, enquanto o poço P20 insere-se dentro do limite comumente encontrado entre as águas subterrâneas de 10 - 100mg/L (Feitosa e Manoel Filho, 1997). Quanto à concentração de DQO, os poços P1, P18 e P20 apresentaram valores dentro da faixa comum nas águas subterrâneas de 1 a 5 mg/L (Zimbres, 2000).

A OMS e a Portaria nº518/2004 não fazem referência a limites de condutividade elétrica nas água. No entanto, segundo Chapman e Kimstach (1998) a condutividade elétrica em águas doces variam de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Comparando-se os valores desse parâmetro entre os poços com bomba submersa e com compressor que detinham essas informações, verifica-se na Figura 53, que os poços com maior valor de condutividade elétrica foram o poço INPE Sul (410 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o poço PB5 (402 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o poço PB17 (388,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o poço P20 (319 $\mu\text{S}/\text{cm}$), o poço PB10 (110 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e o poço PB8 (101,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) os demais (P12, P17, P20, PB6, PB14, PB18) apresentaram valores abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando águas desmineralizadas com baixíssimas concentrações de sais dissolvidos, podendo ser consideradas águas leves.

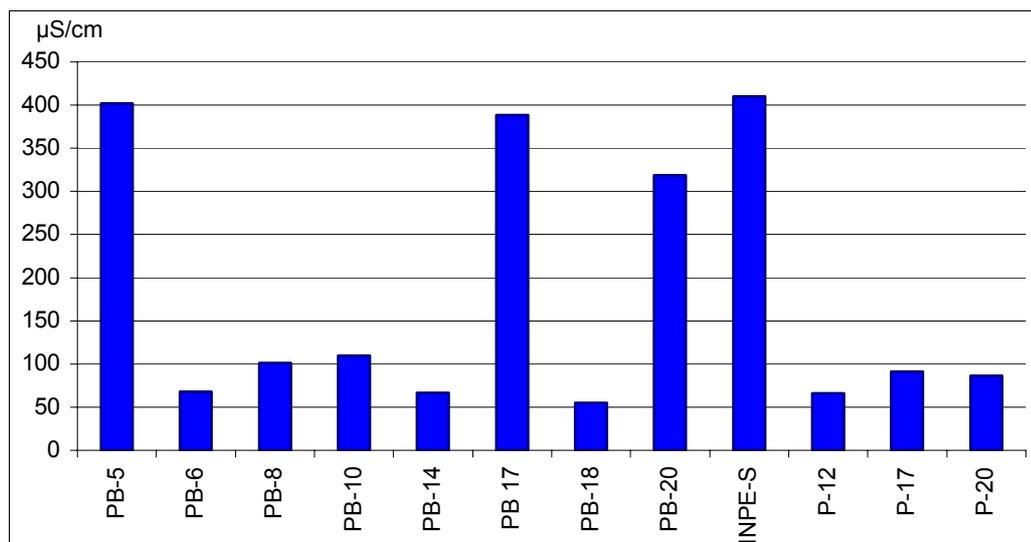


FIGURA 53 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) na água dos poços tubulares do Campus

É importante destacar que, no Campus da UFSM que a frequência de amostragem é de apenas cinco análises físico-químicas, de dois em dois meses dos poços e/ou dos reservatórios de água realizadas no LAQIA as análises físico-químicas e as bacteriológicas no Laboratório da Saúde da Comunidade. Sendo que até novembro de 2004 não foram realizadas as análises físico-químicas. Durante o desenvolvimento do presente trabalho realizou-se cinco análises, no Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM, e não foi possível realizar mais em função da dificuldade em se efetivar as coletas das amostras de água dos poços uma vez que a maioria não apresenta torneira entre o poço tubular e o reservatório. Para realizar coletas das amostras de água há necessidade de acompanhamento do pessoal do Setor de Manutenção da UFSM, o que torna-se muito difícil devido ao quadro de pessoal ser muito reduzido.

4.2.2. PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS

Um dos mais importantes aspectos de poluição das águas está relacionado com a contaminação por coliformes totais e fecais, que está diretamente associado às doenças que tem como veículo à água.

No campus da UFSM, os laudos bacteriológicos estão associados à limpeza e desinfecção dos reservatórios que são realizados a cada seis meses. As análises bacteriológicas dos poços são efetivadas a cada dois meses, sendo que se o laudo for positivo

realiza-se nova análise após a cloração, caso contrário coletam-se amostras dos demais poços até fechar o ciclo de verificação. Esse trabalho é realizado por uma equipe treinada da Seção de Hidráulica e Saneamento, sendo supervisionada por um mestre de ofício em água e esgoto e sob orientação do Departamento de Saúde da Comunidade e pela Comissão Ambiental desta Universidade, seguindo a rotina de trabalho que consta no Anexo 6.

As análises bacteriológicas são feitas pelo método dos tubos múltiplos, enquanto a contagem de coliformes é pelo número mais provável. Essas análises são realizadas pelo Laboratório de Exame Bacteriológico de Água do Departamento de Saúde da Comunidade, Centro de Ciências da Saúde. No laudo bacteriológico estão dispostos: número da amostra, data e natureza da análise, procedência da amostra (que pode ser dos poços tubulares, dos reservatórios ou das torneiras dos prédios), resultado e interpretação. Quando o resultado da análise é negativo, o laudo apresenta a Pesquisa de Coliformes Totais: ausência de coliformes totais/NMP 100ml, sendo que a Pesquisa de Coliformes Fecais: ausência de coliformes fecais/NMP100ml. Quando o resultado da análise é positivo, o laudo apresenta a Pesquisa de Coliformes Totais: presença de coliformes totais/NMP 100ml e a Pesquisa de Coliformes Fecais: ausência de coliformes fecais/NMP100ml. Na interpretação dos resultados quando negativo consta: amostra de água sem contaminação de ordem bacteriológica em condição de potabilidade higiênico-sanitárias normais, porém quando positivo a interpretação exprimi: amostra de água sem condições de potabilidade higiênico-sanitária.

Para a execução dos laudos bacteriológicos utilizava-se os parâmetros de referência estabelecido pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde, mas a partir de maio de 2004 passou-se a utilizar os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº518 do Ministério da Saúde que entrou em vigor em 25 de março de 2004. Também consta no laudo uma observação feita pela equipe do Setor de Hidráulica e Saneamento quando o resultado das análises é positivo citando a data da desinfecção dos reservatórios e a cloração dos poços (Anexo 6).

A desinfecção dos reservatórios é feita com um litro de hipoclorito de sódio líquido para cada mil litros de água com a concentração a 10%, necessita-se um prazo mínimo de 12 horas sem uso dessa água, este procedimento também usado no hidrojetor de cloração permanente. O hipoclorito de cálcio granulado é aplicado diretamente no reservatório na quantia de 20mg/L.

Nos poços tubulares em que há cloração com o equipamento hidrojetor, como no poço PB8 há um fluxo contínuo da solução que é levada por encanamento plástico até a base onde se situa a bomba submersa, clorando-se toda a coluna de águas, Figura 4 (c).

Foram realizadas algumas análises bacteriológicas com amostras coletadas diretamente dos poços, conforme demonstra o Quadro 4, sendo dois laudos efetivados em 1998, dos poços P14 e PB10. Em 1999 constam os laudos dos poços P1, P4 (foi clorado e desativado), PB16 e PB19.

Em 2000 foram analisados os poços P1, PB3, PB5, PB8 (duas análises foram positivas e foi instalado clorador, posteriormente um terceiro laudo já foi negativo, o quarto laudo positivo, sendo necessário tratamento químico da água antes de uso), PB13, PB15 (duas análises, a primeira positiva, após cloração a segunda foi negativa) e PB16.

No ano de 2001 foram disponibilizados os laudos dos poços PB11 (três análises: positivo, negativo e positivo respectivamente), PB15 (positivo e negativo), PB 16, PB18, PB19, PB20, P1, P6, P14 e P15. Em 2002 consta apenas um laudo de poço, referente ao PB12. Em 2003 P17, PB15 (duas análises, uma positiva e outra negativa), PB 22 e PB21 (positivo).

Em 2004 foram realizados apenas os laudos dos poços P12 (positivo), P15, P17 (positivo), P20, PB11, PB14 (positivo), PB15, PB19, PB20. As análises bacteriológicas dos poços do INPE são encaminhadas pela PRT, que contrata um laboratório externo à UFSM, mas não foram disponibilizadas.

QUADRO 8 - Análises bacteriológicas das águas dos poços do Campus da UFSM no período entre 1998-2004.

