

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR**

TESE DE DOUTORADO

**ANALISE DE SUSTENTABILIDADE DE USO
DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI EM IVOTI – RS**

Carlos Alvin Heine

Orientador: Osmar Gustavo Prof.Dr. Wöhl Coelho
Co-orientador: Prof.Dr. Luis Sebastian Vives
Co-orientador:Prof. Dr. Ubiratan Ferrucio Faccini

São Leopoldo – Rio Grande do Sul

Outubro de 2008

Heine, Carlos Alvin

Análise de Sustentabilidade do Sistema Aquífero Guarani na Região Urbano-Industrial de Ivoti no Rio Grande do Sul / Carlos Alvin Heine – São Leopoldo: UNISINOS, 2008.

Tese – Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geologia - Área de Concentração em Geologia Sedimentar.

Orientador: Osmar Gustavo Wöhl Coelho

1. Águas Subterrâneas. 2. Hidrogeologia. 3. Sistema Aquífero Guarani. 4. Sustentabilidade

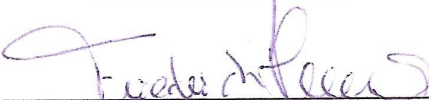
ATESTADO DE APROVAÇÃO

Atestamos que a tese de Doutorado

“ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DE USO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI EM
IVOTI - RS“

apresentada por **CARLOS ALVIN HEINE** foi aceita e aprovada como atendimento parcial
aos requisitos para a obtenção do grau de **DOUTOR EM GEOLOGIA**.

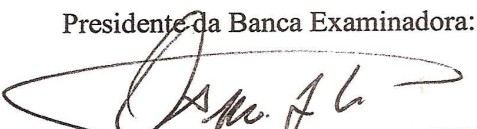
Banca Examinadora:


Friedrich Wilhelm Herms
UERJ


José Luiz Silvério da Silva
UFSM


Ernesto Luiz Correa Lavina
UNISINOS

Presidente da Banca Examinadora:


Osmar Gustavo Wohl Coelho
UNISINOS

São Leopoldo, 31 de outubro de 2008.

EPÍGRAFE

Planeta Água
Guilherme Arantes

Água que nasce na fonte serena do mundo
E abre o profundo grotão.
Água que faz inocente riacho e deságua
Na corrente do ribeirão.
Águas escuras dos rios
Que levam a fertilidade ao sertão.
Águas que banham aldeias
E matam a sede da população.
Águas que caem das pedras,
No véu das cascatas, ronco de trovão
E depois dormem tranqüilas
No leito dos lagos, no leito dos lagos.
Água dos igarapés onde Iara, mãe d'água,
É misteriosa canção.
Água que o sol evapora,
Pro céu vai embora
Virar nuvens de algodão.
Gotas de água da chuva,
Alegre arco-iris sobre a plantação.
Gotas de água da chuva,
Tão tristes são as lágrimas na inundação.
Águas que moinhos
São as mesmas águas
Que encharcam o chão
E sempre voltam humildes
Pro fundo da terra, pro fundo da terra.
Terra planeta água... Terra planeta água

AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo meu coração às minhas filhas, Louise e Renata, por terem me apoiado e, principalmente, por terem me compreendido nas questões relacionadas com minha tese. À minha mulher, Miram, um eterno agradecimento por participar de forma efetiva, incentivando, contribuindo com discussões e críticas, além de muita paciência na fase final da tese.

Gostaria de deixar registrado também o meu mais sincero agradecimento a todos aqueles que, de um modo ou de outro, contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, ao Prof. Dr. Osmar Wöhl Coelho, por sua orientação, apoio e discussões durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ubiratan Ferruchio Faccini, por acreditar na concepção deste estudo.

Ao Prof. Dr. Luis Sebastian Vives, pela participação fundamental na concepção da modelagem matemática e pelas longas discussões sobre o seu funcionamento.

Ao Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas, pelas orientações e acompanhamento dos ensaios geofísicos.

Ao Prof. Dr. Marco Antônio Fontoura Hansen pelos cálculos do Balanço Hídrico, e na adaptação do ZEEBRA para análise dos recursos hídricos.

A Dra. Karin Goldberg pelas descrições petrográficas.

A Maria Carolina de Araújo Silva, aluna do curso de Geologia da UNISINOS, e Bolsista do IC-FAPERGS, pela descrição das amostras de calha.

A Camila Emeris, aluna do Curso de Geologia, por editar algumas figuras.

Ao Prof. Dr. Ronqui, pelos registros fotográficos das lâminas delgadas.

Ao LACERCA – Unisinos.

À Companhia Rio-Grandense de Saneamento – CORSAN, por me proporcionar esta oportunidade de aprendizagem e a utilização do acervo técnico.

Aos meus colegas de empresa, dos quais sempre recebi todo incentivo, em especial, aos da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, que direta ou indiretamente contribuíram na confecção desta tese.

À Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS e ao PPGeo, que me proporcionaram esta oportunidade.

À Prof^a MSc. Silvana Salgado Nader e à Prof^a Dra. Denise Neves Pereira, por importantes contribuições na metodologia.

Resumo

A água, como um recurso hídrico, tem sido alvo de crescente preocupação no que se refere a sua proteção e uso sustentável. O destaque maior é dado para a água superficial, que é a mais utilizada, enquanto que a água subterrânea tem seu incremento de utilização em decorrência dos períodos de estiagem. Neste trabalho, o foco é a água subterrânea, com avaliação do reservatório conhecido como Sistema Aquífero Guarani (SAG), especificamente em uma área delimitada localizada nos limites dos municípios de Ivoti e Estância Velha, na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Essa área foi escolhida por ter abastecimento exclusivamente por água subterrânea, extraída de captações denominadas poços tubulares, pertencentes à Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), além de um grande número de outras captações, utilizadas para a atividade industrial, unifamiliar, colégios, hospitais e outros, desenhando um cenário propício a conflitos decorrentes do uso compartilhado da água subterrânea. O documento final Agenda 21, capítulo 40, da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, Rio-92, enfatiza a necessidade do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos como ferramentas para subsidiar a gestão. Para manter toda a cadeia de vida e evitar conflitos entre usuários pela utilização dos recursos hídricos subterrâneos ou superficiais, os gestores devem prever os limites de uso sustentável através desses indicadores. Para os rios, por exemplo, existem indicadores que limitam a extração, denominados de curva chave. Para os aquíferos, os indicadores atuais referem-se a um limite das taxas de bombeamento dependentes das recargas ativas para evitar perdas das reservas permanentes (Kalf & Woolley, 2005). Esta tese, objetivando a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, desenvolveu ferramentas denominadas Indicadores de Gestão de Água Subterrânea, tendo como ponto de partida a concepção de modelo conceitual de um aquífero de origem sedimentar, com arcabouço estratigráfico condicionado pela tectônica, para avaliar as taxas de bombeamento em relação às recargas e a manutenção do fluxo básico. Foi utilizado o modelamento matemático MODFLOW, com a reprodução do cenário geológico, tectônico, das informações de balanço hídrico e das taxas de bombeamento dos poços tubulares para calibrar, em um primeiro momento, um modelo denominado de estacionário para os anos 1973 a 1990. Partindo daí, foram usados modelos não-estacionários (anos 1990 a 2007) para análise de três cenários distintos: (1) não-bombeamento, (2) com bombeamento dos poços utilizados para abastecimento público e (3) com bombeamento do somatório de poços existentes, visando, assim, a traçar um diagnóstico do uso desse aquífero, se sustentável ou não, bem como promover a validação dos Indicadores de Gestão e das taxas sustentáveis de bombeamento.

Abstract

Water, as a hydrous resource, has caused an increasing concern about its protection and sustainable use. There has been an emphasis on surface water, which is the most used, while groundwater has been used during drought periods. This work has focused on groundwater, by assessing the sedimentary reservoir known as Guarani Aquifer System, specifically in an area situated within the limits of Ivoti and Estancia Velha, in Porto Alegre Metropolitan Region, Rio Grande do Sul. This area has been chosen because it is exclusively supplied by groundwater, which is extracted from impoundments called tubular wells belonging to “Companhia Riograndense de Saneamento” (CORSAN), besides a great number of other impoundments used by factories, households, schools, hospitals, etc, thus composing a scene that is likely to cause conflicts due to shared use of groundwater. Agenda 21, chapter 40, of the United Nations Conference on Environment and Development, held in Rio de Janeiro, Brazil, in 1992, has emphasized the necessity for development of sustainability indicators for hydrous resources as tools to subsidize management. In order to both prevent conflicts among users and keep the whole life chain with the use of subterranean and surface hydrous resources, managers should forecast limits for sustainable use through those indicators. For rivers, for example, there are indicators that limit extraction, which are known as key curve. For aquifers, the current indicators refer to a limit of pumping rates, depending on active recharges, so as to prevent losses in permanent reserves (Kalf & Woolley, 2005). This thesis, aiming at the management of groundwater resources, has developed tools called Indicators for the Management of Groundwater, having as its starting point the conception of a conceptual model of a sedimentary aquifer, with a stratigraphic structure conditioned by tectonic motions, in order to evaluate the pumping rates in relation to recharges and the maintenance of the basic flow. The MODFLOW mathematical model has been used with the reproduction of the geological, tectonic scenery, as well as information on the hydrous balance and pumping rates of tubular wells to calibrate, firstly, a model called stationary for years 1973 – 1990. Non-stationary models have been used (1990-2007) in the analysis of three distinct scenes: (1) non-pumping, (2) with pumping of wells used in public supply, and (3) with pumping of all existing wells, aiming at establishing a diagnosis of use of that aquifer, whether sustainable or not, as well as promoting the validation of both the Indicators of Management and the sustainable pumping rates.

SUMÁRIO

		página
	AGRADECIMENTOS	v
	RESUMO	vi
	ABSTRACT	vii
	SUMÁRIO	viii
	LISTA DE FIGURAS	xii
	LISTA DE QUADROS	xx
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xxiii
I	INTRODUÇÃO	1
	1.1 Caracterização do Problema	1
	1.2. Justificativa	5
	1.3. Objetivo	6
	1.3.1. Objetivos Específicos	7
II	FUNDAMENTOS E DISCUSSÃO CONCEITUAL	8
	2.1. Sustentabilidade Ambiental, Conceitos, Controvérsias e Perspectivas	8
	2.2. A Sustentabilidade do Uso dos Recursos Hídricos	10
	2.3. A Água Subterrânea, Visão Sinótica e Sustentabilidade	17
	2.3.1. A Água Subterrânea e o Equilíbrio Ambiental	23
	2.3.2. Critérios de Estudo e Avaliação da Sustentabilidade do Uso da Água Subterrânea	24
	2.4. Evolução dos Conhecimentos do Sistema Aquífero Guarani	26
	2.4.1. Características do Sistema Aquífero Guarani – SAG. Demandas e Expectativa de Uso no Rio Grande do Sul.	27
	2.4.2. Elementos Estruturais	31
	2.4.3. Características Químicas, Hidráulicas e de Reservação do SAG	34
	2.5. Alternativas de Abordagem do Problema	39
	2.5.1. Indicadores de Sustentabilidade	39
	2.5.2. Indicadores de Gestão de Recursos Hídricos	40
	2.5.3. Indicadores de Gestão Ambiental	46
	2.5.4. Análise de Sustentabilidade por Aproximações Numéricas	48
	2.6. Balanço Hídrico	48
	2.6.1. Balanço das Reservas Subterrâneas	49
	2.7. Modelos Matemáticos em Hidrogeologia	51

	2.8.	Sistema de Informações Geográficas e os Modelos Matriciais	53
III		CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
	3.1.	Generalidades	55
	3.1.1.	Localização	55
	3.2.	Aspectos Sócioeconômicos	55
	3.2.1.	Abastecimento Público	56
	3.3.	Clima	58
	3.4.	Precipitação	58
	3.5.	Temperatura	59
	3.6.	Insolação	60
	3.7.	Umidade Relativa do Ar	61
	3.8.	Evaporação	61
	3.9.	Relevo	62
	3.10.	Rede Hidrográfica	64
	3.11.	Solos	65
	3.12.	Cobertura Vegetal	65
IV		MÉTODO E TÉCNICAS	66
	4.1.	Captura de Dados	75
	4.2.	Análise de Indicadores	77
	4.2.1.	Indicadores Ambientais	77
	4.2.2.	Indicadores Operacionais	78
	4.2.3.	Indicadores Integrados Socioeconômicos e Ambientais	79
	4.3.	Geologia	79
	4.4.	Modelagem Conceitual e Numérica do SAG em Ivoti	80
	4.4.1	Modelagem Conceitual	80
	4.4.2.	Parâmetros Hidrogeológicos	80
	4.4.3.	Modelagem Numérica	82
	4.5.	Análise de Sustentabilidade	83
	4.6.	Equipamentos e “Softwares” Utilizados	83
V		ANÁLISE DOS RESULTADOS	86
	5.1.	Análise de Indicadores	86
	5.1.1.	Indicadores Ambientais	87
	5.1.1.1	Variação das Reservas Subterrâneas	87
	5.1.1.2.	Variações Hidroquímicas	94
	5.1.1.3.	Indicadores Operacionais	101

5.1.1.4.	Indicadores Integrados Socioeconômicos e Ambientais	104
5.2.	Geologia e Condicionantes do Modelo Conceitual do SAG - Ivoti	109
5.2.1	Tectônica e Compartimentação do SAG	109
5.2.2.	Estratigrafia Regional e Local	118
5.2.3.	Mapeamento Geológico na Área de Estudo	126
5.2.4.	Geologia de Sub-superfície do SAG em Ivoti	129
5.2.5.	Análise dos Condicionamentos de Recarga no SAG - Ivoti	140
5.2.5.1.	Superfície de Contato do Topo do SAG com a Formação Serra Geral	140
5.2.5.2.	Lineamentos Tectônicos do SAG / Formação Serra Geral	146
5.3.	Modelagem Conceitual e Numérica do SAG em Ivoti	150
5.3.1.	Modelagem Conceitual	150
5.3.2.	Quantificação de Análise Paramétrica para Modelagem Numérica	155
5.3.2.1.	Porosidades e Condutividades Hidráulicas para os Horizontes Hidroestratigráficos	155
5.3.2.2.	Extração de Água Subterrânea	165
5.3.2.3.	Balanço Hídrico e Estimativa de Recarga	166
5.3.3.	Modelagem Numérica	167
5.3.3.1.	Estrutura e Discretização do Modelo Estacionário	168
5.3.3.2.	Recarga do SAG em Ivoti	173
5.3.3.3.	Condições de Contorno	175
5.3.3.4.	Condutância das Drenagens Superficiais	175
5.3.3.5.	Poços de Bombeamento	177
5.3.3.6.	Calibração do Modelo Estacionário	179
5.3.3.7.	Balanço de Massa do Modelo Estacionário	184
5.4.	Análise de Sustentabilidade do Uso do SAG- Ivoti	186
5.4.1.	Caracterização e Consistência de Séries de Dados Históricas e Parâmetros de Modelagem.	187
5.4.2.	Balanço de Massa para Regime Não-estacionário	195
5.4.3.	Análise do Comportamento das Reservas Hídricas Permanentes - $\downarrow R_p$	198
5.4.4.	Comportamento da Descarga Residual do SAG - Drs	200
5.4.5.	Análise da Taxa de Bombeamento Sustentável (R_{25})	203
VI	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	205
6.1.	Conclusões	205

	6.2.	Recomendações	207
VII		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	208
VIII		GLOSSÁRIO HIDORGEOLÓGICO	220
IX		ANEXOS	223
		Anexo I – Curvas Granulométricas dos Pontos da Amostragem da Área de Estudo.	224
		Anexo II – Séries Reais de Taxas de Bombeamento Ininterrupto para cada um dos 20 Poços no Período de 1990 – 2007.	229
		Anexo III – Séries Históricas de Precipitação Pluviométricas no Período de janeiro 1990 até novembro 2007.	327
		Anexo IV – Questionário do ZEEBRA para Hidrogeologia	333
		Anexo V – Parâmetros Hidrodinâmicos e Físicos Químicos dos Poços Cadastrados pela CORSAN e CPRM período de 1990 – 2007.	344