Amostra	Ano	Dia/mês	Resultado	
			Positivo	Negativo
PB14	1998	19 outubro		X
P10	1998	19 outubro		X
P4	1999	31 maio	X	
P4	1999	01 julho	X	
PB16	1999	28 outubro		X
PB16	1999	28 outubro		X
P1	1999	29 outubro		X
PB19	1999	08 dezembro		X
PB5	2000	19 abril		X
PB20	2000	24 abril		X
PB3	2000	24 abril		X
PB15	2000	24 abril	X	
PB8	2000	08 maio	X	
PB15	2000	08 maio		X
PB8	2000	11 maio	X	
P1	2000	22 maio		X

PB16	2000	22 maio	X	
PB8	2000	27 setembro	X	
PB5	2000	27 setembro		X
PB8	2000	02 outubro	X	
PB5	2000	02 outubro	X	
PB13	2000	22 dezembro	X	
PB11	2001	12 dezembro	X	
PB11	2001	21 fevereiro		X
PB11	2001	23 fevereiro		X
PB19	2001	24 fevereiro		X
INPESul	2001	09 abril		X
PB15	2001	26 junho	X	
PB15	2001	09 julho	X	
PB18	2001	09 setembro		X
P15	2001	15 outubro		X
P14	2001	24 outubro		X
P6	2001	24 outubro		X
PB11	2001	24 outubro		X
P1	2001	24 outubro		X
PB20	2001	24 outubro		X
PB16	2001	24 outubro		X
PB12	2002	24 maio		X
P17	2003	12 maio	X	
PB15	2003	27 maio	X	
PB15	2003	07 julho		X
PB22	2003	21 novembro		X
PB21	2003	21 novembro	X	
PB14	2004	08 abril	X	
PB20	2004	08 abril		X
P12	2004	08 abril	X	
P17	2004	08 abril	X	
P20	2004	08 abril		X

Para representar os dados expostos neste Quadro, elaborou-se o gráfico da Figura 54, que representa a porcentagem entre os laudos positivos e negativos, realizados entre os anos de 1998 e 2004.

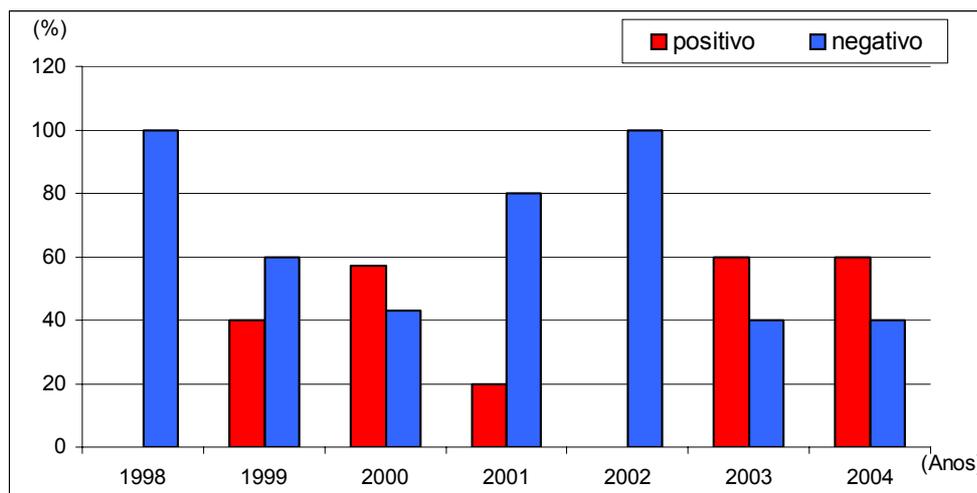


FIGURA 54 - Comparação entre os resultado (positivo/negativo) das análises bacteriológicas das águas dos poços do Campus da UFSM (1998-2004).

Têm-se duas amostras no ano de 1998 responsável pelo resultado 100% negativo.

Em 1999 ocorreram cinco análises bacteriológicas dos poços que representaram 40% positivas e 60% negativas.

No ano 2000 haviam 14 amostras totalizando 57% positivo e 43% negativo.

Em 2001 foram realizadas 15 amostras, 20% positivas e 80% negativas.

Apenas uma análise bacteriológica dos poços foi realizada em 2002, responsável pelo valor de 100% negativo.

Já em 2003 obteve-se cinco análises, sendo 60% positivo e 40% negativo, o mesmo ocorreu no ano de 2004.

A partir destes dados verificou-se que estão sendo realizadas poucas análises bacteriológicas dos poços tubulares ou as informações não foram disponibilizadas.

Quanto às amostras procedentes dos reservatórios ou das torneiras dos prédios segue-se abaixo a descrição por ano.

1995 – foram disponibilizadas 05 análises: dos reservatórios do Bloco 15, Bloco 23, Bloco 42, Bloco 52. Restaurante e União Universitária Todos negativos.

1996 – os dados não foram disponibilizados.

1997 – apenas um laudo da caixa da Lancheria do Prédio da Reitoria do Campus, com resultado negativo.

1998 – obteve-se em 15 de abril, o laudo da amostra de água da caixa d'água da Lancheria do CCR e Lancheria Zanini (funcionando 24 horas) no Hospital Universitário cujo resultado foi positivo. Em 16 de abril foram feitas desinfecções em ambos reservatórios e em 04 de maio novamente foi realizada análise desses reservatórios obtendo-se resultado

negativo. No dia 18 de maio foram coletadas amostras das caixas d'água da Lancheria da União Universitária, Lancheria do CCS; Lancheria do Prédio 20, Lancheria do CT, Lancheria do Prédio da Reitoria, sendo todas negativas. Também em 18 de maio realizaram-se análises da caixa d'água da Lancheria do Parque de Exposições e o resultado foi positivo, assim, em 19 de maio efetivou-se a desinfecção e no dia 29 de maio, novamente foi coletada água nessa lancheria (água da caixa e da torneira) as quais apresentaram resultado negativo. No dia 19 de outubro foram coletadas água dos reservatórios do Tambo, do Hospital Veterinário, da Zootecnia, e seus laudos foram negativos.

1999 – No dia 05 de maio foram coletadas amostras de água da torneira da Lancheria da Prefeitura-UFSM e do Centro de Tecnologia, seus resultados foram negativos. Em 31 de maio coletaram-se água do reservatório do Poço P4-Fitotecnia com resultado positivo, assim, foi localizada a causa da contaminação da água do reservatório e em 10 de junho foi desativado o poço P4-Fitotecnia. Em 03 de julho executou-se a cloração do reservatório e posterior limpeza. No dia 21 de junho obteve-se o laudo da amostra de água da torneira da Farmácia (HCV), negativo. Em 01 de julho coletou-se amostras de água da torneira do laboratório de sementes e da caixa da Fitotecnia ambas tiveram resultado negativo. Em 29 de outubro foram coletadas amostras da caixa d'água do Centro de Tecnologia, em 19 de novembro amostras das torneiras da Biblioteca Central, em 22 de novembro do Centro de Educação (Prédio Novo) e em 01 de dezembro da Reitoria, todas as amostras negativas. No dia 03 de dezembro coletou-se amostra da água da torneira do Parque de Exposição, com resultado positivo e em dezembro/1999 foi feita nova limpeza e desinfecção. Em 06 de dezembro obteve-se os laudos das amostras de água das torneiras do Prédio 20, União Universitária e HUSM todos positivo, em 07 de dezembro realizou-se desinfecção, com cloro e foi instalado um dosador permanente no reservatório do HUSM. Em 06 de dezembro coletou-se água das torneiras da Lancheria do CCS, do Estádio de Futebol, em 08 de dezembro água da torneira do Parque de Exposição, todas com resultado negativo. Em de dezembro, coletou-se amostra da água da torneira da Lancheria do CCR, cujo resultado foi positivo, ocorrendo a desinfecção em 11 de dezembro. Em 13 de dezembro, coletou-se amostras da caixa (superior) do HUSM, Água da caixa (inferior) do HUSM, água das torneiras: no Prédio 20, HCV, da União Universitária, da Lancheria/CCR, todos negativo.

2000 – Em 17 de abril obteve-se as amostras de água das torneiras do Reservatório Central, Prédio 16(CE), CT, Creche, União Universitária, Bloco 11 (CEU II) e em 08 de maio do reservatório Central todos positivo, assim executou-se a desinfecção do reservatório. Em 11 de maio coletou-se amostra da torneira da União Universitária, em 22 de maio da torneira

do Reservatório Central e da torneira da Lancheria do Centro de Tecnologia, todos negativo. No dia 11 de agosto foram coletadas amostras de água da torneira da Copa da Divisão de Manutenção, Creche, União Universitária, Bloco 11, Bloco 21, Reitoria-Térreo, todas negativo. Em 28 de setembro foi coletada amostra de água da torneira do Reservatório Central, negativo. Em 22 de dezembro foram coletadas amostras de água das torneiras do Reservatório Central, Centro de Educação, Bloco 11 CEU II todos negativo.

2001- Em 31 de janeiro, água da torneira do Campus do Colégio Agrícola, (positivo). Em 02 de fevereiro coletou-se água da Piscina Térmica, água das torneiras da Creche, do Bloco 25 CEU II, HCV. Em 21 de fevereiro, coletou-se água do reservatório CAL. Em 17 de março coletou-se água do reservatório do Colégio Industrial. Em 05 de abril coletou-se água das torneiras da Fitotecnia, TAMBO, Colégio Industrial, Prédio 13, Colégio Agrícola. Em 07 de abril coletou-se água do reservatório do Colégio Agrícola. Em 20 de abril coletou-se água da torneira da União Universitária, Reservatório Central. Em 07 de junho coletou-se água da torneira do CT, Fitotecnia, TAMBO, Hospital Veterinário. Em 26 de junho coletou-se água da torneira do Prédio 40-CAL (positivo), Prédio 42-CCR (positivo), Prédio 44-CCR, Bloco 13-CEU II, Lancheria do HUSM. Em 09 de julho coletou-se água da torneira CCR, CAL, CE, Bloco 21, Reitoria. Em 17 de setembro coletou-se água da torneira União Universitária (positivo). No mesmo dia coletou-se água da torneira Prédio 17, Bloco 11 CEU II, Bloco 13 CEU II, Bloco 14 CEU II. Em 24 de outubro coletou-se água da torneira TAMBO, HCV, Colégio Agrícola, CCS, torneira Prédio 20, reservatório Prédio 20. Com exceção das amostras positivas no ano referido, todas foram negativas.

2002 – Procedeu-se a coleta e análise de diversos locais, sendo: em 23 de janeiro, da torneira: da União Universitária, em 25 de janeiro do Reservatório Central. Em 28 de março, água da UTI/RN (A, D/F), 6º Andar (A, D/F), 5º Andar(A, D/F), 4º Andar(A, D/F), 3º Andar(A, D/F), 2º Andar (A, D/F), Térreo (A, D/F), UHO (A, D/F), Subsolo (A, D/F), Quimioterapia (A, D/F), Nutrição Parenteral (A, D/F), Água de Diálise (A, D/F). No dia 05 de abril foram amostras de água das torneiras do Reservatório Central, Prédio 16, Prédio 44, Prédio 5 e Prédio 56, em 19 de abril do Bloco14-CEU II, Bloco 23-CEU II, Prédio 17 e HCV. No dia 24 de maio da torneira CEFD. Dia 19 de junho da torneira do CT, Colégio Técnico Industrial. Em 24 de julho da torneira do Reservatório Central, CCNE, Microbiologia/Patologia, Biblioteca Central, União Universitária. Em 29 de julho da torneira do Prédio da Reitoria. Dia 05 de agosto do Prédio 26-CCS. Em 21 de agosto da área experimental do Departamento de Solos, Prédio 42-CCR, Prédio 19 – Departamento de Morfologia-CCS, Bloco 31-CEU II, Bloco 43-CEU II. Dia 30 de setembro água da UTI-RN

6º Andar HUSM, 2º Andar, 3º Andar, 4º Andar HUSM, 5º Andar HUSM, Água da Diálise, Térreo do HUSM, Nutrição Parenteral. Em 18 de outubro água do Reservatório Central, e dos reservatórios do CE, da Biblioteca Central, do Prédio 20 e da União Universitária. Em 06 de novembro água de torneira do Colégio Industrial, Fisiologia, CAL, Colégio Agrícola (NEMA), Fitotecnia. Em 20 de novembro torneira do Prédio 17. Em 11 de dezembro água do reservatório da Reitoria, HUSM, Prédio 26-CCS, Neuro –HUSM, CEU II. Todas essas análises foram negativas.

2003 – Em 26 de fevereiro coletou-se água do Reservatório Central, e dos reservatórios do CE, CT, CCNE, CTISM. Dia 21 de março da Caixa do Reservatório inferior do HUSM, Reservatório inferior NEURO e água da torneira da União Universitária, Prédio 20, Bloco 31-CEU II. Em 02 de abril água da torneira dos Prédios 17, 30, 42, e 47. Em 11 de abril água do reservatório do Parque de Exposições, torneira da Área Nova. Em 14 de abril torneira da Área Nova (positivo), torneira da Radio Universitária (positivo), torneira dos Prédios 18 e 19. Em 28 de abril torneira do CCS, Bloco 14-CEU II, Torneira do estádio do CEFD, torneira da Área Nova da Zootecnia (positivo), torneira do TAMBO. Dia 12 de maio torneira dos Prédios 40, CEU-II, Reitoria (caixa inferior), lancheria do HUSM, água do Reservatório Central. Dia 27 de maio torneira do CEU II, Prédio 40, Piscina Térmica, Ginásio didático. Dia 04 de junho torneira do Reservatório Central, HCV, Fitotecnia, Laticínios, Reitoria. Dia 09 de junho torneira do Viveiro Florestal e Avicultura (ambas positivas), Piscicultura, NIDAL, Colégio Agrícola. Dia 30 de junho torneira da Avicultura (positivo), torneira do Viveiro Florestal, Ciência Viva, Divisão de Manutenção, Transporte e Oficina. Dia 07 de julho torneira da Pocilga (positivo), Jardim Botânico, Biblioteca Central, Bloco 25. Dia 28 de julho torneira dos Prédios 05, 07, 13, 30, 31. Dia 30 de julho água de torneira dos Prédios 13, 25, 31, 40, 42. Dia 04 de agosto água da torneira da Pocilga da Zootecnia, Prédio 19, 20, 42. Dia 25 de agosto Ciência Viva, Reservatório Central, Prédio 21-Fisiologia, Prédio 44-CCR, Ginásio didático (positivo). Dia 08 de setembro torneiras do HUSM: Prédio 22 caixa inferior, Prédio 23 caixa inferior e caixa superior, Prédio 77. Dia 16 de outubro torneira do Ginásio didático, Prédio 16-CE, Prédio 42-CCR II. Dia 17 de outubro torneira do Viveiro Florestal (positivo), torneiras CEU II, Avicultura, Jardim Botânico, Suinocultura. Dia 10 de novembro torneira do Prédio 95-Laticínios (positivo), torneira do Prédio 96 TAMBO (positivo), Prédio 97-HCV (positivo), Prédio 40-CAL, Prédio CCR, Prédios 33, 34 e 35 do CEU II. Dia 28 de novembro caixa d'água da Reitoria e Colégio Agrícola. Dia 16 de dezembro torneira do Prédio 65, Prédio 26 –CCS. As amostras das torneiras dos Prédios 95, 96 e 97 foram todas positivas. Com exceção das amostras positivas no referido ano, todas as outras foram negativas.

2004 – Coletou-se água da torneira em 10 de março do Reservatório Central, Fisiologia Prédio 21, Prédio 22-reservatório inferior do HUSM, Prédio 22-2 reservatório inferior do HUSM, Prédio 44-CCR II, Prédio 56. Em 15 de março torneiras da União Universitária, CAL, Prédio 19, Matemática-CCNE. Em 19 de março água da torneira da Avicultura-Prédio 81, Fitotecnia - Prédio 71, Usina de Laticínios – Prédio 95 (as três positivas), água da torneira do Prédio 20, Prédio 42. Em 29 de março água da torneira do Parque de Exposição, Departamento de Solos, Gerador de Nêutrons, Reservatório Superior-HUSM, CE, CTI-HUSM, NIDAL, Usina de Laticínios, INPE. Em 16 de abril água da torneira do CEFD, Prédio 51-DAE, Avicultura, Biblioteca Central, CT, Viveiro Florestal (positivo). Em 06 de maio água da torneira do Prédio7-CT, Prédio 97-HCV, Prédio 33-CEU II. Em 21 de maio coletou-se água do reservatório CEU II, Prédio 18-CCNE, Prédio 26, Prédio 60. Em 24 de maio Fitotecnia-CCR, Reitoria Inferior, Reitoria Superior. Em 02 de junho água da torneira da Biologia Prédio 17, Química I Prédio 18, Piscina, Prédio 70-CASM. Em 07 de junho água da torneira da União Universitária. Em 21 de junho coletou-se água da torneira da Ciência Viva. Em 07 de julho água da torneira do Prédio 33 CEU II, Estádio do C.E.F.D - Prédio 51 e Biblioteca Central. Em 19 de julho água da torneira do CTISM. Em 26 de julho água da torneira do CCNE, Prédio 77. Em 02 de agosto água da torneira da Fitotecnia CCR, Prédio 96-TAMBO. Em 04 de agosto água do Reservatório Central, Prédio 40-CAL. Em 20 de agosto água da caixa do Bloco 45 CEU II, Prédio 44-CCR-II, Patologia-Prédio 20. Em 01 de setembro água da torneira da Morfologia Prédio 19, Patologia CCS-Prédio20, Fisiologia CCS Prédio 21, Ginásio do C.E.F.D.- Prédio 56, Laticínios Prédio 95. Em 15 de setembro água da caixa do Prédio 22 reservatório inferior, Prédio 22 reservatório superior, Prédio 23 reservatório inferior, Prédio 23 reservatório superior. Em 17 de setembro água do Prédio do NIDAL - CCR, Piscicultura - CCR. Em 15 de outubro reservatório do Prédio 16-CE, Prédio 42-CCR, Prédio 84 Piscicultura - CCR, Fitotenia - CCR, NIDAL - CCR, FATEC, torneira da Engenharia, água do reservatório do INPE. Em 18 de outubro água da torneira do Prédio 97-HCV, Jardim Botânico, torneira da CTI. Com exceção das amostras positivas no ano referido, todas as outras foram negativas.

A porcentagem de amostras positivas e negativas por ano pode ser visualizada na Figura 55.