Lista de Figuras

Figuras		página
Capítulo 1	INTRODUÇÃO	
1.1	Localização dos municípios de Ivoti e Estância Velha.	3
Capítulo 2	Fundamentos e Discussão Conceitual	
2.1	Distribuição relativa dos recursos hídricos no planeta. Fonte: FAO (2002).	12
2.2	Distribuição dos recursos hídricos no Brasil. Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos. MMA (2003).	13
2.3	Evolução histórica e tendências da utilização da água no mundo. Modificado de Morris <i>et al.</i> , (2003).	15
2.4	Distribuição relativa dos usos da água na América do Sul. Adaptado de Boscadin Borghetti et al., (2004).	15
2.5	Interação de fatores intervenientes na sustentabilidade de uso dos recursos naturais.	16
2.6	Distribuição das águas no planeta. Adaptado de Shiklomanov (1998).	18
2.7	Distribuição da água doce no planeta, por reservatório. Adaptado de Shiklomanov (1998).	18
2.8	Efeitos do superbombeamento de aquíferos. Rio Colorado, EUA, retirada da revista <i>National Geographic</i> do Brasil. Montaigne (2002).	22
2.9	Efeitos do superbombeamento de aquíferos. Rio Amarelo, China, retirada da revista <i>National Geographic</i> do Brasil. Montaigne (2002).	22
2.10	Mapa das Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul. (Hausman, 1995) modificado por Machado (2005).	27
2.11	Representação esquemática da localização do Sistema Aquífero Guarani, na América do Sul. Adaptado de Boscadin Borghetti et al., (2004).	29
2.12	Diagrama em rosetas das extensões de lineamentos, obtidos a partir de levantamentos aeromagnetométricos na bacia do Paraná. Podem ser observados dois grupos de trendes principais NO-SE (N45°-65°O e NE-SO (N50°-70°E). Um terceiro “trende”, subordinado, alonga-se segundo E-O (N85°-95°O). Modificado de Gabagli e Milani (1990).	32
2.13	Bacia do Paraná com a configuração dos principais elementos tectônicos. Fonte: CESP/IPT (1982). Modificado do Relatório IPT n.º 14091, IPT n.º1961.	33
2.14	Produção do SAG por Estado, com um total de 930 poços cadastrados. Modificado de OEA (2001).	36
2.15	Ocorrência e constituição do Sistema Aquífero Guarani – SAG no Estado do Rio Grande do Sul. Faccini (2003).	37
2.16	Total de poços da CORSAN em operação para abastecimento urbano no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: CORSAN em 2007.	38

2.17	Total do volume (m ³ /ano) da água produzida para abastecimento pela CORSAN. Fonte: CORSAN em 2007.	38
2.18	Representação gráfica de indicador ambiental onde o reservatório subterrâneo é avaliado quando submetido à extração por poços tubulares. Modificado de Morris et al., (2003).	42
2.19	Ilustração mostra o crescimento da mancha urbana com modificação na ocupação do solo com as captações de água subterrânea migrando para a periferia, com poços abandonados, e modificações no fluxo original das águas subterrâneas, consequência vetores de contaminação por esgotos domésticos, rede pluvial, despejos industriais entre outros impactos. Modificado de Morris et al., (2003).	43
2.20	Indicador de qualidade, mostrando o impacto provocado pelo excesso de bombeamento em sistemas aquífero litorâneos em duas condições, uma em equilíbrio e outra com bombeamento em excesso por novas obras de captação subterrânea. Modificado de Morris et al., (2003).	44
2.21	Esquema representativo de um reservatório em equilíbrio, modificado de Kalf & Woolley (2005).	49
2.22	Reservatório em uma condição de extração sustentável Kalf & Woolley (2005), onde mostra Ss , linha hipotética de armazenamento sustentável, reservatório em equilíbrio com a taxa de bombeamento (Bc), o Sd é uma linha imaginária denominada de máxima depleção, o Sm faixa hipotética onde o armazenamento do reservatório cede água das reservas permanentes (extração não equilibrada ou mineração das reservas), e o Sr , corresponde à fase crítica de uma extração desequilibrada, onde a água retirada das reservas permanentes é irrecuperável.	51
Capítulo 3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE IVOTI		
3.1	Gráfico da evolução da população da cidade de Ivoti, do ano de sua emancipação 1964 até a projeção para o ano de 2020. Fontes: (IBGE, 2003; FEE, 2005).	56
3.2	Gráfico com as demandas de água em percentual na Bacia do Rio dos Sinos. Fonte: Brasil (2007).	58
3.3	Gráfico com as médias das precipitações na Bacia do rio dos Sinos, período de 1931-1974, calculado pelo método de (Thorntwaite, 1948). Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).	59
3.4	Gráfico com as médias das temperaturas na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).	60
3.5	Média das insolações na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).	60
3.6	Média da umidade relativa do ar para a Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).	61
3.7	Representação gráfica da evaporação mensal média, na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).	61
3.8	Relevo da área de estudo, destaque em amarelo a mancha urbana de Ivoti e de Estância Velha.	63

3.9	Arroio Feitoria nas proximidades da Ponte do Imperador em Ivoti.	64
Capítulo 4	MÉTODO E TÉCNICAS	
4.1.	Balanço de massa de um aquífero segundo Kalf & Woolley (2005), com as condições de armazenamento dependentes das taxas de bombeamento (Bc), Descarga natural (D). Recarga (R). Os demais elementos representados são: (Ss) - condição de armazenamento sustentável, onde as reservas permanentes estão preservadas e as reservas reguladoras em equilíbrio com o bombeamento+descarga; Sd – condição de depleção do armazenamento, onde as reservas permanentes estão no limite do equilíbrio dinâmico com o bombeamento+descargas; Sm – condição de armazenamento em situação de mineração, onde o aquífero cede suas reservas permanentes sem que haja tempo para a sua recuperação; e Sr – condição extrema extração desequilibrada, onde não mais é possível a recuperação das reservas.	67
4.2.	Concepção Metodológica.	69
4.3.	Etapas principais da seqüência metodológica adotada.	70
4.4.	Cartograma com os poços tubulares (vermelho) e a área de modelagem numérica (poligonal preta).	76
4.5.	Cartograma com a localização de afloramentos visitados (triângulo vermelho) e pontos de coleta de amostras (losângulo preto).	81
4.6.	Classificação granulométrica segundo Johnson (1967) em Custódio & Llamas (1976)	82
4.7.	Etapas para modelagem de um reservatório subterrâneo. Modificado de Vives et al., (2005).	85
Capítulo 5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	
5.1.	Análise de Indicadores	
5.1.1.	Superfície potenciométrica do SAG em Ivoti, no intervalo de tempo entre os anos de 1973 até 1997. Heine et al., (2005)	89
5.1.2	Superfícies potenciométricas do SAG em Ivoti em 2003. Heine et al., (2005)	90
5.1.3	Depleção da superfície potenciométrica do SAG em Ivoti. Heine et al., (2005).	91
5.1.4	Período de bombeamento e vazão acumulada dos poços. Fonte: CORSAN, período 1997-2007.	92
5.1.5	Taxa de bombeamento anual por poço. Fonte: CORSAN período 1997-2006.	93
5.1.6.	Volume de bombeamento acumulado dos poços. Fonte: CORSAN 1997-2006.	93
5.1.7.	Teores de STD (mg/L) por ocasião da perfuração dos poços. (1973-1997). Fonte CORSAN.	95
5.1.8.	Teores de STD (mg/L) em 2006. Fonte: CORSAN.	95
5.1.9.	Variação de STD com o tempo de bombeamento ($STD_{2006} - STD_{inicial}$).	97

5.1.10.	Variações multitemporal dos STD (mg/L). ($STD_{2006} - STD_{inicial}$)	98
5.1.11.	Valores de STD dos poços no SAG em Ivoti – RS. Fonte: CORSAN.	99
5.1.12.	Classificação de Piper dos poços do SAG-Ivoti em 2006. Fonte: CORSAN.	100
5.1.13.	Teores de SO_4^{-2} do SAG em Ivoti. Fonte: CORSAN.	101
5.1.14.	Colapso operacional do poço IV- 4, com rebaixamento do grupo moto bomba submerso da profundidade original de 45m (1979) para 104m (1990-1995), Heine et al., (2005)	103
5.1.15.	Desempenho operacional do sistema de bombeamento SAG - Ivoti (1995-2003), Heine et al., (2005)	103
5.1.16.	Evolução populacional de Ivoti desde sua emancipação e sua projeção para o ano 2020. (IBGE, 2003; FEE, 2005).	105
5.1.17.	Índices quantitativos integrados para as águas superficiais. (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).	105
5.1.18.	Índices qualitativos integrados para as águas superficiais (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).	105
5.1.19.	Índices qualitativos integrados para as águas subterrâneas (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).	106
5.1.20.	Índices quantitativos integrados para as águas subterrâneas (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).	106
5.1.21.	Classes de vulnerabilidade ambiental e de potencialidade socioeconômica, modificado de Hansen e Lanna (2001).	107
5.2.	Geologia e Condicionantes do Modelo Conceitual do SAG-Ivoti.	
5.2.1.	Compartimentação do SAG no Estado do Rio Grande do Sul, segundo Machado (2005). A área de estudo está demarcada em vermelho no Bloco Leste.	110
5.2.2.	Lineamentos estruturais da Bacia do rio dos Sinos (composição colorida LANDSAT-TM 3/4/5).	112
5.2.3.	Distribuição de frequência dos lineamentos da Bacia do rio dos Sinos em número de alinhamentos por intervalo de comprimento em quilômetros (km)	113
5.2.4.	Distribuição de frequência do número de alinhamentos para a Bacia do Rio dos Sinos, representada através de diagrama de roseta.	113
5.2.5.	Seção geológica regional E-W da Bacia do Rio dos Sinos. Fonte: perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN.	115
5.2.6.	Modelo geológico 3D do SAG em Ivoti- RS. (“Software” modelador = SURPAC. Fonte: perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN; Legenda =>VERDE = Formação Serra Geral; AZUL= Sistema Aquífero Guarani).	116
5.2.7.	Distribuição de frequência de lineamentos da área de estudo representada na forma de diagrama de roseta (Dados = análise de fotografias aéreas 1:60.000).	116
5.2.8.	Carta de contorno estrutural do topo do SAG em Ivoti.	117

5.2.9.	Coluna Estratigráfica, litotipos e ambientes de sedimentação. Modificado de CPRM (2008).	119
5.2.10.	Rochas basálticas da Formação Serra Geral em Ivoti - RS, (coordenadas de campo UTM = 483747/6722471).	120
5.2.11.	Contato entre a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu em Ivoti - RS.(Coordenadas de campo UTM = 484959/6719762).	120
5.2.12.	Formação Botucatu em Ivoti - RS com estratificação cruzada de grande porte, próxima ao contato com a Formação Serra Geral. (coordenadas de campo UTM = 477407/6727701).	122
5.2.13.	Formação Pirambóia no município de Lindolfo Collor - RS (coordenadas de campo em UTM= 480382/6724446).	122
5.2.14.	Coluna estratigráfica da área de estudo em Ivoti - RS. Modificada de (Faccini, 2000 e Giardin & Faccini, 2002).	124
5.2.15.	Seção Geológica E-W da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, observando-se as variações de espessura das formações Botucatu e Pirambóia. Modificada de Goldbeg (2005).	125
5.2.16.	Carta Geológica dos Municípios de Ivoti e Estância Velha.	128
5.2.17.	Perfilagem geofísica por raio gama e potencial espontâneo (SP) do Poço COR IV-28, com estimativa de argilosidade, sólidos dissolvidos, porosidade efetiva e total (Fonte: HIDROLOG).	130
5.2.18.	Perfil litológico do poço tubular COR IV 28 com separação dos distintos horizontes detectados pela perfilagem geofísica. Fonte CORSAN.	131
5.2.19.	Curva granulométrica da amostra A.	133
5.2.20.	Curva granulométrica da amostra B.	133
5.2.21.	Curva granulométrica da amostra C	134
5.2.22.	Curva granulométrica da amostra D.	134
5.2.23.	Síntese do ordenamento das quatro camadas que formam o arcabouço do SAG em Ivoti.	137
5.2.24.	Seção Geológica (A-A') NE-SW do SAG em Ivoti. Na Falha Hortêncio foi executado caminhamento elétrico.	138
5.2.25.	Seção Geológica (B-B') NE-SW, do SAG em Ivoti com detalhe da janela estratigráfica, localização do poço COR IV 28.	139
5.2.26.	Seção geológica no contato das formações Botucatu e Serra Geral, com indicação da amostragem de campo (ponto 116, coordenadas UTM= 483603; 6720367).	141
5.2.27.	Fotomicrografia da amostra 116A no contato com a Formação Serra Geral. Arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e bem arredondada. O diâmetro do grão ao centro é 0,6 mm.	143
5.2.28.	Fotomicrografia da amostra 116A com nicóis-cruzados.	143

5.2.29.	Fotomicrografia da amostra 116 B mostrando um arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e com bom arredondamento dos grãos, os quais são envolvidos por cimentação ferruginosa.	144
5.2.30.	Fotomicrografia da amostra 116 B com nicóis cruzados. A cimentação ferruginosa intergranular é observável em cores marrom-avermelhadas.	144
5.2.31.	Fotomicrografia da amostra 115C, mostrando um arenito com grãos de feldspato, com constituintes diagenéticos, cutícula de hematita, e crescimentos secundários de quartzo e feldspato, caulinita intergranular e cimento de óxido/hidróxido de ferro (limonita?) telodiagenético.	145
5.2.32.	Fotomicrografia da amostra 115C com nicóis cruzados Os pontos em vermelho são de cimentação por óxidos e hidróxidos de ferro.	145
5.2.33.	Fotomicrografia com maior detalhe da amostra 115C. Observando-se a cimentação intergranular de hematita, em vermelho. Diâmetro do grão no centro da lâmina 0,12mm.	146
5.2.34.	Seções de geofísicas obtidas em caminhamento elétrico executado em Ivoti lineamentos (UTM 484.012 – 6.722.845). Na estaca 140 localiza-se a Falha Hortêncio, para a qual se verifica uma zona de baixa resistividade.	148
5.3.	Modelagem Conceitual e Numérica do SAG em Ivoti	
5.3.1.	Modelagem Conceitual	
5.3.1.1.	Seção Hidrogeológica SE–NW do SAG em Ivoti, com as potenciometrias da data da conclusão do poço e de 2003. Fonte: CORSAN.	153
5.3.1.2.	Seção Hidrogeológica SE–NW, do SAG em Ivoti, com as potenciometrias da data de perfuração do poço e de 2003. Fonte: CORSAN.	154
5.3.2.	Quantificação e Análise Paramétrica para Modelagem Numérica.	
5.3.2.1.	Porosidade para sedimentos inconsolidados, utilizando o triângulo de (Johnson,1967), para amostras do SAG em Ivoti –RS.	159
5.3.2.2.	Condutividade hidráulica (cm/s) dos poços de Ivoti. Fonte CORSAN 2003.	163
5.3.3.	Modelagem Numérica.	
5.3.3.1.	Área do modelamento para o regime estacionário.	169
5.3.3.2.	Discretização da área modelada, reproduzindo as camadas superficiais e as condições de células ativas quando coloridas e as inativas em cinza.	170
5.3.3.3.	Seção W - E do modelo matemático estacionário do SAG - Ivoti, linha Y: 6494.8.	170
5.3.3.4.	Seção N-S do modelo matemático estacionário do SAG - Ivoti, coluna X: 4650.8.	171
5.3.3.5.	Vista em planta das zonas de mesma condutividade hidráulica: Serra Geral em azul, SAG em branco, sedimentos recentes em verde, e falhas em amarelo.	171
5.3.3.6.	Seção E-W com a discretização das condutividades hidráulicas: em cinza, células inativas; em azul, Serra Geral; em amarelo, as falhas; para o SAG,	173

têm-se: a camada A, em branco; a camada B, em azul claro; a camada C, em vermelho; e a camada D, em magenta.