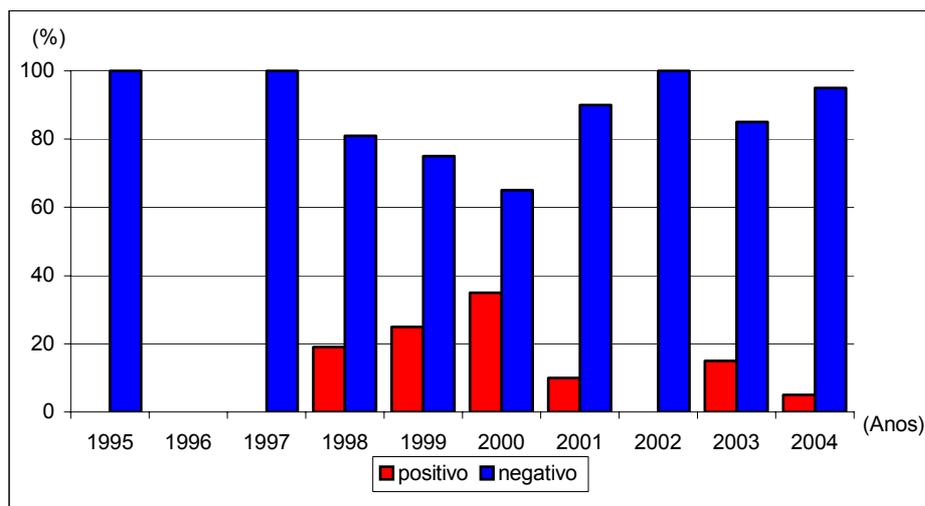


FIGURA 55 - Comparação entre os resultados (positivo/negativo) das análises bacteriológicas das águas dos reservatórios e torneiras do Campus da UFSM.

No ano de 1995 obteve-se 5 amostras de água responsável pelo resultado 100% negativo. Em 1997, apenas uma amostra foi disponibilizada resultando em 100% negativo. No ano de 1998 obteve-se 16 amostras de água sendo 81% negativas; já em 1999 foram 24 amostras resultando em 75% negativo. Em 2000 totalizou 20 amostras sendo o resultado 65% negativo. No ano de 2001 obteve-se 40 amostras decorrendo em 90% negativas. Em 2002, 74 amostras e todas foram negativas. Em 2003 das 100 amostras 85% foram negativas, no ano de 2004 obteve-se 80 amostras totalizando 95% negativas. Isto parece indicar que houve uma diminuição de amostras positivas.

É relevante destacar que no ano de 2000 entrou em ação a Comissão Ambiental do Campus, fato que explica os melhores resultados na qualidade das águas posterior a esta data, havendo maior controle.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Notoriamente nas últimas décadas a utilização da água subterrânea para o consumo humano aumentou significativamente em relação às águas superficiais, e isto tem afetado gravemente a disponibilidade deste recurso para o futuro, principalmente pela sua utilização desastrosa, porém existe uma preocupação com relação aos padrões de qualidade da água que é consumida e este fato não foge a realidade no Campus da UFSM.

Neste contexto, traçou-se como objetivo geral deste trabalho investigar a situação de potabilidade e a disponibilidade das águas subterrâneas no Campus da UFSM, sendo necessário coletar dados sobre os poços. Assim, obteve-se diferentes informações quanto às características dos mesmos, os poços mais antigos não possuíam dados disponíveis ou eventualmente estavam incompletos, sendo que estes dados são de responsabilidade das empresas contratadas para perfuração do poço. Os poços que foram perfurados recentemente já possuíam mais informações tendo em vista a preocupação com a legislação vigente.

Após coletar todos os dados disponíveis sobre os poços, reuniu-se as informações em um banco de dados consistente, que merece ser complementado e atualizado periodicamente com as novas informações adquiridas quanto aos aspectos físico-químicos, bacteriológicos, geológicos e hidrodinâmicos permitindo maior eficiência no monitoramento da qualidade da água subterrânea do Campus.

Sugere-se que as informações sobre os poços sejam dispostas em um banco de dados padrão, cuja consulta seja rápida, fácil, precisa e disponível aos interessados, contendo por base os dados dispostos no Anexo 1 e 2 e as informações técnicas que estão sob responsabilidade das empresa perfuradoras. Neste caso, propõem-se ainda que sejam executados trabalhos de campo identificando as coordenadas de cada poço com o uso do GPS (*Global Position System*) Topográfico obtendo-se maior precisão em relação aos resultados conseguidos com uso de GPS manual, permitindo que a elaboração de mapas temáticos representativos do fluxo superficial e/ou subterrâneo da água tornem-se mais precisos.

Analisou-se a condição de funcionamento dos poços no Campus e identificou-se que dos 40 poços perfurados ao longo dos anos existem 20 ativos, entre os quais notou-se casos de pouca preocupação com os perímetros de proteção e inexistência de caixas de concreto elevadas da superfície para proteção externa (evitando entradas de água, lavagens de objetos nas suas proximidades, etc.) conforme exigidas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (NBR 12244/92 e NBR12212/92) e presentes apenas nos poços

PB3, PB5 e PB16. Dentre os poços desativados alguns receberam cuidados adequados e outros não foram atulhados por motivos de pesquisas, como o caso do poço PB17, mas deve-se considerar a sua influência na condição qualitativa das águas subterrâneas que abastecem o Campus.

Neste sentido, adverte-se que sejam construídas Lajes de Proteção com espessura mínima de 15cm e área não inferior a 1m² naqueles poços que não estão de acordo com a NBR12244/92 e recomenda-se a construção de caixas de proteção de concreto, alvenaria ou metálica mas com tampa preferencialmente metálica sendo delimitadas pelas Lajes de Proteção e acesso restrito ao pessoal responsável; serem todas pintadas de branco ou azul (padrão adotado pela CPRM no projeto de mapeamento hidrogeológico do Estado do RS, Freitas *et al.* 2004), possuírem a identificação do poço (nome e número), com torneiras que facilitem a coleta das amostras de água antes de sofrerem tratamento químico, além da instalação de tubulação de PVC (de 2”), até a profundidade de um metro acima do nível de sucção, que permita o monitoramento do nível estático com medidor Jaciri ou que sejam instalados medidores automáticos do nível freático, buscando-se conhecer as variações anuais e/ou sazonais em cada poço. Ainda sugere-se que sejam adaptadas proteções apropriadas aos cabos condutores de energia, permitindo assim maior eficiência na manutenção dos poços.

Avaliando-se as condições físico-químicas e bacteriológicas das águas dos poços concluiu-se que são aceitáveis de acordo com as condições hidro-sanitárias e com as normas exigidas para consumo humano (OMS e Portaria nº518/04). Às águas são doces em função da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) presente nas águas e podem ser consideradas brandas em relação a dureza total, com exceção do poço INPE Sul em que a água é pouco dura de acordo com a classificação de Custódio e Llamas (1983).

Quando as águas apresentavam valores fora dos padrões exigidos os poços foram desativados ou receberam tratamento adequado para posteriormente as águas serem destinadas aos reservatórios, que também recebem limpeza e desinfecção conforme uma rotina de trabalho estabelecido pelo Setor de Hidráulica e Saneamento da UFSM.

Para obter-se maior controle da qualidade da água recomenda-se que seja realizado maior número de análises físico-químicas e com maior frequência, porque atualmente são realizadas apenas cinco análises de dois em dois meses, totalizando uma amostra por ano de cada poço. Inclusive envolver análises de alumínio e nitratos (em todos os poços), pesticidas, inseticidas e herbicidas (principalmente nos poços P-20, P-12 e P-18) e de substâncias orgânicas derivadas de petróleo, como benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno benzo(a)pireno, etc, (especialmente no poço PB5).

As análises físico-químicas e bacteriológicas dos poços INPE Norte e INPE Sul são terceirizadas, não sendo de responsabilidade do Setor de Hidráulica e Saneamento da UFSM, no entanto, deveria haver trocas de informações entre a empresa responsável pelas análises e a própria Universidade (Comissão Ambiental do Campus), permitindo o monitoramento dos poços em conjunto, pois qualquer alteração em um poço pode afetar a qualidade em outro e vice-versa.

Em relação às análises bacteriológicas sugere-se que sejam utilizados métodos mais atuais e precisos como o sistema *quanti-tray* (cartelas) que permite a quantificação das concentrações de coliformes fecais e totais das amostras.

Investigando-se os parâmetros hidrodinâmicos dos poços verificou-se que alguns possuem perfis de perfuração, com exceção dos poços mais antigos e testes de bombeamento na data de perfuração com variável grau de detalhamento. No entanto, nenhum poço apresenta ensaio de bombeamento com poço de observação próximo, ensaio este que oferece os melhores resultados em termos de aquífero. Não foram executados ensaios de bombeamento em função da disponibilidade financeira, da dificuldades de manuseio em cada poço e da necessidade de acompanhamento do pessoal de apoio do setor de manutenção da UFSM. Verificou-se que os aquíferos não apresentam continuidade hidráulica lateral em relação às entradas de água.

Não há controle dos níveis piezométricos e sugere-se a instalação de piezômetros ou poços de monitoramento. Conforme os dados de nível estático dos poços em função do seu histórico, notou-se que sofreram rebaixamento no decorrer dos anos e uma diminuição da vazão, fatores provavelmente oriundos do aumento do consumo de água ou das alterações climáticas que alteram a capacidade de recarga do aquífero conforme observado no desenvolvimento do balanço hídrico climático dos últimos cinco anos. Assim, sugere-se que no futuro sejam instalados medidores de vazão em cada poço, podendo-se registrar dados continuamente, uma vez que cada reservatório possui um sistema automático de bóias, que quando cheio desligam automaticamente as bombas submersas cessando o bombeamento de poços equipados com este material.

Estes resultados serão necessários para a outorga das águas subterrâneas de cada poço junto ao Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Proteção Ambiental.

Necessita-se de um monitoramento mais completo quanto às condições hidrodinâmicas dos poços, porém isto exige maior número de funcionários e divisão de tarefas como coleta das amostras, distribuição da água, limpeza e desinfecção das caixas, manutenção da rede de esgoto, responsável pela manutenção a atualização de um banco de dados informatizado dos

poços, etc. obtendo-se relatórios e dados mais detalhados e precisos que devem ser repassados periodicamente à Comissão Ambiental do Campus.

Durante o desenvolvimento deste trabalho constatou-se algumas fontes de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, embora não tenham sido objetivado na pesquisa, mas podem exercer influência na qualidade dessas águas. Neste caso destaca-se: - os esgotos não tratados que adentram pela Avenida Roraima oriundos do Bairro Camobi, de acordo com estudos de Reetz (2002) e Silveira *et al* (2003); - os resíduos provenientes do posto de combustível e do lava jato podem ser possíveis fontes de contaminação a menos que sejam instalados poços de monitoramento dos resíduos produzidos; - o depósito de agroquímicos no prédio do Centro de Ciências Rurais (CCR) também merece atenção, em função do tipo de produto manejado assim como os diversos experimentos da área agrícola; - os resíduos líquidos oriundos dos diversos laboratórios da UFSM além daqueles laboratórios que utilizam o subsolo para dispor seus efluentes.

Cabe destacar que sendo a Universidade Federal de Santa Maria um órgão federal, a Portaria nº518/04 especificamente em seu Artigo 5º, estabelece que são deveres e obrigações do Ministério da Saúde promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água por intermédio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA a qual pode delegar poderes às Secretarias de Saúde dos Estados, que por sua vez podem transferirem a responsabilidade de fiscalização as Secretarias Municipais de Saúde ou a CORSAN. Enquanto à Comissão Ambiental (composta por membros da própria UFSM) cabe a tarefa de verificar as condições de qualidade das águas em uma sistema de controle interno.

Conclui-se que o aquífero explorado é raso, com profundidades dos poços variando entre 51 e 128 metros e há muita variação na posição dos filtros em função da litologia de cada poço. O retrato o mais fiel possível do aquífero explorado é indispensável para qualquer exploração racional, tanto sob o ponto de vista quantitativo, quanto qualitativo, pois as águas subterrâneas que abastecem o Campus pertencem ao Sistema Aquífero Guarani.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil ainda está voltada para as águas superficiais, mas com o objetivo da gestão integrada o enfoque para as águas subterrâneas vem crescendo acentuadamente, contudo ainda são incipientes e precisam ser melhoradas. Mas cabe destacar que não são suficientes somente leis para a gestão ambiental, é necessário todo um processo político com ampla participação da clientela interessada, ou seja, a proteção das águas tanto para a atual como para as futuras gerações depende de cada um.

6. BIBLIOGRAFIA

ABINAM/Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, **Água Mineral do Brasil – Retrato Histórico da Indústria Engarrafadora**, Rio de Janeiro, 1995, p. 109.

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná do Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. **Hydrogeology Journal**, nº 7, 1999. p.317-336.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A **Lei Federal das Águas Subterrâneas**. ABAS INFORMA, 1997, 72 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 12244: **Construção de poço para captação de água subterrânea**. Rio de Janeiro, 1992. 6p.

_____. NBR 12212: **Projeto de poço para captação de água subterrânea**. Rio de Janeiro, 1992. 5p.

_____. NBR7229: **Construção e execução de fossas sépticas**. Rio de Janeiro, 1993. 23p.

AZEVEDO, A. A. e ALBUQUERQUE FILHO, J. L. **Águas subterrâneas**. In: Oliveira, A. M. dos S. e Oliveira, S. N. A. de.(Org.) **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p.111-130.

BARTH, F.T. **Legislação sobre Águas Subterrâneas**. In: Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, X, Campo Grande/MS, 1997. Anais. p.145-152.

BATALHA, B. L. e PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para o consumo humano, bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1997. 198p.

BATALHA, B. H. L. **Glossário de Engenharia Ambiental**. República Federativa do Brasil, Ministério de Minas e Energia, DNPM, 1986.

BAUMGARTEN, M. G. Z. e POZZA, S. A. **Qualidade de Águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**, Rio Grande: Ed. FURG/RS, 2001. 166 P.

BOWER, H. **Ground water hidrology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1978, 480p.

BRASIL **Decreto Lei Nº 7841/1945**,. Código das Águas Minerais, 1945

BRASIL **Decreto Lei Nº 227/1967**,. Código de Mineração, 1967.

BRASIL **CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas do Território Nacional e disciplina o enquadramento dos cursos de águas nas classes. Brasília, 1986.

BRASIL **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo, Editora Fisco e Contribuinte, 1988. 135p.

BRASIL **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos Brasil, 1997. 33p.

BRASIL **Portaria Nº 231, de 31 de julho de 1998**. Zonas de Proteção de Mananciais Subterrâneos. 1998.

BRASIL **Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Criação da Agência Nacional de Águas – ANA. 2000.

BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código das Águas em território brasileiro. Brasília, 1934.

CABRAL, J.; KOIDE, S.; SIMÕES, S. J. C; MONTENEGRO, S. **Recursos Hídricos Subterrâneos**. In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 237-277.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S.D. e CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies**. In: *Análise Espacial de Dados Geográficos*. EMBRAPA. Editores Suzana Druck, Marília Sá Carvalho, Gilberto Câmara, Antônio Miguel Vieira Monteiro. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise>>, capítulo 3, segunda edição, julho de 2004, disponível em arquivo .pdf., 37p. Visitado em 15/janeiro/2004>.

CHAPMAN, D. and KIMSTACH, V. **Selection of water quality variables**. In: Chapman, D. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2ª ed., Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP. 1998. p. 59-126.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS/CPRM, **Relatório do Poço PB-20/UFSM**. Superintendência Regional de Porto Alegre. Diretoria de Recursos Minerais. Departamento de Exploração, 1996. 17p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº. 9 de 21 junho de 2000**. Delega competência a Câmara Técnica e dá outras providências. Brasília, 1998.1p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº. 15 de 11 janeiro de 2001**. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1997. 03p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº. 16 de 08 maio de 2001**. Estabelece as diretrizes para implementação da outorga de direito de uso dos recursos hídrico. Brasília, 1998.1p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº. 22 de 24 de maio de 2002**. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1995.

COSTA, W. D. **Legislação de Águas Subterrâneas e Gerenciamento de Aquíferos**, Anais XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, IV Simpósio de Hidrologia do Nordeste, Recife, 2001, p. 77-82.

CRUZ, J.C. **Disponibilidade hídrica para Outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.192 p.

CUSTÓDIO, E. e LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2ª ed. Barcelona: Omega, 2v. 1983

DA SILVA, M. O. S. A. **Análises Físico-Químicas para controle das Estações de Tratamento de Esgotos**. CETESB – BNH- São Paulo, 1977,226p.

DREWER, J. I. **The geochemistry of natural waters**. 1997, p. 13

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 23.430 de 24 de outubro de 1974**. Decreta o Código Sanitário do Estado do Rio Grande do Sul, dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da saúde pública. Porto Alegre, 1974.

FACCIONI, V. Fórum das águas. **Correio do Povo**. Porto Alegre. 07/11/2004. p. 4

FEITOSA, A C.F.e MANOEL FIHO, J., **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**; CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR; Fortaleza, 1997. 389p.

FENSTERSEIFER, H. Aquífero Guarani. **A Notícia**. Nº 6.558. São Luiz Gonzaga, 5 e 6 de junho de 2004. pág. 2

FENZL, N. **Introdução à hidrogeoquímica**. Belém: UFP, 1986. 189p.

FREIRE, C. C. **Modelo de gestão para a água subterrânea**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.129 p.

FREITAS, M. A.; MACHADO, J. L. F.; VIERO, A. C.; TRAININI, D. R.; GERMANO, A. de O.; GLUGLIOTTA, A. P.; CAYE, B. R.; PIMENTEL, G. de B.; MARQUES, J. L.; GOFFERMANN, M.; SILVA, P. R.R. da. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: um avanço no conhecimento das águas subterrâneas no Estado. In.: **Anais**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, 19 a 22 de outubro de 2004.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Protección de la Calidad del Agua Subterránea**: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial. Washington, D.C.: Mundi-Prensa Libros, S.A., 2003.

GASTALDINI, M. do C. C.; Mendonça, A. S. F.. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 429-451.

GIARDIN, A. e FACCIN, U. Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do Sistema Aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**. nº18 ABAS. 01/2004 p.39-53

GREGORASCHUK, J. L. S. **Estudio del uso actual y potencial del acuífero guarani**. Disponível em: <<http://www.sg-guarani.org>> Atividade3, pg. 5. Acesso em janeiro de 2001.

GUERRA, A.T. **Dicionário Geológico e Geomorfológico**, Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 446p.

HAGER, F. P. V. **Gestão integrada de Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais – Exemplo das Sub-Bacias da Billings e Tamanduateí, Bacia do Alto Tietê, São Paulo**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 170p.