5.3.3.7.	Discretização das zonas de recarga: em branco o SAG, (zona 1); em azul escuro o Serra Geral, (zona 2); em verde os sedimentos recentes, (zona 3); em azul claro com menor densidade, (zona 4); e em vermelho, Falhas com densidade maior (zona 5).	175
5.3.3.8.	Condições de contorno com fluxo ativo ao longo dos arroios (azul) e fluxo inexistente nos limites secos (cinza).	176
5.3.3.9.	Condições de contorno de uma seção W-E (Y= 7332,8), nível não fluxo em cinza e de fluxo, na primeira camada em azul.	177
5.3.3.10.	Localização dos poços tubulares utilizados na calibração do modelo estacionário SAG – Ivoti.	178
5.3.3.11.	Editor de poços tubulares do MODFLOW, com bombeamento desativado e detalhe construtivo da zona de captação sem filtros.	179
5.3.3.12.	Superfície potenciométrica para o modelo estacionário SAG - Ivoti, observando-se as principais áreas de recarga em cores amarelo, alaranjado e verde-claro, enquanto a descarga ocorre na área azul-escuro.	182
5.3.3.13.	Calibração do modelo estacionário SAG – Ivoti dos níveis calculados versus níveis observados.	182
5.3.3.14.	Localização das zonas de nível variado do modelo estacionário.	185
5.3.3.15.	Balanco de massa do modelo estacionário do SAG – Ivoti.	185
5.4.	Análise de Sustentabilidade do Uso do SAG - Ivoti	
5.4.1.	Modelo não-estacionário para o Cenário II com 23 poços ativos. (pontos em vermelho).	188
5.4.2.	Modelo não-estacionário para o Cenário III com 86 poços ativos. (pontos em vermelho).	188
5.4.3.	Resposta da recarga (hm ³ /ano) em relação à precipitação (mm/ano), fornecida pelo modelo não-estacionário para o Cenário I.	189
5.4.4.	Seção W-L com a identificação das seis camadas do modelo não-estacionário do SAG – Ivoti.	190
5.4.5.	Calibração do Modelo não-estacionário Cenário II (níveis observados x níveis calculados).	191
5.4.6.	Hidrogramas dos poços COR IV 18, COR IV 15, COR IV 4 e COR IV 8 para o modelo não-estacionário, Cenário II. Os quadrados maiores, dispersos ou agrupados, são os níveis observados nos poços, enquanto os pontos menores unidos por linhas são os níveis calculados pelo modelo numérico.	193
5.4.7.	Hidrogramas do modelo não-estacionário do SAG – Ivoti, Cenário III. Os quadrados maiores, dispersos ou agrupados, são os níveis observados, enquanto os pontos menores em linha referem-se aos níveis calculados.	194
5.4.8.	Balanco de Massa do modelo não-estacionário do SAG - Ivoti para o Cenário I. Entradas no sistema em azul. Saídas do sistema em vermelho.	196

5.4.9.	Balanço de massa, do modelo não-estacionário do SAG - Ivoti, para o Cenário II. Em azul, entradas no sistema; em vermelho, saídas.	197
5.4.10.	Balanço de massa não-estacionário do SAG - Ivoti, para o Cenário III. Situação de mineração do aquífero ($R \ll Drs + Bc$).	197
5.4.11.	Precipitações no Período 1990-2007.	199
5.4.12.	Variação das reservas permanentes (R_p) determinada pelo modelo não-estacionário – Cenário II, para o SAG – Ivoti, no período 1990-2007.	199
5.4.13.	Variação das reservas permanentes (R_p) determinada pelo modelo não-estacionário–Cenário III, para o SAG – Ivoti, no período 1990-2007. O aquífero reduz continuamente suas reservas ao longo do tempo ($R \ll Drs + Bc$).	200
5.4.14.	Descargas residuais (Drs), do modelo não-estacionário, Cenário II.	204
5.4.15.	Descargas residuais (Drs), do modelo não-estacionário, Cenário III.	201
5.4.16.	Balanço de massa por zonas de recarga, para o modelo não-estacionário Cenário III. Em vermelho as saídas, e em azul as entradas.	202
5.4.17.	Taxas de bombeamento (Bc) do modelo não-estacionário - Cenário II (azul) e taxas de bombeamento sustentável (R_{25}) em magenta.	204
5.4.18.	Taxas de bombeamento (Bc) do modelo não-estacionário - Cenário III (azul) e taxas de bombeamento sustentável (R_{25}) em magenta	204

Lista de Quadros

Capítulo 2.	FUNDAMENTOS E DISCUSSÃO CONCEITUAL	página
2.1.	Volumes de água doce nos principais reservatórios da Terra. Giampá e Gonçalves (2006).	11
2.2.	População dos continentes relativa a 2000. FAO (2002).	12
2.3.	Consumo mundial anual de água (km ³) Fonte: <i>Water in Crisis, 1993</i> . (TERRA DA GENTE, 2006). * Dados estimados.	14
2.4.	Balanço hídrico mundial simplificado. Fonte: Shiklomanov (1998).	19
2.5.	Estimativas volumétricas das reservas permanentes e reguladoras (ativas). Modificado de OEA (2001).	21
2.6.	Aspectos litoestratigráficos das formações Pirambóia e Botucatu. Fonte: (Rebouças, 1976; Araújo et al., 1995; Milani et al 1994 citado em OEA, 2001; Faccini, 2000; e Giardin & Faccini, 2002).	30
2.7.	Composição química das águas do Sistema Aquífero Guarani. Modificado de (Silva 1983; OEA, 2001, Boscardin Borghetti et al., 2004; Caraballo 2006; e Rosa Filho et al., 2007).	34
2.8.	Características hidráulicas do Sistema Aquífero Guarani. Fonte: (OEA, 2001).	35
2.9.	População na área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul - Modificado de (Araújo et al. 1995; ANA, 2001; IBGE 2003).	37
2.10.	Indicadores para efeitos adversos em aquíferos, baseados na difusibilidade para avaliação da retirada em excesso de água subterrânea. Modificado de Foster et al., (1991).	41
2.11.	Fatores que afetam a sustentabilidade do aquífero, com indicadores de efeitos adversos ao excesso de bombeamento. Modificado de Foster et al., (1991).	45
2.12	Indicadores de gestão ambiental para água subterrânea, para avaliar o equilíbrio entre recarga e extração. Modificado de Kalf & Woolley (2005).	46
Capítulo 3.	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE IVOTI	
3.1.	Abastecimento de água da cidade de Ivoti, conforme cadastro por categoria de consumidor. Fonte: CORSAN 2007.	56
3.2.	Evolução das demandas de água subterrânea utilizadas no abastecimento público de Ivoti. Fonte: CORSAN 2007	57
3.3.	Pontos de extração de água subterrânea em Ivoti cadastrados pela CPRM e CORSAN. (2003 - 2007)	57
Capítulo 4.	MÉTODO E TÉCNICAS	
4.1.	Etapas, dados, processos, resultados, técnicas software utilizados	73
Capítulo 5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	

5.1.	Análise de Indicadores	
5.1.1.	Estimativa da vazão total anual (Bc) extraída do SAG em Ivoti.	87
5.1.2.	Reservas hídricas e taxas de bombeamento do SAG em Ivoti. (Rp =permanente, Ra =ativa, Bc =bombeamento anual, R₂₅ =bombeamento anual sustentável)	88
5.1.3.	Variação das reservas hídricas permanentes em uma área de referência do SAG - Ivoti. (Rp₁ =período 1973-19970; Rp₂ =2006; e Rp₂ - Rp₁ =variação das reservas).	91
5.1.4.	Tipos hidroquímicos e valores STD para situações de aquíferos em zona livre, de conectividade ou confinados (Silva, 1883; OEA, 2001; Boscardin Borghetti et al., 2004; Caraballo, 2007).	98
5.1.5.	Observações, indicações e perspectivas obtidas através da análise de indicadores de gestão.	108
5.2.	Geologia e Condicionantes do Modelo Conceitual do SAG - Ivoti	
5.2.1.	Quatro camadas do SAG em Ivoti, detectados por perfilagem geofísica do poço COR IV 28, com indicação de espessuras e características granulométricas.	129
5.2.2.	Localização das amostras para ensaios granulométricos	132
5.2.3.	Comparação das características granulométricas de ensaios laboratoriais e técnicas geofísicas. (as amostras mais uniformes apresentam os menores valores do coeficiente de uniformidade)	132
5.2.4.	Coeficientes de uniformidade para amostras coletadas em Ivoti. (“*” fração silte+argila > 30% ; $d_{10} < 0,1 - 3,0$ mm, faixa limite indicada por Hazen (1911).	135
5.2.5.	Identificação e cotas topográficas das amostras de arenito coletado próximo ao contato com a Formação Serra Geral (ponto 116).	140
5.2.6.	Descrições petrográficas de amostras de arenito da Formação Botucatu no contato com a Formação Serra Geral. Ponto 116. (coordenadas UTM=483603; 6720367)	142
5.2.7.	Observações, indicações e perspectivas decorrentes da análise geológica do SAG em Ivoti.	149
5.3.	Modelo Conceitual e Numérico do SAG em Ivoti	
5.3.1.	Modelo Conceitual	
5.3.1.1.	Fatores geológicos, hidrogeológicos e ações antrópicas e respectivos elementos conceituais para a modelagem do SAG-Ivoti.	152
5.3.2.	Quantificação e Análise Paramétrica para Modelagem Numérica	
5.3.2.1.	Porosidades dos materiais geológicos. Fonte: (Freeze & Cherry, 1979).	155
5.3.2.2.	Vazão específica de acordo com as texturas dos materiais geológicos, segundo (Meinzer, 1923). Fonte: Fetter (2001).	156
5.3.2.3.	Permeabilidades e condutividades hidráulicas para materiais sedimentares Fetter (2001).	157

5.3.2.4.	Proporção areia / finos e porosidades estimadas por perfilagem geofísica para os horizontes hidroestratigráficos identificados no poço COR IV 28.	158
5.3.2.5.	Estimativas de porosidade total do SAG em Ivoti.	160
5.3.2.6.	Porosidades totais estimadas e/ou determinadas para os horizontes do SAG em Ivoti.	160
5.3.2.7.	Estimativas e determinações diretas da granulometria e porosidade dos horizontes hidroestratigráficos do SAG em Ivoti.	161
5.3.2.8.	Parâmetros hidráulicos dos poços tubulares na cidade de Ivoti - RS. Fonte: CORSAN.	162
5.3.2.9.	Características hidrogeológicas, adotadas para o modelo matemático do SAG - Ivoti.	164
5.3.2.10.	Vazões de projeto dos poços da CORSAN, com respectivos valores de reavaliação de 2003.	165
5.3.2.11.	Balanço Hídrico calculado por (Thornthwaite,1948). Fonte: Rio Grande do Sul (1989).	166
5.3.3.	Modelagem Numérica	
5.3.3.1.	Condutividades hidráulicas utilizadas no modelo estacionário do SAG – Ivoti.	172
5.3.3.2.	Zonas e valores de recarga do modelo estacionário.	174
5.3.3.3.	Condutância dos corpos de água (arroyos), do modelo estacionário do SAG.	176
5.3.3.4.	Vinte poços tubulares utilizados no modelo estacionário do SAG - Ivoti.	180
5.3.3.5.	Níveis de água observados versus níveis calculados pelo modelo estacionário.	183
5.3.3.6.	Balanço de massa por elementos em (m ³ /d). A cor identifica as diferentes zonas e descrição dos elementos.	184
5.4.	Análise de Sustentabilidade do Uso do SAG- Ivoti	
5.4.1.	Zonas e volumes das médias das recargas do modelo não-estacionário.	189
5.4.2.	Valores de armazenamento e porosidade do modelo não-estacionário.	190
5.4.3.	Calibração do modelo não-estacionário com 22 poços. (Cenário II).	192
5.4.4.	Resultados do balanço de massa obtidos pelo modelo não estacionário.	195
5.4.5.	Balanço de massa por zona, do modelo estacionário com o modelo não-estacionário, do SAG – Ivoti. Unidade em (m ³ /dia).	203

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABGE -	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
AMAs -	<i>Active Managements Areas</i>
ANA -	Agência Nacional de Águas
ASCE -	<i>American Society of Civil Engineers</i>
BH -	Balanço Hídrico
CETESB -	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (vinculado à Secretaria estadual do Meio Ambiente)
CDS -	<i>Commission on Sustainable Development</i>
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN -	Companhia Riograndense de Saneamento
CPRM -	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
cT -	Massa de ar Tropical Continental
Cu -	Coefficiente de uniformidade
DNPM -	Departamento Nacional de Produção Mineral
DRH -	Departamento de Recursos Hídricos (vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul)
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agrária
ET -	Evapotranspiração
ETP -	Evapotranspiração Potencial
E -	Evaporação
FEE -	Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul – Siegfried Emanuel Hueser.
FAO -	<i>Food and Agricultural Organization of the United Nations</i>
GEO -	<i>Global Environmental Outlook</i>
GEF -	<i>Global Environmental Facility</i>
GMA -	<i>Groundwater Management Area</i>

IAH -	<i>International Association of Hydrogeologist</i>
IBAMA -	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (vinculado ao Ministério do Meio Ambiente)
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (vinculado ao Ministério do Planejamento)
IDH -	Índice de Desenvolvimento Humano
IEDESE -	Índice de Desenvolvimento Social e Econômico
IHP -	<i>International Hydrogeological Programme</i>
INMET -	8º Distrito de Meteorologia do Rio Grande do Sul
IPAGRO -	Instituto de Observação Agronômica do Estado do Rio Grande do Sul
METROPLAN -	Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional
ONU -	Organização das Nações Unidas
OEA -	Organização dos Estados Americanos
PIB -	Produto Interno Bruto
ONU -	Organização das Nações Unidas
RMPA -	Região Metropolitana de Porto Alegre
SEMA -	Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
SOPS -	Secretaria Estadual de Obras e Saneamento do Rio Grande do Sul
SIG -	Sistema de Informações Geográficas
SIAGAS -	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
UNESCO -	<i>United Nations Education, Scientific and Cultural Organization</i>
UNESP –	Universidade Estadual Paulista
UNEP -	<i>United Nations Environmental Programme</i>
UNEP-DEWA	<i>United Nations Environmental Programme, Division of Early Warnig and Assessment</i>
UNEP-GEO	<i>United Nations Environmental Program, Global Environmental Outlook</i>
UNISINOS-	Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USP -	Universidade de São Paulo
WCED -	<i>The World Commission on Environmental and Development</i>
WHO -	<i>World Health Organization</i>

I.- INTRODUÇÃO

1.1.-Caracterização do Problema

A água, entre os elementos do planeta Terra, é o mais vital para a manutenção da vida, justificando-se, portanto, a crescente preocupação das instituições responsáveis pela sua gestão. Torna-se importante desenvolver ou enfatizar um entendimento e intercâmbio entre as ciências sociais e as naturais com o objetivo de achar ferramentas para avaliar o uso sustentável da água.

A água subterrânea por sua vez é alvo de crescente preocupação dos órgãos gestores no que se refere ao seu uso, em uma análise sistêmica se verifica que as transformações demográficas, modificam as relações do uso e ocupação do solo, que aliado ao incremento das áreas agricultáveis e das demandas industriais, tem provocado impactos na degradação dos recursos hídricos e perdas na diversidade ecológica. O crescimento continuado das demandas por recursos hídricos de melhor qualidade tem incentivado a uma maior procura por mananciais subterrâneos, que se não forem racionalmente utilizados, correm o risco de não estar disponíveis para as gerações futuras.

Os órgãos gestores, ao longo dos últimos anos, se preocuparam em desenvolver ferramentas de gestão para os mananciais de superfície, mas ainda há carência destas mesmas ferramentas para os recursos hídricos subterrâneos.

Para tal fim, é necessário primeiro o entendimento das relações da água subterrânea com o meio geológico, que forma o arcabouço do reservatório, e depois as inter-relações deste meio geológico para propiciar condições de infiltração, e avaliar as respostas quando submetidos ao regime de bombeamento contínuo. Tal conhecimento é necessário para que se possam prever cenários atuais e planejar os futuros.

As análises das informações do comportamento dos reservatórios subterrâneos são realizadas, em geral, de maneira pontual no próprio poço tubular, não caracterizando portanto, todo um sistema aquífero e suas interfaces com o meio geológico. A abordagem de problemas relativos ao gerenciamento das águas subterrâneas constitui-se em um desafio, para o desenvolvimento de ferramentas e metodologias a fim de subsidiar a definição de diretrizes e alternativas para seu uso sustentável.

No documento final Agenda 21, capítulo 40, da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, Rio-92, enfatiza a necessidade do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade por parte de cada país. Assim, indicadores específicos foram desenvolvidos como ferramentas para subsidiar a gestão da água subterrânea.

Neste trabalho, as ferramentas de gestão foram desenvolvidas para sintetizar um conjunto de informações obtidas dos registros de operação dos poços da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). A localidade objeto deste estudo, município de Ivoti, pertence à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), que abrange uma área de 52 km², com uma população estimada em 2007 de 18.379 habitantes (IBGE, 1995; 2003), (Figura 1).

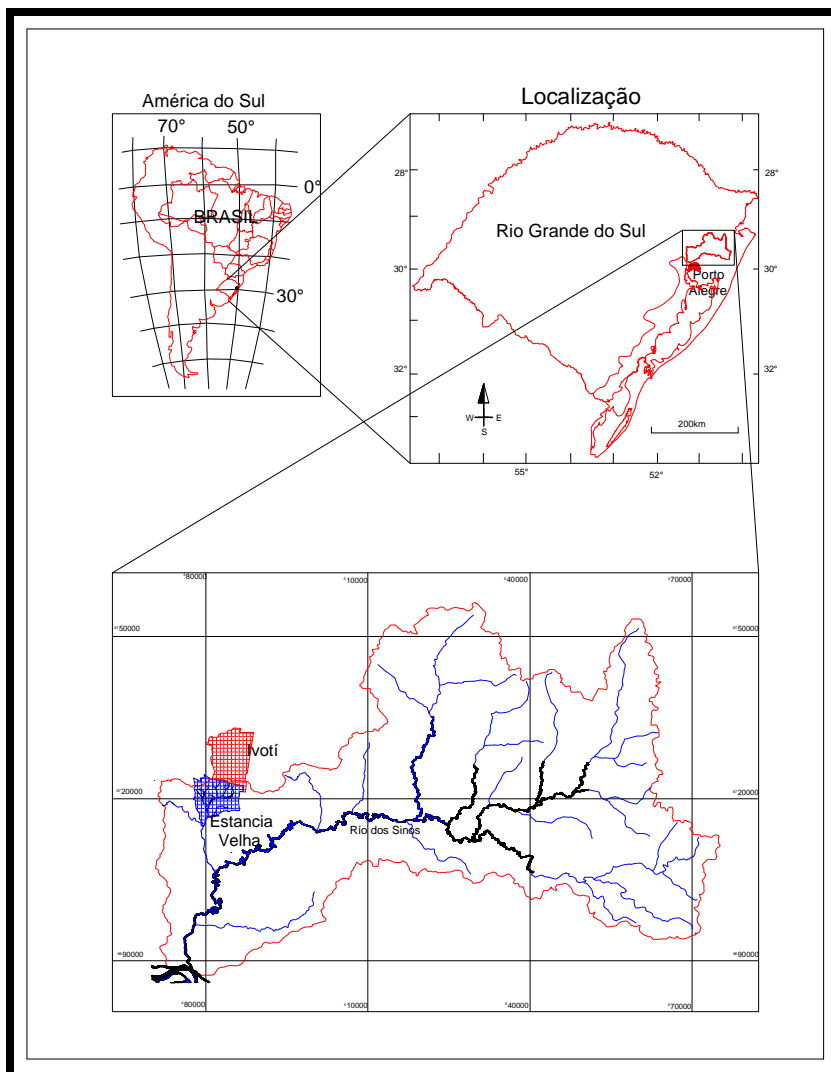


Figura 1.1.- Localização dos municípios de Ivoti e Estância Velha.

O gerenciamento de recursos hídricos vale-se de instrumentos de gestão, destacando-se o de natureza jurídico-administrativa, que se refere à outorga dos direitos de uso e ao licenciamento ambiental, onde o Poder Público é o grande decisor. Os fundamentos da política nacional de recursos hídricos são estabelecidos pela **Lei 9.433 de 8/01/1997 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, que cita: “A água é um bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos”. Dos seis instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos no Artigo 5º, o item III se refere “a outorga dos direitos de uso dos Recursos Hídricos.” Uma destas ferramentas utilizadas pelos órgãos gestores para determinar os limites das demandas superficiais denomina-se Q_{95} , obtido

com base em cálculos de curvas chaves para o conhecimento da vazão mínima de uma Bacia Hidrográfica para a preservação dos usos múltiplos.

Para os aquíferos, as avaliações que se referem a um limite de extração ainda não estão bem definidas, com a bibliografia relatando, ao longo do tempo, conceitos como *safe yield*, de Lee, (1915), superbombeamento, de Custódio (2002) e, mais recentemente, a utilização de taxas de bombeamento dependentes de um percentual do volume das reservas ativas, que é um fator dependente das precipitações Rocha (1997). As taxas de bombeamento, de um determinado reservatório subterrâneo, não devem provocar perdas das reservas permanentes, para não alterar o equilíbrio dinâmico condição ideal segundo Kalf & Woolley (2005), caso contrário, com o uso desequilibrado e a utilização das reservas permanentes, que se prolongadas no tempo e no espaço provocam uma situação de mineração, com perdas de armazenamento irreversíveis, levando ao esgotamento.

Por esse motivo, nesta tese, que tem como foco a gestão de recursos hídricos subterrâneos, foram desenvolvidas ferramentas denominadas de Indicadores Ambientais para Água Subterrânea, avaliando um aquífero de origem sedimentar pertencente ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), em situação geológica de borda de Bacia.

Um modelo conceitual do aquífero foi elaborado para reproduzir o cenário geológico, estratigráfico e tectônico e suas inter-relações com a dinâmica antrópica, para a rodagem do modelo numérico, estacionário e não estacionário para avaliar o uso seu sustentável, sendo utilizado nesta tese o “software” MODFLOW.

De modo a facilitar a apresentação esta Tese foi dividida em oito capítulos assim resumidos: **I.- Introdução** – onde está apresentado uma síntese da Tese, sua justificativa e objetivos; **II Fundamentos e Discussão Conceitual** – visão sinóptica da evolução dos conceitos de: sustentabilidade, do SAG, dos indicadores de gestão em recursos hídricos, do balanço de massa, dos modelos numéricos e matriciais; **III Caracterização da Área** – com a projeção do: crescimento demográfico, e demandas de água subterrânea dos últimos 40 anos; bem como a caracterização climática, topográfica e da hidrografia; **IV Método e Técnicas** – uma síntese das etapas, processos e produtos, e das técnicas e “software” utilizados; **V Análise dos Resultados** – em quatro sub-capítulos onde: **5.1 Indicadores Ambientais** - analisa as variações das reservas de água subterrânea e hidroquímicas, os indicadores operacionais e socioeconômicos ambientais; **5.2 - Geologia e Condicionantes do Modelo**

Conceitual do SAG – Ivoti - com abordagem da tectônica, estratigrafia, geofísica, geologia de campo, elaboração das seções e da carta geológica, e das descrições petrográficas; **5.3 Modelagem Conceitual e Numérica** – definição do arcabouço hidrogeológico em quatro camadas hidroestratigráficas, identificação das principais zonas de recarga e descarga, cálculo do balanço hídrico e modelagem numérica estacionária (período 1973 -1990), para calibração do SAG – Ivoti; **5.4 Análise de Sustentabilidade do Uso do SAG** – utilizando o modelo não estacionário (período 1990 - 2007) com elaboração de três cenários: (1) não-bombeamento, (2) com bombeamento dos 23 poços utilizados para abastecimento público e (3) com bombeamento do somatório de 86 poços, para análise do uso sustentável do SAG – Ivoti, utilizando o balanço de massa conforme proposto por Kalf & Woolley (2005) para cada cenário, comparando as taxas de bombeamento com o volume das recargas, e volume das descargas residuais, e validação dos Indicadores Ambientais. **VI - Conclusões e Recomendações; VII - Referências Bibliográficas; VIII – Anexos e IX Glossário Hidrogeológico.**

1.2. - Justificativa

A escolha da cidade de Ivoti se deve por ser esta atendida exclusivamente por água subterrânea para o abastecimento de sua população, bem como para as atividades industriais e de agricultura, além de vários poços particulares, caracterizados como fontes alternativas ou clandestinas perfazendo um total de 190 pontos de captação em dezembro de 2007. A localidade objeto deste estudo que em 2007 possuía de 18.379 habitantes (IBGE, 1995; 2003), tem como projeção para o ano de 2020 uma população de 23.929, FEE (2005).

A partir da década de 80, em função das tecnologias desenvolvidas para equipamentos de perfuração, a captação para extração de água subterrânea sofreu um grande incremento, por tornar mais acessível o custo dos equipamentos e das próprias obras em si. Isso impulsionou a perfuração de mais e mais poços, ao passo que, as instituições e tomadores de decisão não têm conseguido realizar, nesse mesmo ritmo, ações para o planejamento e monitoramento do recurso água subterrânea.

Já foi detectado que a cada nova obra de captação realizada no município, os níveis de água apresentam queda acentuada, registros estes também constatados nos poços monitorados pela CORSAN, onde só pelo aprofundamento das motobombas submersas, permitiu a continuidade dos bombeamentos dos poços que operam para abastecimento da população, o que demonstra uma clara situação de descontrole.

Na análise deste modelo de exploração das águas subterrâneas na região, fica claro a necessidade de ações de gestão, que devem ser implantadas de modo a se evitar, se já não ocorreram danos irreversíveis (mineração das reservas) para a continuidade do aproveitamento deste sistema aquífero.

Constata-se, portanto a necessidade de se estabelecer um programa de planejamento visando o uso sustentável do SAG – Ivoti, baseado em estudos específicos de avaliação deste sistema e de seu comportamento com relação as taxas de bombeamento sustentável. Verificou-se a carência de trabalhos técnicos - científicos capazes de subsidiar um programa de avaliação das condições hidrogeológicas que regem o comportamento de aquíferos e de ferramentas apropriadas para monitorar sua gestão.

Com esta constatação se justifica a necessidade de que estudos mais específicos precisam ser desenvolvidos, de modo a permitir o conhecimento dos aquíferos, com base na avaliação do balanço de massa para projetar as taxas de bombeamento ideal, e do desenvolvimento de ferramentas de gestão, visando o diagnóstico e prognóstico para determinação do uso sustentável.

1.3.- Objetivo

O objetivo principal do presente estudo foi analisar do uso do Sistema Aquífero Guarani (SAG), em Ivoti. Partindo desta premissa, foi de fundamental importância a definição de regras para a exploração deste recurso, e o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação, monitoramento e determinação dos volumes de bombeamento, para desenvolver instrumentos de gestão para a água subterrânea.

1.3.1.-Objetivos Específicos

Este estudo objetiva estabelecer diretrizes de planejamento, uso e monitoramento da água subterrânea, visando ao aproveitamento de maneira sustentável, com:

- Caracterização do arcabouço geológico do SAG e suas propriedades hidrogeológicas;
- Avaliação da inter-relação do reservatório subterrâneo com a dinâmica superficial (clima, precipitações, recargas, descargas, etc.);
- Identificação das áreas de recarga e descarga do aquífero;
- Avaliação da sustentabilidade do uso do SAG;
- Elaboração de indicadores de gestão;
- Elaboração de balanço de massa do aquífero;
- Análise da evolução temporal das reservas subterrâneas;
- Análise da taxas de bombeamento sustentável e
- Desenvolvimento de ferramentas de monitoramento e gestão para uso por instituições públicas e privadas.

II. FUNDAMENTOS E DISCUSSÃO CONCEITUAL

2.1. Sustentabilidade Ambiental, Conceitos, Controvérsias e Perspectivas

- **Evolução de Conceitos**

A sustentabilidade está ligada à percepção da necessidade de preservação dos recursos naturais para a garantia da sobrevivência humana. Essa noção, embora inicialmente centrada no próprio homem, amplia-se significativamente e transcende a dimensão humana no momento em que os sistemas naturais globais, determinados pelas relações existentes entre atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera, estabelecem interações vitais e passam a ser estudados em profundidade.

As tentativas de definição de sustentabilidade, conduzidas predominantemente no sentido do crescimento econômico ambientalmente sustentável, tiveram lugar através de uma ampla e abrangente discussão internacional, resultando em uma diversidade de conceitos, os quais foram paulatinamente aprimorados ou eliminados no decorrer do tempo. Entretanto, apesar do intenso esforço despendido, os conceitos remanescentes mostram ainda hoje contradições entre si, sendo, com frequência, vagos e inaplicáveis na prática.

A expressão “desenvolvimento sustentável” surgiu em 1980 e foi consagrada em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Comissão de Brundtland, que produziu um relatório considerado básico para a definição dessa noção e para os princípios que lhe dão fundamento IBGE (2003).

Alguns princípios que norteiam os conceitos de sustentabilidade atualmente utilizados são reproduzidos a seguir:

O Atendimento das necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de que futuras gerações possam atender às suas (WECD, 1987). O uso dos recursos hoje não deve reduzir a sua disponibilidade futura Markandya e Pearce (1988).

- Incremento da qualidade da vida humana dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas.

De imediato, pela simples comparação de conceitos, surgem questionamentos como:

- Quais serão as necessidades das gerações futuras? Se não o soubermos, como poderemos ter certeza de não comprometê-las?
- Qual a capacidade de suporte do ambiente natural? Como determinar limites de sustentabilidade para os diversos ecossistemas? Serão esses limites temporalmente invariantes? Senão, em que escala de tempo devem ser analisados?
- Há realmente como incrementar a qualidade de vida das populações, provendo condições justas e oportunidades iguais para todos? Sendo as limitações ambientais geograficamente distintas, como fornecer oportunidades iguais para todos os povos?
- A não-destruição de recursos naturais finitos significa que deveremos utilizar somente recursos naturais renováveis?

Observa-se, portanto, que as atuais definições não atendem à abrangência e complexidade teórica do tema, menos ainda às necessidades práticas da questão. Isso remete a discussão para uma revisão teórica e aprofundamento de conceitos. Do ponto de vista dos gestores ambientais e tomadores de decisão, permanece a necessidade de formulação de diretrizes e bases sólidas, com vistas à incorporação efetiva da sustentabilidade para a gestão ambiental.

Esse é o estado atual de conhecimento do tema, que se caracteriza por um estágio de redefinição de conceitos, bem como pela necessidade do estabelecimento de critérios práticos e efetivos de gestão ambiental. Não há um caminho predefinido a ser seguido; entretanto, a urgência dos tomadores de decisão por respostas práticas, bem como a experiência adquirida com as crises ambientais do cotidiano, deverá trazer elementos novos para o aprofundamento dessa crucial questão de nossos dias.