HAMMER, M. J. **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgoto**. Rio de Janeiro; Livros Técnicos e Científicos, 1979. 563 p.

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul. **Estudos tecnológicos**, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo-RS, 1995, 125p.

HEATH, R, C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**, Denver: 1983. 86 p. USGS Paper nº20. Wrege, M. e Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3^a ed. U. S., 1985.

HIDROGEO Poços Artesianos. **Relatório técnico - poço tubular INPE Sul e INPE Norte**. Canoas: HIDROGEO, 31/10/2003. 10p.

HIRATA, R.; BASTOS, C.; ROCHA, G. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Secretaria do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Geológico, CETESB, DAEE, 1997. 2 volumes, 128p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOLOGIA ESTATÍSTICA – IBGE, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, Rio de Janeiro, 1991.

LANNA, A. E. L. Gestão de Recursos hídricos. In.: Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicações**. Porto Alegre: Editora da Universidade. ABRH, 1997. p. 727-768. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4).

LEAL, M. S. **Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro**. Dissertação (Mestre em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997. 272p.

LOGAN, J. Interpretação de análises químicas de água. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 67p.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**, escala 1: 25.000, Santa Maria., 1988.

_____. **Introdução à Geologia de Engenharia**, Editora da UFSM; Brasília: CPRM, 1994. 284p.

_____. C. L. **Mapa Geológico da Folha de Camobi – RS**, Convênio:FINEP –UFSM, Escala 1: 50.000, Santa Maria,1988.

MANOEL FILHO, J. **Ocorrência das águas subterrâneas**. In. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, Feitosa, F. A. C. e Manoel Filho, J. (Coord.) Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

MATHESS, G. **Die Beschaffenheit des Grundwässer Lehrbuch der Hydrologie**. Berlin: Borntraeger. V. 2.1973.

MENTE, A. **As condições hidrogeológicas do Brasil**. In. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, Feitosa, F. A. C. e Manoel Filho, J. (Coord.) Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria** N° 1469 de 29 de dezembro de 2000. Controle e Vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2000.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria** N°518, de 25 de março de 2004 Atualiza as disposições da Portaria N° 1469 de 29 de dezembro de 2000. Brasília, 2004.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Carta Topográfica de Camobi**. Folha SH.22-V-C-IV/2-SO. Escala 1:25.000, Diretoria de Serviço Geográfico – DSG, 1980.

OLIVEIRA, C. P. e SPITALIERE, R. **Como utilizar corretamente seu poço artesiano**. Manual do Proprietário. Canoas: Hidrogeo. 1996, 20 p.

OLIVEIRA, K. W. de; MORAIS, P. B. de; SERZEDELO, J. L. Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato. In: **Anais** Congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental. Porto Alegre: ABES, 2000. 9p. (Cd-rom).

OSÓRIO, Q.da S.; DUTRA, D. de A.; ALVES, E. M.; CASSOL, R. Balanço hídrico climático entre o período de 2000 e 2001 para a Bacia Hidrográfica no Arroio Arenal, Santa Maria/RS In. **V - Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica** “Mudanças Globais e Especificidades Climáticas Regionais e Locais: Avanços e Desafios da Climatologia Contemporânea”; Curitiba/PR. 04 a 06/12/2002

PACHECO, A. e REBOUÇAS, A.C. Aspecto de uso e preservação das Águas Subterrâneas da Grande São Paulo. In **Anais** do IIº Congresso Brasileiro. Águas Subterrâneas, Salvador, 1982. p. 389-401.

PAIVA, J. B. D. e PAIVA, E. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. 2001. 625 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 478p.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; De LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: Porto, R. L. L. (org) *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da USP. ABRH, p. 27-66 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3).1991.

REBOUÇAS, A. da C. e AMORE, L. Sistema Aquífero Guarani. **Revista Águas Subterrâneas**. Nº 16, maio de 2002. Curitiba: ABAS.

REBOUÇAS, A.C. Águas Subterrâneas, In **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**, IEA/USP – ABC. São Paulo, 1999. p. 117-157. 717 p.

REETZ, E. F. **Avaliação Quali-Quantitativa dos Recursos Hídricos Superficiais na Bacia Hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2002. 121 p.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição(1989). **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre:CORAG, 1989. 133P.

RIO GRANDE DO SUL **Lei Nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994**, Política Estadual dos Recursos Hídricos, (1994) 30 p.

RIO GRANDE DO SUL **Lei Nº 11.520 de 03 de agosto de 2000**, Código Estadual do Meio Ambiente, 2000. 107 p.

RIO GRANDE DO SUL **Decreto Nº 42.047, de 27 de dezembro de 2002**.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica.** In.: FEITOSA, A. C.F.e MANOEL FIHO, J., Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações; CPRM –Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR; Fortaleza, 1997. p.81-108.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE/SEMA. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em 30/10/2004.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 2003

SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos.** 1990.

SILVA, S. R.; MENDONÇA, A. S. F. **Correlação DBO/DQO para esgoto bruto e efluentes de lagoas de estabilização.** Anais do Congresso da ABES. 1997

SILVEIRA, G. L. da; SILVA, C. E. da; IRION, C. A. O.; CRUZ, J. C.; RETZ, E. F. Balanço de Cargas Poluidoras pelo Monitoramento Quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. In. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n. 1. 2003. p. 5-11.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L., **Cadastro dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia Hidrográfica do rio Vacacaí e Vacacaí-Mirim, Estado do Rio Grande do Sul**, Monografia de Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos. ABAS, 1997. 20p, inédita.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L., FLORES E. M. M., BERTAZZO, V. M., **Estudo hidroquímico das Águas Subterrâneas da Região de Santa Maria, no RS.** XXVII Cong.Int. Eng. Sanitária e Ambiental, 2000, 10p.

SOUZA, B. S. P. **Qualidade da Água de Santa Maria/RS: uma análise ambiental das sub bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim.** 2001. 234 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.230p.

TOMANIK, C. P. Águas Doces no Direito Brasileiro, 1999. p. 601-635, In REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDSISI, J. G. **Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação**, 717 p. IEA/USO,ABC. São Paulo, 1999.

TOOD, D. K. Ground Water Hidrology, John Willey Ed., 1959.

TUCCI, C. E.. M. **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 1993. 943 p.

UFSM. **Estrutura e Apresentação de Monografias, Dissertações e Teses**, 6ª ed. Santa Maria, 2005. Disponível em: <www.ufsm.br>. Acesso em fevereiro de 2005

US - EPA – Environmental Protection Agency <<http://www.epa.gov>> 1994.

VILLELA, M. S. e MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada**, São Paulo, 1975. 244p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª. ed., Belo Horizonte; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WREGGE, M. **Termos hidrogeológicos**. Disponível em: <http://www.abasorg/estudos/hidrogeologia/termos_hidrogeo.htm> Acesso em: 30/04/2002.

ZIMBRES, E. **Água Subterrânea**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>> Acesso em 09/07/2003.

ANEXO 1 - Banco de dados com informações gerais dos poços tubulares do Campus da UFSM e Área Nova.

Nº do Poço	Localização	Cond. Funcion.	Coordenadas		Extração por	Empresa	Diâmetro (polegadas)	Ano de execução	Altitude (metros)	Nív. Est. (metros)	Nív. Din. (metros)	Prof. (metros)	Sup. Potenciom. (metros)	Cond. Elétrica (µS/cm)	Vazão (m³/h)
			E	N											
PB-1	Colégio Agrícola	Desativado			Bomba	DPM	4								
PB-2	Ed. Adm. Central	Desativado	237424	6709096	Bomba	T.Janner	6	1975	90	9,00	17,00				10,60
PB-3	Planetário	Ativado	237121	6709224	Bomba	CORSAN	8	1976	87	22,00	37,00	51,00	65,00		20,00
PB-4	Centro de Tecnologia	Desativado	237160	6709896	Bomba	T.Janner	6		85	14,00	72,00	101,50			9,11
PB-5	C. C. Saúde	Ativado	237492	6709962	Bomba	Tecnopoço	8	1981	72	50,20	72,00		21,80	402,00	8,60
PB-6	Almoxarifado	Desativado	237021	6709657	Bomba	Tecnopoço	8	1981		17,54	57,33	100,00		68,00	9,10
PB-7	Ed. Adm. Central	Desativado	237444	6708996	Bomba	Sondagua	8	1985	92	8,00	36,00	100,00			15,00
PB-8	Estrada Jardim Botânico	Ativado	236862	6709660	Bomba	CORSAN	8	1988	92	24,00	32,00	57,00	68,00	101,10	12,00
PB-9	Lactícínios	Ativado	236651	6708255	Compressor	CORSAN	8	1987	106	23,00	25,50	60,00	83,00		3,00
PB-10	Zootecnia	Desativado			Bomba	Sondagua	6		105	17,50	20,00	50,00		106,00	12,00
PB-11	Colégio Agrícola	Ativado	237177	6708792	Bomba	Sondagua	8	1985	94	13,00	17,00	100,00	81,00		8,00
PB-12	Parque de Exposições	Ativado	237570	6708535	Bomba		8		97	12,00	20,00	60,00	85,00		8,00
PB-13	Marrecos de Pequim	Ativado	236506	6708866	Bomba		8		92						13,50
PB-14	Jardim Botânico	Ativado	235925	6709524	Bomba	Bissacotti	4		111	28,00	35,00	100,00	83,00	66,50	6,00
PB-15	Madame	Ativado	237681	6709777	Bomba		8	1993	89	23,00		100,00	66,00		8,50
PB-16	C.E.F.D.- Ginásios	Ativado	237870	6708964	Bomba	Bissacotti	6	1982	82,5	23,00	60,50	75,50	59,50		8,50
PB 17	Biblioteca (fundos)	Desativado	237458	6709618	Bomba	CORSAN	6	1993	84	15,36	66,83	68,00	68,64	388,30	1,50
PB-18	Reitoria	Ativado	237462	6709065	Bomba	Bissacotti	4	1995	88	12,00		100,00	76,00	54,80	10,00
PB-19	Torrão Paulista	Ativado	236831	6709194	Bomba	Hidrogeo	6	1995	93	9,60	60,00	128,00	83,40		9,00
PB-20	Prédio 21 (básicos)	Ativado	237066	6709559	Bomba	CPRM	6	1996	86	21,50		102,00	64,50	319,00	8,00
PB-21	Hos. De Clín. Veter.	Ativado	237231	6708218	Bomba	Hidrogeo	4	2003	103	21,60	58,40	80,00	81,40		9,00
PB-22	Tambo	Ativado	236936	6708085	Bomba	Hidrogeo	8	2003	108	22,80	30,79	70,00	85,20		13,00
INPE-S	INPE (Sul)	Ativado	237169	6710044	Bomba	Hidrogeo	8	2000	96	22,00	27,30	120,00	74,00	410,00	8,00
INPE-N	INPE (Norte)	Ativado	237146	6710276	Bomba	Hidrogeo	4	2001	96	23,50	55,25	120,00	72,50		5,14