2.2.- A Sustentabilidade do Uso dos Recursos Hídricos

A água, através da dinâmica do ciclo hidrológico, é elemento regulador do equilíbrio natural e da vida na Terra. Mudanças na oferta natural da água podem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas, que servem como fonte de alimentos e constituem a base da própria atividade humana. A relação da água com a vida das populações é abordada no relatório da DPI (2002), que cita a quantidade e qualidade de água potável como indicador de qualidade de vida das populações Boscadin Borghetti et al., (2004).

Uma primeira aproximação quantitativa da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos pode ser feita através da avaliação dos estoques. A quantidade total de água dos diferentes reservatórios do planeta, estimada em 1.386 milhões de km³, manteve-se constante nos últimos 500 milhões de anos Rebouças et al., (2002). Entretanto, segundo Shiklomanov (1998), desse volume total, apenas 2,5% correspondem à água doce, sendo que a maior parte desta última fração não está disponível para o uso humano, como é o caso das calotas polares e dos pântanos (Quadro 2.1). Esse simples balanço, executado com dados estimativos, tem motivado a preocupação internacional quanto à sustentabilidade do uso da água e da própria vida humana.

Nessa mesma abordagem quantitativa, a *Food and Agricultural Organization of the United Nations*, FAO (2002), definiu o termo “**disponibilidade hídrica social**”, representando a quantidade anual per capita de água renovável disponível. Esse índice, expresso em m³/hab./ano, representa a taxa dos volumes anuais de recursos hídricos renováveis de uma determinada região pela população do ano base de 2000. O valor limite de 1000 m³/hab./ano para a disponibilidade hídrica social é utilizado pela FAO (2003), como indicador de escassez de água. Quando esse montante cai para 500 m³/hab./ano, o quadro é de escassez absoluta.

DISPONIBILIDADE DA ÁGUA NO PLANETA TERRA, segundo o World Water Balance and Water Resources of the Earth (UNESCO, 1978)			
	m ³	Total (%)	Total de água doce (%)
Oceano	1.338.000.000 x 10 ⁹	96,5	
Água subterrânea			
Água doce	10.590.000 x 10 ⁹	0,76	30,1
Água salgada	12.870.000 x 10 ⁹	0,96	
Calotas polares	24.023.500 x 10 ⁹	1,70	68,6
Lagos			
Água doce	91.000 x 10 ⁹	0,007	0,26
Água salgada	84.500 x 10 ⁹	0,006	
Pântanos	11.470 x 10 ⁹	0,0008	0,03
Rios	2.120 x 10 ⁹	0,0002	0,006

Quadro 2.1. - Volumes de água doce nos principais reservatórios da Terra. Giampá e Gonçalves (2006).

Para atendimento das necessidades de projetos de abastecimento humano, as empresas de saneamento no Brasil adotam a NBR 5626, onde é definida a quantidade de 0, 5 m³ /residência /dia. ABNT (1982).

Em relatório efetuado para a Bacia do Rio dos Sinos pela Magna Engenharia, a quantidade definida foi de 0,2 m³/ habitante /dia (Rio Grande do Sul, 1995).

Observando-se os valores da figura 2.1, principalmente a distribuição dos recursos hídricos, pode-se supor que parte da população mundial se encontra atualmente abaixo do índice de escassez proposto pela FAO (2003), principalmente em regiões com distribuição irregular de chuvas.

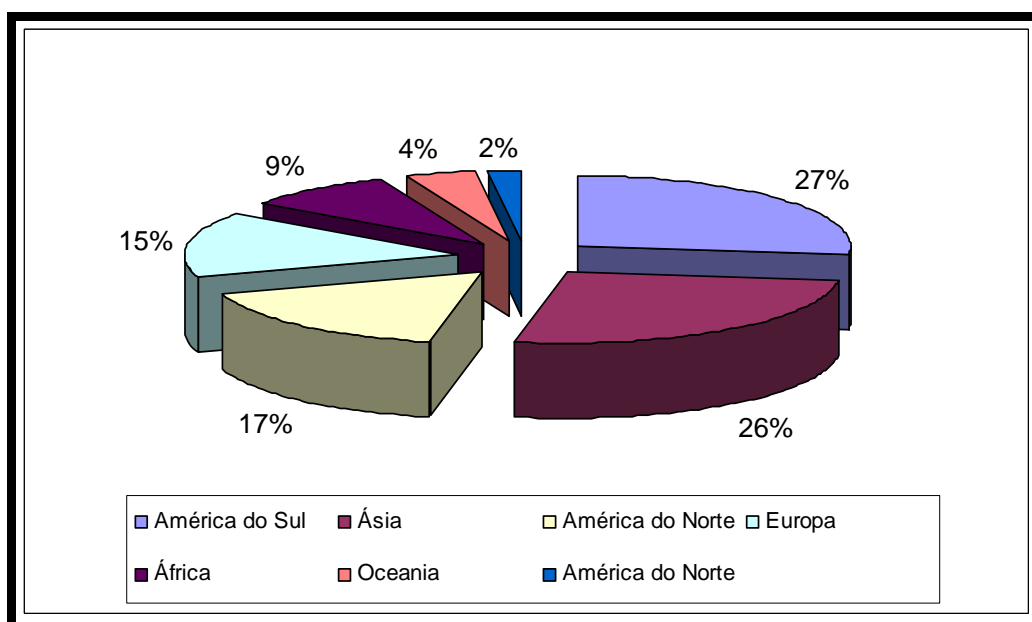


Figura 2.1.- Distribuição relativa dos recursos hídricos no Planeta. Fonte: FAO (2002).

Essa hipótese é reforçada pela distribuição mundial dos recursos hídricos renováveis, em que se observa que o continente africano, mais populoso que a Europa ou a América do Norte (Quadro 2.2), detém apenas 9% dos recursos hídricos mundiais.

CONTINENTES	POPULAÇÃO
Ásia	3.677.207.000
África	793.374.000
Europa	737.737.000
América do Norte	413.845.932
América do Sul	345.737.000
América Central	73.786.000
Oceania	31.058.537

Quadro 2.2.- População dos continentes relativa a 2000. Fonte: FAO (2002).

No Brasil, situações de escassez históricas são comuns no nordeste brasileiro, tradicionalmente no polígono das secas. Porém, atualmente, em áreas urbanas situadas nas regiões Sul e Sudeste, onde há apenas 11% dos recursos hídricos renováveis do país, tal situação também ocorre, agravada por fatores como o êxodo rural, o mau uso da água e o próprio crescimento populacional, que se concentra nas cidades mais populosas e industrializadas (Figura 2.2).

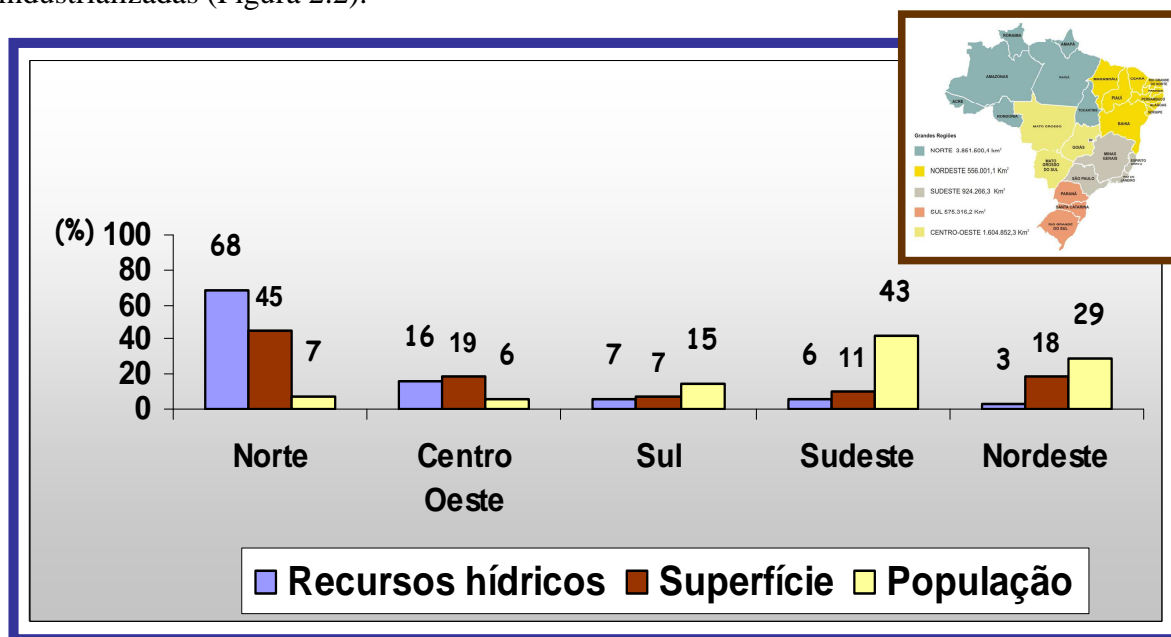


Figura 2.2.- Distribuição dos recursos hídricos no Brasil. Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos. MMA (2003)

O mau uso dos recursos hídricos, freqüentemente associado às situações de escassez, leva à inadequação da qualidade da água para o abastecimento humano. Estima-se, segundo Oliveira Filho (2000), que atualmente exista mais de um bilhão de pessoas com doenças provocadas por águas impróprias ao consumo.

Com esse enfoque, os dados publicados pela revista (*Terra da Gente*, 2006) revelam o perfil brasileiro, a saber:

- 40 % dos domicílios brasileiros não têm acesso à rede de abastecimento de água tratada;
- Mais de 65% dos domicílios brasileiros não possuem rede coletora de esgoto;
- Os rios são utilizados para o descarte de efluentes domésticos e industriais, freqüentemente confundindo-se com o esgoto a céu aberto;

- Não há controle sobre a carga de erosão e agroquímicos que atinge a rede hídrica superficial;
- Nas áreas urbanas, as nascentes são comumente soterradas, enquanto as várzeas e margens dos rios são desmatadas e progressivamente ocupadas por favelas.

Assim, a urbanização descontrolada, com o conseqüente aumento da demanda e o mau uso dos recursos hídricos, atua no sentido da não-sustentabilidade ambiental. A Lei nº 9.433, de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, foi criada para enfrentar esses problemas BRASIL, (2004).

Quanto maior o desenvolvimento econômico e a industrialização, maior o consumo de água. Esse é um fenômeno que pode ser observado no (Quadro 2.3), onde se verifica que a agricultura representa o maior consumo absoluto.

SETOR	Ano – 1900	1950	1970	1980	2000*
AGRICULTURA	409	859	1.400	1.730	2.500
INDÚSTRIA	4	15	38	62	117
DOMÉSTICO	4	14	29	41	65

Quadro 2.3.- Consumo mundial anual de água (km³) Fonte: *Water in Crisis*, 1993. (TERRA DA GENTE, 2006); * Dados estimados.

Observando-se a evolução histórica e a tendência da utilização da água no mundo na (Figura 2.3), se verifica que o uso total mundial aumentou seis vezes no último século, e que não pode ser correlacionado simplesmente ao incremento populacional, porque o consumo per capita cresceu um pouco, só 50 por cento. Extremamente maior, foi o crescimento das áreas irrigadas e sua necessidade do uso da água, bem como seu uso nos processos industriais e de plantas de geração de energia que a utilizam no processo de resfriamento. Morris et al., (2003).

Esse comportamento sugere que, como se poderia esperar, a demanda por recursos hídricos continuará acompanhando o crescimento demográfico, principalmente devido à agricultura irrigada para a geração de alimentos. Por outro lado, é importante observar que o crescimento econômico gera demandas concentradas nos grandes centros urbanos, aumentando a pressão sobre as reservas hídricas subterrâneas, as quais adquirem, dessa forma, caráter estratégico.

Na América do Sul, seguindo a tendência mundial, a agricultura representa o maior consumo de água (Figura 2.4). Entretanto, observa-se que o uso urbano e industrial sul-americanos representa 32% do consumo total, enquanto a média mundial é de apenas 7%, conforme demonstrado no Quadro 2.3.

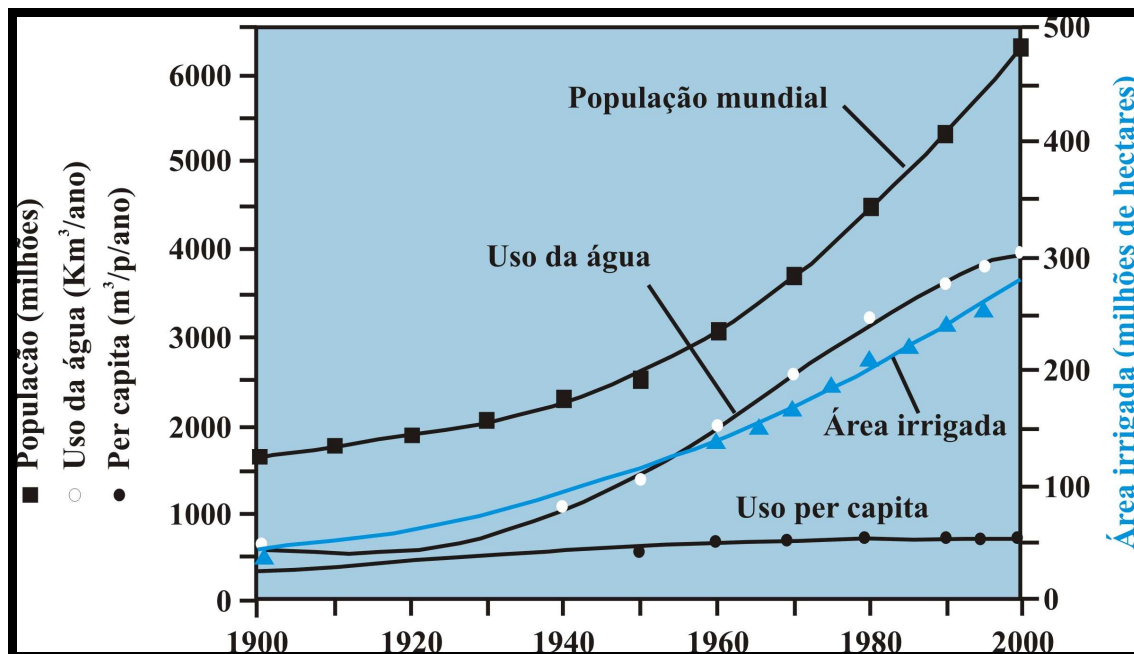


Figura 2.3.- Evolução histórica e tendências da utilização da água no mundo. Modificado de Morris et al., (2003).

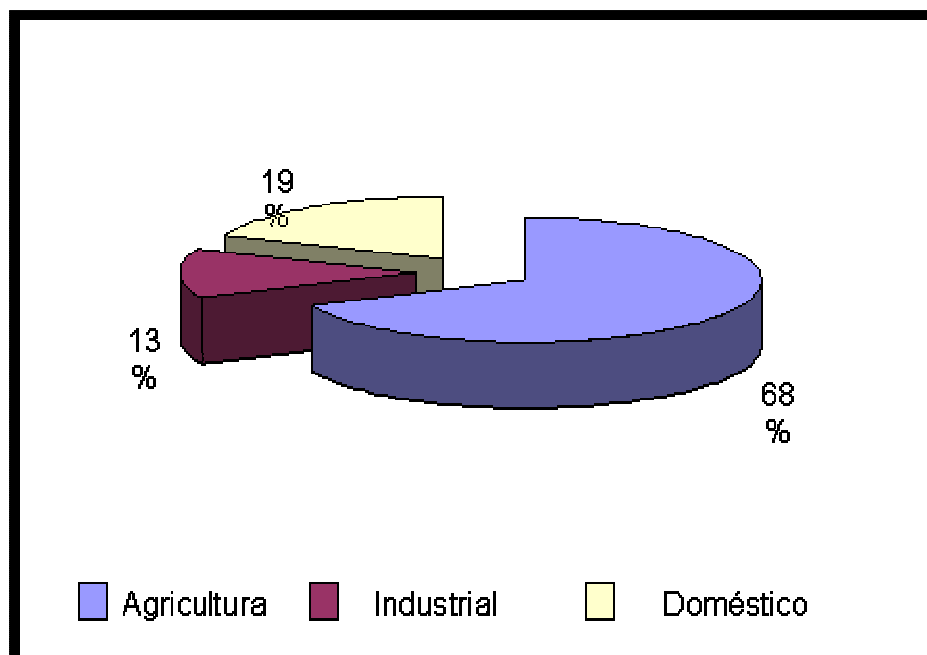


Figura 2.4.- Distribuição relativa dos usos da água na América do Sul. Adaptado de Boscadin Borghetti et al, (2004).