Nº do Poço	Localização	Cond. Funcion.	Coordenadas		Extração por	Empresa	Diâmetro (polegadas)	Ano de execução	Altitude (metros)	Nív. Est. (metros)	Nív. Din. (metros)	Prof. (metros)	Sup. Potenciom. (metros)	Cond. Elétrica (µS/cm)	Vazão (m³/h)
			E	N											
P-1	Piscina Termica	Ativado	237862	6708979	Compressor	Bissacotti	6		84,00	23,50		70 a 90			3,00
P-2	Agronomia	Desativado			Compressor	DCM	4								
P-3	Biblioteca Central	Desativado	237352	6709639	Compressor	DCM	4								
P-4	Filotecnia	Desativado			Compressor	DCM	4								
P-5	Parque de Exposições	Desativado	237615	67085020	Compressor	DCM	4								
P-6	Hospital Veterinário	Desativado			Compressor	DCM	4								
P-7	Marcenaria	Desativado	237032	6709647	Compressor	DCM	4								
P-8	Prédios Residenciais	Desativado	237197	6709279	Compressor	DCM	4		84,00						
P-9	Hosp. Universitário	Desativado	237197	6709814	Compressor	DCM	4		84,00						
P-10	Colégio Agrícola	Desativado			Compressor	DCM	4								
P-11	Colégio Industrial	Desativado	237186	6710101	Compressor	DCM	4		90,00						
P-12	Suínocultura	Ativado	236417	6708515	Compressor	Bissacotti	4	1971	102,00				66,00		2,00
P-13	Lactícínios	Desativado			Compressor	Bissacotti	4	1971							
P-14	Tambo	Desativado			Compressor	Bissacotti	4	1971							
P-15	Matemática e Física	Desativado	237191	6709812	Compressor	DCM	4	1971	99,00						
P-16	Area Nova	Desativado			Compressor	Bissacotti									
P-17	Area Nova Torre	Ativado	233538	6708263	Compressor		4	1999						91,00	1,50
P-18	Area Nova Zootec.	Ativado	235193	6708361	Compressor	Bissacotti	4	1999				100,00			2,80
P-19	Antigo Hosp. Univers.	Destivado			Compressor	Bissacotti									
P-20	Departamento de solos	Ativado	237988	6709402	Compressor				86,00					86,00	

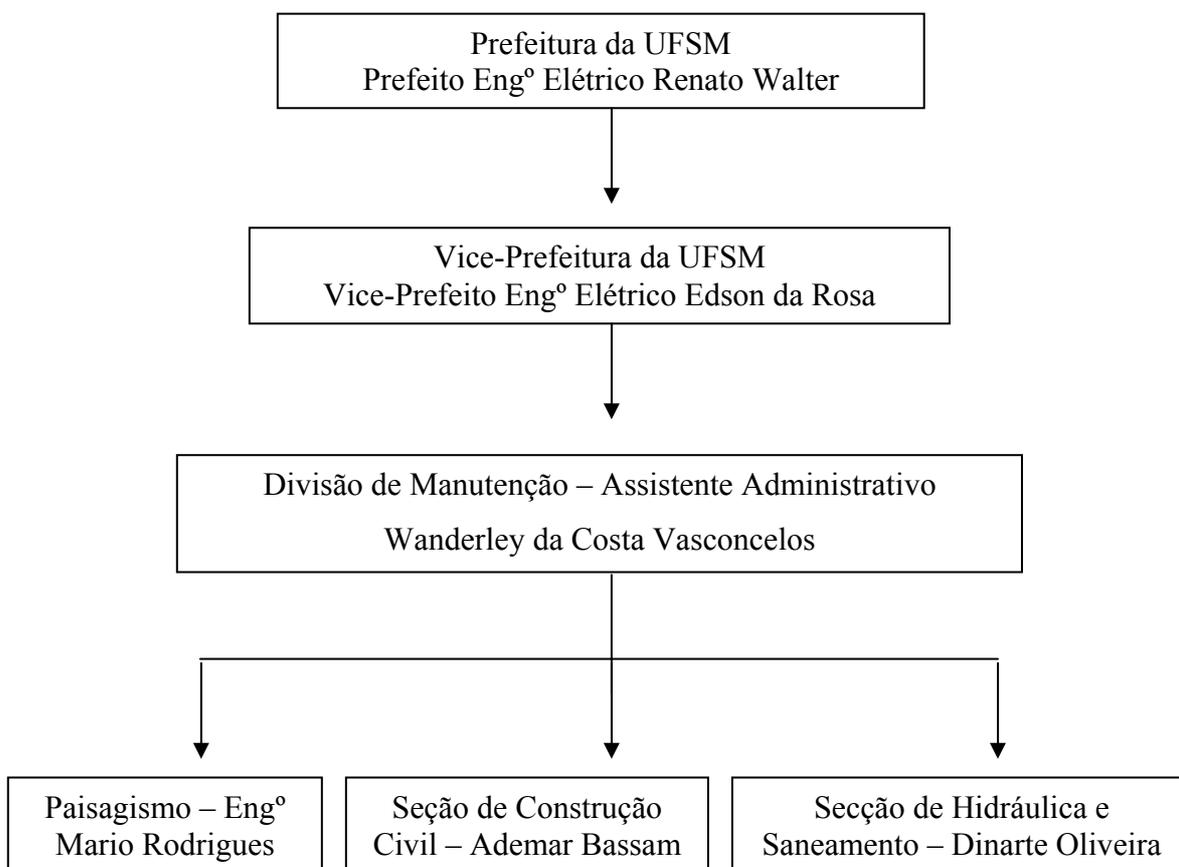
ANEXO 2 - Informações sobre as análises físico-químicas