Além dos aspectos quantitativos e qualitativos do uso da água, deve-se ainda considerar que ela tem funções ambientais vitais para a manutenção dos ecossistemas, o que deve ser levado em conta em uma análise abrangente de sustentabilidade. Nesse sentido, se não forem corretamente conhecidas e determinadas às funções ambientais da água em cada ecossistema, com todas as suas particularidades e especificidades, torna-se impossível determinar os limites do equilíbrio natural a serem considerados para o dimensionamento da ação humana sobre o ambiente.

O conceito de desenvolvimento, por muito tempo identificado como progresso econômico, adquire uma nova ótica quando integramos a dimensão social, ambiental e institucional, passando, assim, para um novo paradigma o desenvolvimento sustentável. Desse modo, a avaliação da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos, representados principalmente pelo abastecimento urbano-industrial e pelo uso rural, assume um caráter complexo, contemplando a interação dos vários reservatórios do ciclo hidrológico, a dinâmica antrópica e as características dos sistemas ambientais das várias regiões fisiográficas. Essas considerações, como apresentado no diagrama da (Figura 2.5), sugerem que a análise do uso sustentável dos recursos hídricos deve ser realizada com enfoque sistêmico.

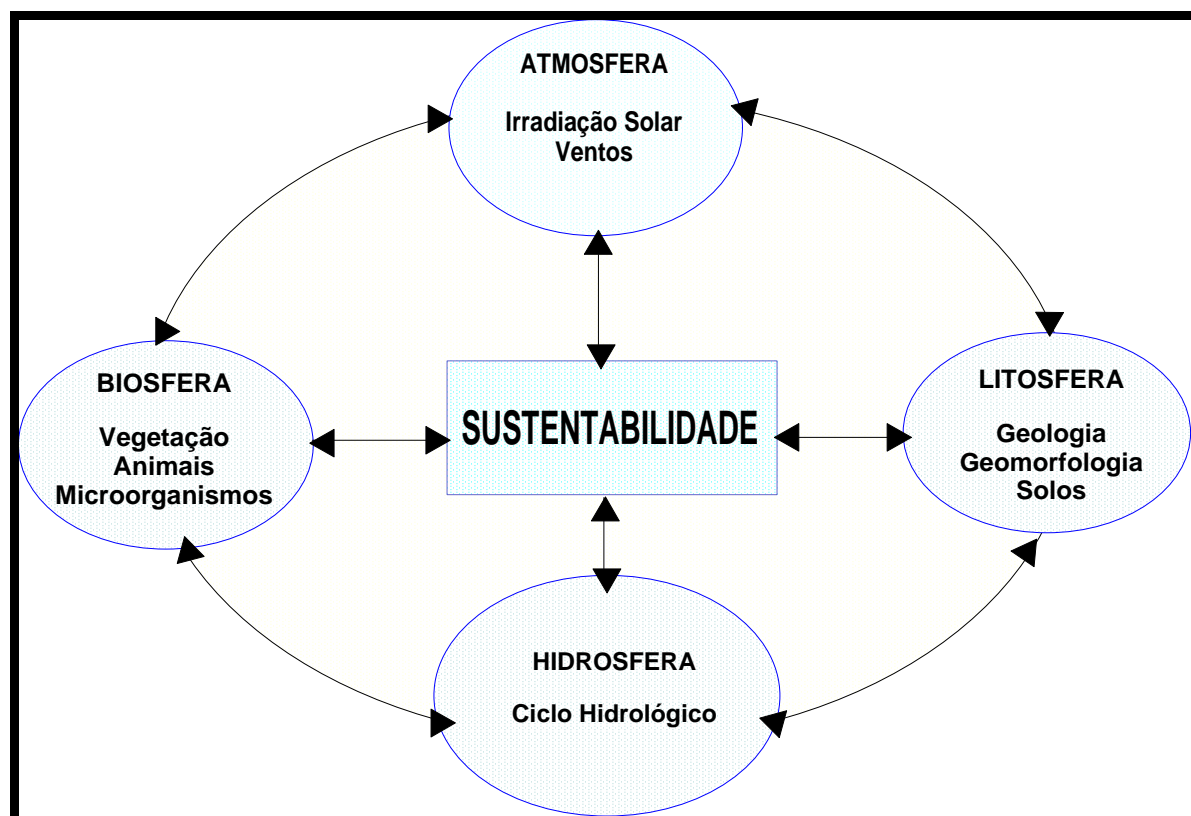


Figura 2.5.- Interação de fatores intervenientes na sustentabilidade de uso dos recursos naturais.

2.3. A Água Subterrânea, Visão Sinótica e Sustentabilidade

- **O panorama mundial das reservas hídricas subterrâneas**

As reservas mundiais de água doce, como já vimos, representam apenas 3,4% do volume total dos recursos hídricos (Figura 2.6), sendo que 70% dessa água doce é inacessível ao homem ou tem função ambiental que impede o uso humano em larga escala (Figura 2.7), como as calotas polares, a umidade do solo e os pântanos. O volume restante de água doce, avaliado em aproximadamente 10.450.000 km³, é constituído por aproximadamente 1,28 % de águas superficiais e 98,72% de águas subterrâneas.

Esses números denotam a importância das reservas subterrâneas no contexto dos recursos hídricos mundiais. Entretanto, os números absolutos não significam a disponibilidade ambiental de água doce. De acordo com os conceitos de sustentabilidade anteriormente expressos, o uso dessas reservas para o abastecimento humano deve restringir-se à capacidade de suporte ambiental, para a manutenção da diversidade ecológica. Com essa premissa, pode-se supor que não devam ser ultrapassadas as taxas anuais de recarga das reservas subterrâneas, assim como devem ser também garantidas as funções ambientais vitais que dependem delas, como a manutenção do fluxo básico dos rios em períodos de estiagem, o equilíbrio do ecossistema aquático, etc.

Alguns dados sobre a transferência de água dos reservatórios subterrâneos para as águas de superfície são fornecidos por Rebouças et al., (2002). Segundo esses autores, as reservas brasileiras de água subterrânea são estimadas em 112.000 km³, enquanto a contribuição anual destas à descarga dos rios é da ordem de 6.220 km³/ano. Esses valores indicam uma transferência anual de mais de 5% das reservas subterrâneas para a rede hídrica superficial.

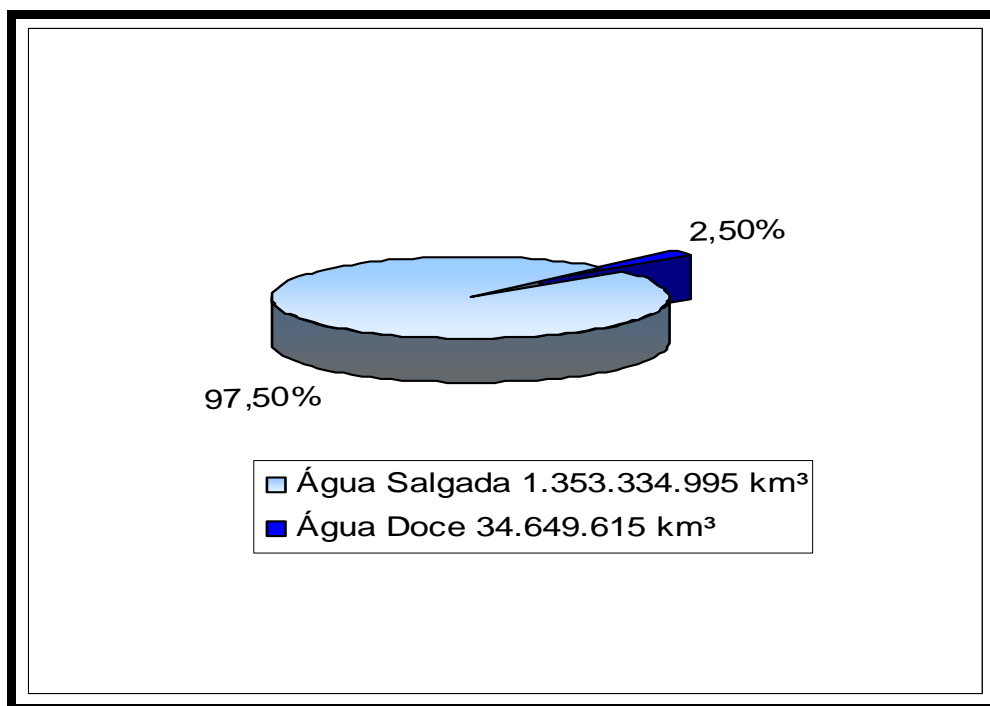


Figura 2.6.- Distribuição das águas no planeta. Adaptado de Shiklomanov (1998).

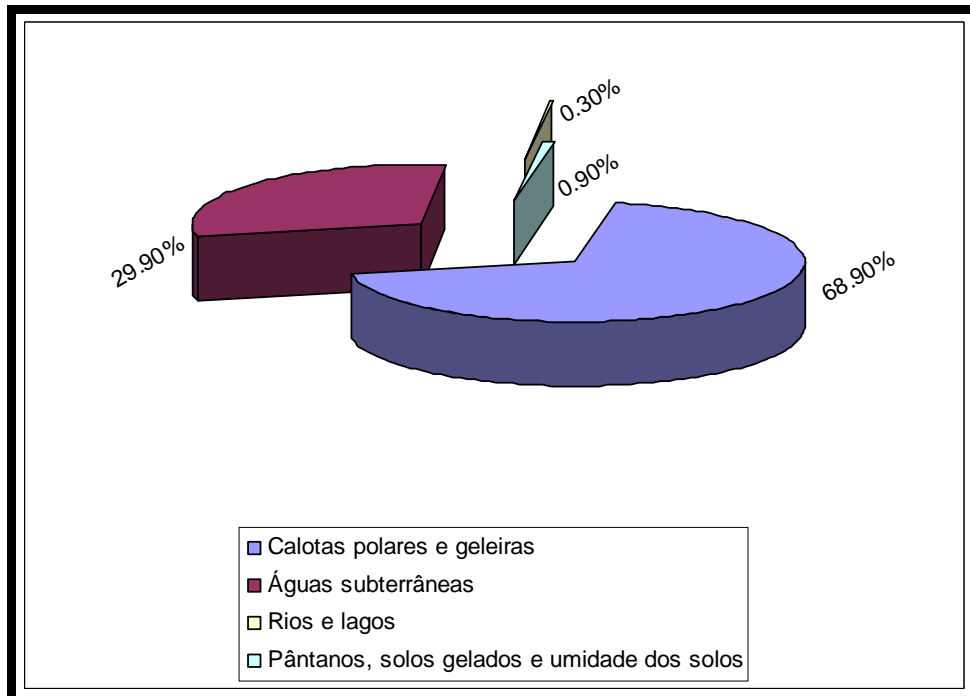


Figura 2.7.- Distribuição da água doce no planeta, por reservatório. Adaptado de Shiklomanov (1998).

A recarga anual dos aquíferos é extremamente variável, dependendo de inúmeros fatores relativos à geologia local, características climáticas, fisiografia, tipo de cobertura vegetal e uso antrópico. No entanto, uma primeira aproximação pode ser feita através do ciclo hidrológico global. Os dados apresentados no (Quadro 2.4), referentes ao ciclo do planeta, mostram que os continentes e demais áreas emersas recebem 44.800 km³/ano de água transferida a partir dos oceanos. Esse volume representa o excedente hídrico, com um escoamento de 42.600 km³/ano dos rios e de 2.200 km³/ano de água subterrânea para os oceanos, constituindo a renovação anual da água continental.

	Oceanos (km ³ /ano)	Terras emersas (km ³ /ano)	Total (km ³ /ano)
Evaporação	502.800	74.200	577.000
Precipitação	458.000	119.000	577.000
Transferência ou renovação anual		44.800	-

Quadro 2.4. – Balanço hídrico mundial simplificado. Fonte: Shiklomanov (1998).

Rebouças et al., (2002); e Sophocleous (2000) citam que as taxas de recarga direta dependem de uma série de fatores, sendo em geral maiores em regiões planas, arborizadas e menos urbanizadas. Em contrapartida, nas regiões de relevo acidentado, sem cobertura vegetal e sujeitas aos usos inadequados do solo, as recargas são lentas e limitadas. Do total da água precipitada, uma parte nem alcança a superfície terrestre, pois, em sua queda, volta a evaporar. Para determinação da água disponível para infiltração e escoamento superficial, o modelo “Thornthwaite and Mather” Dingman (1998), possibilita o conhecimento dos índices reais de evapotranspiração Schirmbeck (2005).

Discussão

De qualquer forma, considerando a definição de sustentabilidade, Sophocleous (2000) preocupa-se com a manutenção dos estoques naturais para as gerações futuras. A extração dos aquíferos deve ser calculada como uma fração da sua taxa anual de renovação ou recarga para a manutenção das funções ambientais dependentes da água subterrânea.

Alguns critérios hidrogeológicos têm sido aplicados para definir os limites de utilização da água subterrânea, indicando que apenas uma parcela dessas reservas é passível de extração, denominados de reserva potencial ou explorável. Considera-se que um reservatório subterrâneo possui uma reserva permanente de água e uma reserva ativa ou reguladora, que se refere à recarga natural, continuamente abastecida através da infiltração das águas de chuva (direta) em áreas de afloramento, de forma retardada (indireta) em áreas confinadas ou por drenagens Boscadin Borghetti et al., (2004).

Para efeito de planejamento, existem índices de referência para o potencial explorável de um aquífero que correspondem a uma parcela da reserva ativa. Para Rocha (1997), são da ordem de 25%; já para Rebouças (1992), citado em (ANA, 2001), correspondem a índices mais flexíveis, ficando entre 25 e 50%; para Kalf & Woolley (2005), essa taxa é de 30% da média da recarga de observações de longo tempo.

Na primeira avaliação, as reservas permanentes do SAG, na porção brasileira, foram estimadas em 48.021 km³ Rebouças (1976), e a reserva ativa ou reguladora, em 160km³, considerando uma recarga direta, índice calculado correspondente a 15% da pluviometria média 1.500 mm em um território de 87.000km², e recarga indireta de uma área de 800.000 km², considerando uma espessura média de 400 m e porosidade de 20%. OEA, (2001) estimou as reservas ativas, utilizando a recarga direta apenas nas áreas aflorantes do SAG e com valor de 4% da precipitação média anual.

Quanto à reserva permanente do SAG, os valores variam de 37 a 50 mil km³. Boscadin Borghetti et al., (2004), utilizando uma espessura média de 228m, área de 1.194 x 10⁶ km² e porosidade de 17%, encontrou o correspondente a 46.279,44 km³. Esses valores praticamente não diferem da primeira avaliação feita por Rebouças (1976). Outros autores, como (Sineli 1987; Fipai, 1996; e OEA, 2001), efetuaram cálculos que estão resumidos no Quadro 2.5.

	Rebouças (1976)		Rocha (1997)	Chang (2001)
Reserva ativa	Infiltração direta	22km³/ano	160 km³ / ano	5,2 km³/ano
	Infiltração indireta	138km³/ano		
Reserva Permanente		48.021 km³	37.000 km³	
Reserva Explotável		160 km³	40 km³/ano	

Quadro 2.5.- Estimativas volumétricas das reservas permanentes e reguladoras (ativas). Modificado de OEA (2001).

A aplicação do critério hidrogeológico suscita algumas questões relativas à capacidade de suporte ambiental. Seriam esses valores aplicáveis a qualquer ecossistema? Não deveríamos partir das características e necessidades ambientais, para então definir os limites de extração da água subterrânea para o uso humano?

Tanto em virtude da dificuldade de determinar os limites ambientais da exploração sustentável, quanto por pressão econômica ou, muitas vezes, por fatores culturais, os recursos subterrâneos são comumente utilizados acima da capacidade de suporte ambiental. Essa situação, denominada como superexploração de aquíferos, interfere no equilíbrio hidrológico, refletindo-se, muitas vezes, sobre as águas de superfície, conforme citado por autores como (Rocha, 1997; Sophocleous, 2000; Montaigne, 2002; Custodio, 2002; e Morris et al.,2003).

Os efeitos da superexploração podem refletir-se nos cursos de água através de redução parcial ou total do escoamento superficial. Exemplos típicos desse fenômeno foram publicados na *National Geographic*, ilustrando que o Rio Colorado, nos Estados Unidos (Figura 2.8), e o Rio Amarelo, na China (Figura 2.9), devido à intensa utilização agrícola das águas subterrâneas, tiveram como conseqüência a redução drástica dos níveis das águas superficiais, Montaigne (2002).

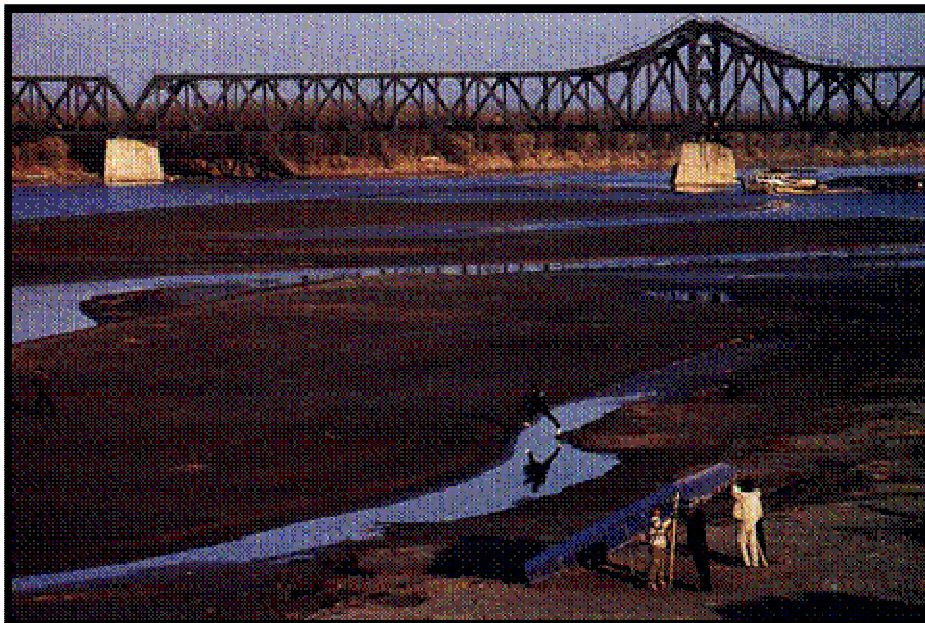


Figura 2.8.- Efeitos do superbombeamento de aquíferos. Rio Colorado, EUA. Retirado da revista *National Geographic* do Brasil. Montaigne (2002).



Figura 2.9.- Efeitos do superbombeamento de aquíferos. Rio Amarelo, China. Retirado da revista *National Geographic* do Brasil. Montaigne (2002).

Outro exemplo de uso inadequado da água subterrânea, conforme relatado por Morris et al., (2003), encontra-se na cidade do México, metrópole com mais de 22.000.000 de habitantes, onde os níveis da água subterrânea caem à taxa de 1m/ano. Também na Espanha,

de acordo com os autores, mais da metade das unidades hidrogeológicas encontram-se atualmente superexploradas. No Brasil também ocorrem relatos de aquíferos em condições de superbombeamento, sendo a mais citada a cidade de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo, e da cidade de Natal no Estado do Rio Grande do Norte.

2.3.1.- A Água Subterrânea e o Equilíbrio Ambiental

A água subterrânea, como elemento constituinte do ciclo hidrológico, deve desempenhar funções intrínsecas aos sistemas ambientais. Esse fato é reconhecido por (Sophocleous 2000; Rebouças et al., 2002; e Morris et al., 2003), que se referem à água subterrânea como elemento regulador do equilíbrio e manutenção dos cursos de água essenciais ao desenvolvimento da vida na Terra. Assim sendo, presume-se que essas funções ambientais devem ser obrigatoriamente consideradas na avaliação da sustentabilidade do uso da água. Nesse sentido, dentro do universo de funções ambientais da água subterrânea, muitas das quais provavelmente ainda não totalmente conhecidas ou avaliadas, encontram-se principalmente a do abastecimento humano, devido à sua qualidade, a de depuração provocada pela infiltração e circulação e a da manutenção e regularização dos mananciais superficiais, como função reguladora de vazão mínima.

Abastecimento humano, depuração e filtragem: As águas subterrâneas, em seu movimento lento e contínuo através das formações geológicas, cuja velocidade, segundo Morris et al., (2003), não excede alguns metros/dia, sofrem uma depuração através de processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos, de acordo com Silva (2003), modificam as características da água, exercendo um efeito depurativo e tornando-a, com frequência, adequada ao consumo humano, sem a necessidade de tratamento. Alguns desses processos são:

- Trocas iônicas
- Decaimento radioativo
- Remoção de sólidos em suspensão
- Eliminação de microorganismos devido à ausência de nutrientes e oxigênio

Manutenção da rede hídrica superficial e ecossistema aquático: As águas subterrâneas, que afloram em superfície gerando as nascentes dos cursos de água, são responsáveis pela manutenção do fluxo superficial, principalmente nos períodos de estiagem Wrege, (1997).

2.3.2.- Critérios de Estudo e Avaliação da Sustentabilidade do Uso da Água Subterrânea

O primeiro conceito data de 1915, conforme Lee, que dizia: “o limite da quantidade de água que pode ser extraída regular e permanentemente sem causar danos na depleção ou nas reservas armazenadas”. No conceito de Meinzer, em 1920, era necessário “privilegiar seu uso para consumo humano”; em 1923, encontra-se: “taxas em que a água subterrânea pode ser bombeada de um aquífero para uso humano sem deplecionar o suprimento até o ponto em que a taxa de extração não for mais econômica” Kalf & Woolley, (2005).

A vazão segura (*safe yield*) ou do uso sustentável tem sido longamente discutida e definida como a quantidade de água a ser bombeada de um aquífero sem causar efeitos indesejados. Contudo, o problema consiste em avaliar os efeitos negativos. Mais recentemente, o conceito de sustentabilidade passou ao uso corrente, definido por Morris et al., (2003) como o nível de utilização da água subterrânea que atende às necessidades de hoje sem comprometer as necessidades das futuras gerações.

O *safe yield* era comumente definido como a manutenção do balanço da média da água subterrânea extraída com a quantidade média recarregada (Sophocleous 1997; Sophocleous 2000). Por isso, o conceito de *safe yield* permite aos usuários da água subterrânea bombear até o limite que pode ser recarregado naturalmente por recarga direta ou indireta. Mas o *safe yield* ignora o fato que, nas condições naturais de equilíbrio, a recarga natural é balanceada pelas descargas do aquífero através da evapotranspiração de surgências para cursos de água, banhados e pântanos, Sophocleous (2000).

Nessa mesma linha de pensamento, outros autores, como (Todd 1967; Freeze 1979 e Heath et al., 2003), descrevem a necessidade de uma tomada de decisão para avaliar as situações econômicas ou sociais associadas que se apresentam para uso. Em alguns casos, isso

envolveria considerações sobre custos futuros e presentes e os benefícios associados, sendo por vezes autorizada até mesmo a mineração da água subterrânea.

Para Fetter (1988), *safe yield* deve ser dado pelas características hidráulicas do aquífero ou sistema aquífero, sendo as taxas de retiradas dependentes dessas características, aliadas à localização dos poços relativos às áreas de recarga e descarga, com relação a rebaixamentos possíveis, entre outros fatores. A caracterização física e as complexidades de cada sistema de água subterrânea tornam complexas as respostas aos rebaixamentos, sendo seu cálculo, muitas vezes, difícil de ser precisamente avaliado.

As definições de *safe yield* sempre deram mais ênfase à preservação do reservatório em termos de quantidade – isto é, não exaurir totalmente suas reservas – ou à questão da inviabilidade econômica, quando o custo do bombeamento não é compensatório. A vazão segura, ou *safe yield*, define a quantidade de água que pode ser retirada de um aquífero, assumindo-se que a água subterrânea é um recurso renovável, Custódio (2002).

Custódio (2002), revendo vários termos utilizados desde 1970 para definir o mau uso, diz que “superbombeamento”, “superuso”, “superexploração”, “supercrecimento” e “uso insustentável” estão sendo usados, muitas vezes, sem uma definição precisa. Custódio definiu o termo “superexploração” como a situação em que, após vários anos de extração de água subterrânea, a média das retiradas de água é maior ou próxima das médias de recargas de um aquífero, isto é, quando persiste algum resultado negativo. Na prática, esse conceito é semelhante ao *safe yield*, com um contínuo decréscimo dos níveis de água, progressiva deterioração da qualidade da água e aumento do custo de extração e/ou dano ecológico.

Como pode ser observado, essas definições envolvem uma enorme diversidade de fatores, os quais tornam a análise do problema bastante complexa. O fato é que toda retirada de água subterrânea do aquífero ou de um sistema aquífero produz um efeito, o rebaixamento. O contínuo rebaixamento dos níveis de água subterrânea é um indicador por si só de que a retirada da água é superior à recarga. Isso pode produzir alguns efeitos negativos e variações que implicam perda de quantidade do armazenamento e no padrão de qualidade da água, modificando o ciclo hidrológico e afetando toda uma cadeia produtiva que tem seu início nos ecossistemas, com conseqüências econômicas sociais e ambientais.

Assim, *safe yield*, “superbombeamento” e “superexploração” não são sinônimos de sustentabilidade porque não contabilizam os danos ao meio ambiente, nem o fator água

subterrânea e seu papel no ciclo hidrológico, como a contribuição aos corpos de água de superfície, alimentando os banhados, fontes e rios, e sua importância em regiões próximas às costas salinas, quando atuam para evitar a intrusão de cunhas salinas, modificando ou inviabilizando importantes ciclos da vida terrestre.

2.4.- Evolução dos Conhecimentos do Sistema Aquífero Guarani

A escala dos mapas hidrogeológicos representa um fator importante para avaliação da sustentabilidade de aquíferos, através do conhecimento do comportamento dos diferentes intervalos hidroestratigráficos. O SAG, por sua área de abrangência ser continental (1.200.000 km²), apresenta mapas hidrogeológicos com suas principais características em escala muito pequena, como nos trabalhos de Araújo et al.,(1995), sob a denominação de Aquífero Gigante do Mercosul, onde a escala é 1: 5.000.000, e de Campos (2000), como Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani, em escala 1: 2.500.000, dando uma idéia de aquífero homogêneo para o amplo intervalo estratigráfico permo-jurássico.

Em trabalhos onde são utilizadas escalas de maior detalhe em uma análise para o Estado do Rio Grande do Sul, como o de Hausman (1995), com o Mapa das Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul (1: 1.000.000), estão às primeiras informações sobre heterogeneidades estratigráficas e estruturais (Figura 2.10).

Em trabalho mais recente, Machado, (2005), em sua tese de doutorado, denominada de *Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul*, e no Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (1:750.000), apresentado pela CPRM (2005) identifica grandes compartimentos estruturais, caracterizados por heterogeneidades estratigráficas, circulação e quimismo da água subterrânea.

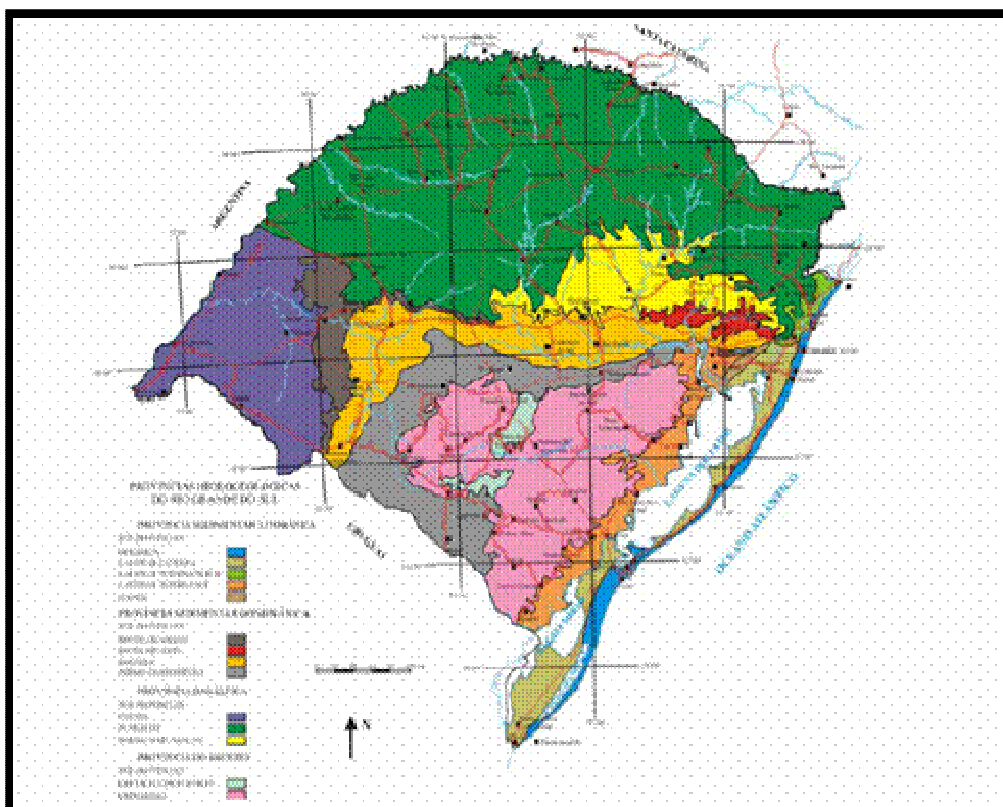


Figura 2.10.- Mapa das Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul . (Hausman, 1995). Modificado por Machado (2005).

A proposta deste trabalho é documentar um estudo em escala maior detalhe (1:50.000), caracterizando uma área de borda de bacia, construída a partir de levantamentos de campo, elaboração de seções estratigráficas e hidrogeológicas esquemáticas, para avaliar os efeitos de recarga, armazenamento e extração e os fluxos da água nesse reservatório.

2.4.1.- Características do Sistema Aquífero Guarani – SAG. Demandas e Expectativa de Uso no Rio Grande do Sul

O uso crescente da água subterrânea para abastecimento público segue uma tendência mundial. Estima-se, segundo UNESCO (1992), citado por Rebouças et al., (2002), que 100 milhões de poços foram perfurados no mundo nas três últimas décadas. A taxa atual de perfuração dos Estados Unidos, por exemplo, é de 400 mil poços/ano; destes, mais de 70% são utilizados para o abastecimento doméstico e industrial.

Esse fenômeno é identificado no Brasil, onde há 300.000 poços em operação, principalmente nos centros urbanos, com taxa de perfuração de 10.000 poços/ano MMA (2003). Os dados censitários brasileiros do ano 2000, IBGE (2003) mostram que 43% da população brasileira são abastecidos domesticamente por água subterrânea proveniente de poços profundos, não se considerando nessa cifra os poços rasos (6%) ou nascentes (12%).