Nº Poço PB	Ano de Análise	Localização	pH	TUR SiO ₂ (UNT)	Tur. A.F. (SiO ₂) (UNT)	Cor (Pt) (uH)	Mat. Org. (O ₂) (mg/L)	Dur. (CaCO ₃) (mg/L)	Alc. Total (mg/L)	Bicarb. HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Fluor F ⁻ (mg/L)	Sulf. SO ₄ ⁻ (mg/L)	Silica (SiO ₂) (mg/L)	Fe ₂ SO ₃ + Al ₂ O ₃ (R ₂ O ₃) (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Al ⁺³ (mg/L)	Mn ⁺² (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)	Mg ⁺² (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	ST (mg/L)	Res. Fixo (mg/L)	Res. Volátil (mg/L)	Con. Elét. (µS/cm)	PO ₄ ⁻³ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	DQO (mg/L)	Data			
PB1		C. Agrícola																															
PB2		Ed. Administ.																															
PB3	1976	PLANETÁRIO	6,1	5,5	3,8	7	0,8	7	23	28	5					0,1	0,6	0	8	0,5			92,7	75,1	17,6						05/03/1976		
	2000	"	5,5	0,25		<1,0		23,8			2,3	<0,20	5,8	49,9	1,2	<0,08		<0,08	7,2	1,51											17/04/2000		
	2000	"	5,5	0,25		<1,0		23,8			2,3	<0,20				<0,08		<0,08	7,2	1,51											04/05/2000		
PB4		C. de Tec.																															
PB5	1974	C.C. SAÚDE	8,1	3	2	5	0,6	10	152	185	37	0,9	72,9	25	8	0,1	4,1	0	12	13,1	35	0	416,8	303,1	113,7						10/01/1974		
	2000	"	9	0,12		<1,0		5			1	<0,20				<0,08		<0,08	1,8	0,13											17/04/2000		
	2002	"	9,1	<0,3		<2,5		5,3			3,8	<0,20				<0,1		<0,08	1,8	0,2										<1,5	17/04/2002		
	2002	"	9,1	0,13		<2,5		3,9			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	1,3	0,14										1,9	15/10/2002		
	2003	"	9	<1,0		<5,0		6,5			4,8	<0,25				<0,10		<0,10	2,4	<0,10										1,3	11/06/2003		
	2004																																
PB6		Almoxirifado																													402		
																															68		
PB7		Ed. Ad. Central																															
PB8	1988	Estrada do J. Bot.	6,1	0,36		<2,5	0,25	30			3,43	<0,2				<0,10		<0,10	10,5	0,97											22/01/1988		
	2000	"	6,1		0,36	<2,5		30			3,43	<0,2				<0,10		<0,10	10,5	0,97										0,25	15/05/2000		
	2002	"	6,5	0,26		<2,5		7,6			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	2,4	0,4										<0,1	20/11/2002		
	2004																															101,1	
PB9	1998	Lactícínios	7,2	1,5		<1,0		8,5			<1,7					0,45		<0,05		0,4										0,2	09/06/1998		
	2002	"	7,1	0,6		<2,5		5,3			<1,7	<0,2				<0,10		0,08	1,5	0,4										<0,15	17/04/2002		
	2003	"	6,7	<1,0		<2,5		6,3			<1,0	<0,25				<0,1		<0,10	1,9	0,4										1,1	14/04/2003		
PB10	2000	Zootecnia	6,5	<1,0		<1,0		3,8			1,5	<0,20				<0,10		<0,10	1,3	0,11										<0,9	04/07/2000		
	2002	"	6,6	0,2		<2,5		49			<1,7	<0,20				<0,10		<0,08	1,5	0,3										<1,5	01/04/2002		
	2004																															106	
PB11	2002	C. Agrícola	6,2	6,9		2,5		5,1			<1,7	<0,20				2,4		<0,08	1,4	0,4										<1,5	01/04/2002		
	2003	"	6,2	<1,0		<2,5		5,5			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	1,6	0,35										2,6	14/04/2003		
PB12	2002	Parque de Expos.	6,4	0,11		<2,5		4,4			4,2	<0,25				<0,10		<0,10	1,2	0,4										<1,0	20/11/2002		
PB13	2000	Mar. De Pequin	6,2	0,17		<2,5		9,8			8,1	0,25				<0,10		<0,10	3,5	0,3										1,1	18/12/2000		
	2002	"	6,2	9,7		2,5		4,3			5,9	<0,25				0,2		<0,10	1,2	0,3										<1,0	20/11/2002		
PB14	2004	Jar. Botânico																														66,5	
PB15	2000	Madame	6,2	0,45		<1,0		12,5			5,9	<0,20				<0,08		<0,08	4,1	0,57												17/04/2000	
	2002	"	7,3	0,81		<2,5		12,6			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	4,1	0,6										1,9	15/10/2002		
	2003	"	6,5	<1,0		<5,0		23,5			7,3	<0,25				<0,10		<0,10	8,5	0,6										<1,0	10/06/2003		
PB16	2000	C.E.F.D. Ginásios	5,9	2,7		<2,5		37,4			4,81	<0,2				<0,10		<0,10	13	<1,25										0,35	15/05/2000		
	2002	"	6,4	0,31		<0,25		26,5			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	8,4	1,4										<1,0	20/11/2002		
PB17		Biblioteca (átras)	6,8	5,5	2,1	25	3,5	149	205	250,1	5	0,3	1,2	35,4		0,9		9	36	14	35	3,9	277,2	109					388,3				
PB18	2000	Reitoria	5,7					12,5								<0,05		<0,05	2,95	1,17												28/01/2000	
	2003	"	7	<1,0		<2,5		10,1			<1,8	<0,25				<0,10		<0,10	3,2	0,5										1,6	14/04/2003		
	2003	"	5,5	<1,0		<5,0		13,9			1,45	<0,25				<0,10		<0,10	3,3	1,4										1	10/06/2003		
	2004																															64,8	
PB19	2000	Torrão Paulista	6,5	<1,0		<2,5		4,8			1,4	<0,2				<0,10		<0,10	1,7	0,1										0,9	04/07/2000		
	2002	"	7,4	0,13		<2,5		5,5			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	1,6	0,4										2,3	15/10/2002		
	2003	"	6,6	<1,0		<5,0		48,8			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	13,7	0,3										1,9	10/06/2003		
PB20	2000	Prédio 21 (Básic.)	7,3	8,1		<1,0		23,8			1,4	<0,20				0,25		<0,08	7,7	1,3										319		17/04/2000	
PB21	2003	Hos. De Clín. Veter	6,7	<1,0		5		14,1			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	4,3	0,8										<1,0	21/11/2003		
PB22	2003	Tambo	6,2	<1,0		5		6,6			<1,0	<0,25				<0,10		0,1	1,9	0,5										<1,0	21/11/2003		
INPE		Sul	7,9	N.D.		6		92	203	248	4,2	N.D.	N.D	16,5		0,47	N.D.	0,08	25	7,2	58	4,2	227						410	0,5	0,5	0,6	
INPE		Norte																															
Res. Cent.	2000	PB: 3,8,20	6,5	0,22		<2,5		23,5			4,1	<0,2				<0,10		<0,10	7,9	0,95										0,65	15/05/2000		
	2003		6,4	<1,0		<2,5		18,5			<1,0	<0,25				<0,10		<0,10	5,3	1,2										<0,10	14/04/2003		

Nº Poço PB	Ano de Análise	Localização	pH	TUR SiO ₂ (UNT)	Tur. A .F. (SiO ₂) (UNT)	Cor (Pt) (uH)	Mat. Org. (O ₂) (mg/L)	Dur. (CaCO ₃) (mg/L)	Alc. Total (mg/L)	Bicarb. HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Fluor F ⁻ (mg/L)	Sulf. SO ₄ ⁻ (mg/L)	Silica (SiO ₂) (mg/L)	Fe ₂ SO ₃ + Al ₂ O ₃ (R ₂ O ₃) (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Al ⁺³ (mg/L)	Mn ⁺² (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)	Mg ⁺² (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	ST (mg/L)	Res. Fixo (mg/L)	Res. Volátil (mg/L)	Con. Elét. (µS/cm)	PO ₄ ⁻³ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	DQO (mg/L)	Data			
P1	2000	Pisc.term.	6,6	0,69		2,5		23,7			4,12	0,2				0,1		0,1	8											0,15	15/05/2000		
	2002	"	7,1	1,16		2,5		12,8			1	0,25				0,1		0,1	3,9											0,1	20/11/2002		
P2																																	
P3																																	
P4																																	
P5																																	
P6																																	
P7																																	
P8																																	
P9																																	
P10																																	
P11																																	
P12																																	
P13																																	
P14																																	
P15																																	
P16																																	
P17	2001	Nova Torre	7	0,14		<2		9			<1	<0,20				<0,10		<0,10	3	0,4										91		3,4	
P18	2003	A. N. Zoot.	7	1		2,5		10,1			1,8	0,25				0,1		0,1	3,2	0,5											1,6	14/04/2003	
P20	2003	Dpto. Solo	6,4	19,1		10		34,5			7,8	0,25				0,1		0,1	10,3	2,1										86		1	14/04/2003

ANEXO 3 – Organização institucional

ANEXO 3 – Organização Institucional



ANEXO 4 - Variação do nível da água do poço PB 17 com 31 avaliações, sendo a frequência mensal de 17/07/2003 a 17/12/2003 e a frequência semanal de 06/01/2004 a 22/07/2004.

ANEXO 4 - Variação do nível da água do poço PB 17

Data de observação	Nível da água (metros)	Horário
17/07/2003	8,50	
12/08/2003	8,50	
13/09//2003	9,40	
10/10/2003	9,25	
10/11/2003	9,30	
17/12/2003	8,40	
06/01/2004	8,77	
14/01/2004	8,45	
20/01/2004	9,38	
24/01/2004	8,80	
28/01/2004	8,26	
04/02/2004	8,44	9h15mim
11/02/2004	9,50	14h25min
18/02/2004	8,38	9h15min
26/02/2004	9,36	16h15min
03/03/2004	9,73	14h30min
10/03/2004	9,20	14h30min
18/03/2004	8,78	10h00min
24/03/2004	9,87	14h50min
31/03/2004	9,00	10h10min
07/04/2004	8,52	9h40min
14/04/2004	9,20	10h15min
20/04/2004	8,56	11h10min
29/04/2004	8,58	9h55min
06/05/2004	9,23	10h50min
12/05/2004	9,51	10h00min
20/05/2004	8,85	10h30min
27/05/2004	8,45	14h00min
02/06/2004	10,00	17h00min
09/06/2004	10,63	14h00min
16/06/2004	10,38	15h30min
23/06/2004	9,77	10h30min
30/06/2004	9,03	14h40min
08/07/2004	8,70	15h15min
15/07/2004	9,26	15h10min
21/07/2004	16,10	16h00min
22/07/2004	13,10	16h30min

ANEXO 5 – Mapa dos Setores

ANEXO 6 – Serviço de Limpeza e Desinfecção das caixas d'água da Universidade