Nesse contexto, caracterizado por demandas crescentes de água subterrânea, insere-se o Sistema Aquífero Guarani – SAG, localizado na América do Sul entre os paralelos 16° e 35° de latitude Sul e meridianos 47° a 65° de longitude Oeste (Figura 2.11). Integrando a Bacia Sedimentar do Paraná, com uma área de aproximadamente 1,2 milhões de km², esse sistema aquífero abrange parte do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina OEA (2001).



Figura 2.11.- Representação esquemática da localização do Sistema Aquífero Guarani, na América do Sul. Adaptado de Boscadin Borghetti et al., (2004).

As características hidrogeológicas desse sistema aquífero refletem a sua origem geológica. O sistema teve início na era Mesozóica, quando o ambiente desértico do continente Gonduânico propiciou a formação de extensos campos de dunas e depósitos arenosos associados. A granulometria e a distribuição dos poros dos sedimentos que integram atualmente a Bacia do Paraná são responsáveis por sua performance como aquífero.

Os sedimentos eólicos foram recobertos por um dos mais volumosos episódios de vulcanismo intracontinental de que se tem registro, atualmente denominado Formação Serra Geral (Jurássico Superior e Cretáceo Inferior), e constitui-se em uma capa protetora do SAG OEA (2001). Essa formação, conforme Boscadin Borghetti et al., (2004), recobre 90% da extensão do SAG, atingindo localmente espessuras de mais de 1500m e comportando-se como um aquífero fraturado. Dessa forma, a área de exposição atual do SAG é de apenas 10% de sua extensão total.

Segundo o mesmo autor, sob o ponto de vista hidráulico, os sedimentos de origem eólica configuram bons aquíferos, enquanto os de origem flúvio-lacustre/eólica, por possuírem altos níveis de argilosidade, têm sua eficiência comprometida. Os aspectos litoestratigráficos estão resumidos no Quadro 2.6.

ITENS	Pirambóia	Botucatu
Sedimentos	Arenitos	Arenitos
Origem	Flúvio-lacustre/eólico	Eólica desértica
Cor dos sedimentos	Avermelhados a esbranquiçados	Avermelhados
Granulometria	Média a muito fina 0,12 mm	Fina a média 0,18 mm
Textura dos grãos	Heterogeneidade Argila nos poros	Homogeneidade Grãos arredondados
Teor de argila	> 20 %	< 10 %
Porosidade	Baixa (média de 16%)	Alta (média de 17 %)
Condutividade hidráulica	Inferior a 0,01 até 4,6 m/dia	De 0,2 até 4,6 m/dia
Idade	Permiano superior 300 M.a.	Cretáceo 130 M.a.

Quadro 2.6.- Aspectos litoestratigráficos das formações Pirambóia e Botucatu. Fonte: (Rebouças 1976; Araújo et al., 1995; Milani et al., 1994) citados em (OEA, 2001; Faccini 2000; e Giardin & Faccini 2002).

2.4.2.- Elementos Estruturais

A evolução estratigráfico-estrutural da Bacia do Paraná foi controlada por “trends” herdados do embasamento. Tal conjunto de crátons e faixas móveis contém um surpreendente número de zonas de fraqueza, as quais cruzam o embasamento, partindo-o em centenas de megablocos e sub-blocos (Gabaglia e Milani, 1990). Estes autores relatam que as zonas de fraqueza pré existentes seriam as principais dissipadoras dos esforços interplacas, permitindo, ao longo delas, movimentações de blocos tanto verticais quanto horizontais. Tais movimentos não teriam sido de grande escala, mas suficientes para influenciar as mudanças e distribuição de fácies sedimentares, bem como para originar deformações localizadas.

O histograma de lineamentos obtidos através de estudos aeromagnetométricos indica nitidamente uma distribuição bimodal das zonas de fraqueza. (Figura 2.12). Os lineamentos NE são claramente derivados de dois cinturões móveis Brasileiros. Os lineamentos NW são de origem mais nebulosa, contudo, várias evidências indicam que sejam pelo menos tão antigos quanto os lineamentos NE. Um marcante padrão de feições lineares entrecruzando-se pode ser observado.

Essas feições de acordo com Gabaglia e Milani (1990), podem ser divididas em três grupos, de acordo com suas orientações – 37% NW-SE, 36% NE-SW e 19% E-W (Figura 2.12). As duas mais importantes são as orientações NW-SE e NE-SW, que podem construir falhas simples ou extensas zonas de falhas com centenas de quilômetros de comprimento e poucas dezenas de quilômetros de largura. Esses dois grupos de elementos tectônicos são zonas de fraqueza antigas que foram recorrentemente ativas durante a evolução da bacia.

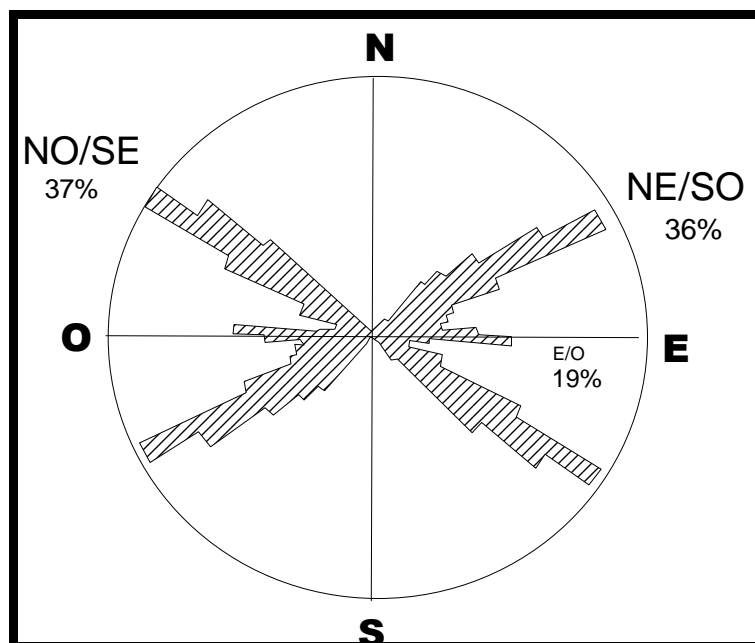


Figura 2.12.- Diagrama em rosetas das extensões de lineamentos, obtidas a partir de levantamentos aeromagnetométricos na bacia do Paraná Podem ser observados dois grupos de trends principais NW-SE (N45°-65°W) e NE-SW (N50°-70°E). Um terceiro trend subordinado, alonga-se segundo E-W (N85°-95°W). Modificado de Gabaglia e Milani (1990).

O Sistema Aquífero Guarani, pertencente à Bacia do Paraná, tem sua geometria controlada por fatores tectônico-estruturais (Figura 2.13), segundo Araújo et al., (1995), quais sejam:

- Grandes depocentros, onde também ocorrem grandes espessuras das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral;
- Falhamentos regionais;
- Reativação do Arco de Rio Grande e de Ponta Grossa; e
- Movimentos verticais (levantamentos) das bordas atuais.

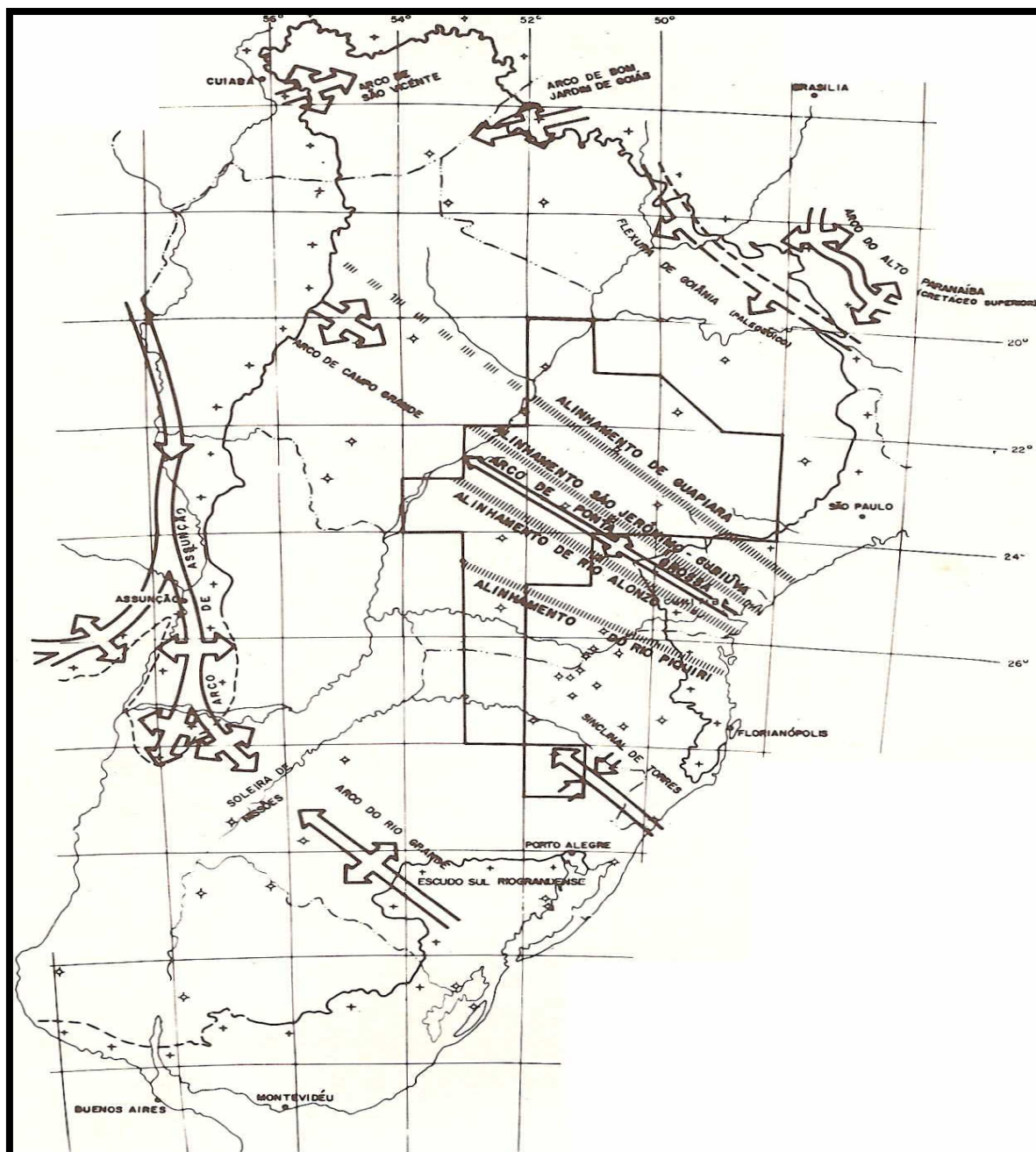


Figura 2.13.- Bacia do Paraná com a configuração dos principais elementos tectônicos.
 Fonte: CESP/IPT (1982). Modificado do Relatório IPT n.º 14091, IPT n.º 1961.

O padrão estrutural atual de cada um desses grupos é diferente, principalmente porque as falhas com orientação NW foram fortemente reativadas durante o quebraamento Juro-Cretáceo do Gondwana, o que não ocorreu com as falhas de direção NE.

No final do período Jurássico, a Bacia do Paraná foi submetida a uma atividade tectônica distensiva, com direções predominantes NNE e NW, ocorrendo processos magmáticos alcalinos com diques e *sills* de grande extensão Almeida (1986). Essa evolução estrutural interferiu no arcabouço do SAG.

2.4.3.-Características Químicas, Hidráulicas e de Reservação do SAG

Quanto às características químicas, (Silva 1983; Rosa Filho et al., 2007), conforme apresentado no (Quadro 2.7), identificaram variações de acordo com a situação estratigráfica em que se encontra o reservatório na condição de livre, em conectividade com a Formação Serra Geral sobrejacente, e de confinado. A composição química das águas do SAG pode ser considerada de boa qualidade, particularmente nas porções mais rasas. Nas porções rasas (livre) a salinidade, traduzida em termos de sólidos totais dissolvidos, situa-se abaixo de 100 mg/L. Numa faixa intermediária, no início da porção confinada, a salinidade apresenta-se em 200 mg/L. Já na francamente confinada, atinge 650 mg/L. Esse comportamento reflete, grosso modo, o grau de interação fluido - rocha.

Segundo (OEA 2001; Boscardin Borghetti et al., 2004; Caraballo 2006) o mesmo comportamento descrito por Silva, em 1983 se repete em outras áreas do SAG.

	ZONA LIVRE	ZONA DE CONECTIVIDADE COM A FM.SERRA GERAL	ZONA FRANCAMENTE CONFINADA
TIP O	Bicarbonatadas-magnesianas a calco-magnesianas	Bicarbonatadas-cálcicas e calco-magnesianas	Bicarbonatadas-sódicas a cloro-sulfatadas-sódicas
STD	± 100 mg/L	± 200 mg/L	± 650 mg/L

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

Quadro 2.7.- Composição química das águas do Sistema Aquífero Guarani. Modificado de (Silva 1983; OEA, 2001; Boscardin Borghetti et al., 2004; Caraballo 2006; e Rosa Filho et al., 2007)

As características hidrogeológicas do SAG refletem a sua origem geológica, principalmente a elevada porosidade primária, com variações faciológicas. Por sua vez, algumas características hidráulicas são fornecidas por OEA (2001) e resumidas no Quadro 2.8.

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO
Coefficiente de permeabilidade	3 m/dia
Coefficiente de armazenamento	10^{-4} e 10^{-6}
Porosidade	15 a 20% (média 17%)
Transmissividade	Entre 150 e 800 m ² /dia
Velocidade de circulação das águas	Muito baixa, variando de 0,50 a 0,75 cm/dia

Quadro 2.8.- Características hidráulicas do Sistema Aquífero Guarani. Fonte: OEA (2001).

Chang em OEA (2001) estimou as reservas ativas através da recarga direta apenas nas áreas aflorantes do SAG, utilizando valor correspondente a 4% da precipitação média anual. Quanto à reserva permanente do SAG, os valores variam de 37 a 50 mil km³. Boscadin Borghetti et al., (2004), utilizaram uma espessura média de 228m, área de 1.194×10^6 km² e porosidade de 17%, definiram a reserva permanente em 46.279,44 km³. Esses valores praticamente não diferem da primeira avaliação feita por Rebouças, em 1976, que estimou a reserva permanente em 48.000 km³.

O potencial de extração foi estimado em 40 km³/ano. Isso equivale a 25% das reservas ativas, que é o percentual de exploração normalmente aceito como sem riscos para o aquífero, muito embora não sejam avaliados outros riscos ambientais.

A demanda de uso do Sistema Aquífero Guarani no Brasil é decorrente da ocupação demográfica na sua área de ocorrência. Estima-se que o sistema abastecia 24,9 milhões de habitantes, ou 14,6% da população do país em 2000, abrangendo 25,9% do total dos municípios brasileiros Boscadin Borghetti et al., (2004).

O consumo da população que utiliza o SAG, segundo OEA (2001), é de aproximadamente 500 milhões de m³/ano, com uma distribuição bastante desigual, conforme pode ser observado na (Figura 2.14). Esses dados mostram que o volume anual de utilização se situa em torno de apenas 1,25% do potencial de exploração estimado.

Os prognósticos de OEA (2001) indicaram um incremento significativo da demanda hídrica na região do SAG, decorrente do crescimento populacional e da produção de bens, com uma maior participação das águas subterrâneas. Deverá ocorrer, ainda, um incremento do uso rural, em função das exigências para uma maior produtividade no campo. Esse prognóstico afeta particularmente o Rio Grande do Sul, que tem uma significativa produção rural, sendo que o SAG ocupa uma área de 157.600 km², ou 56,2% da área total do Estado. Figura 2.15.

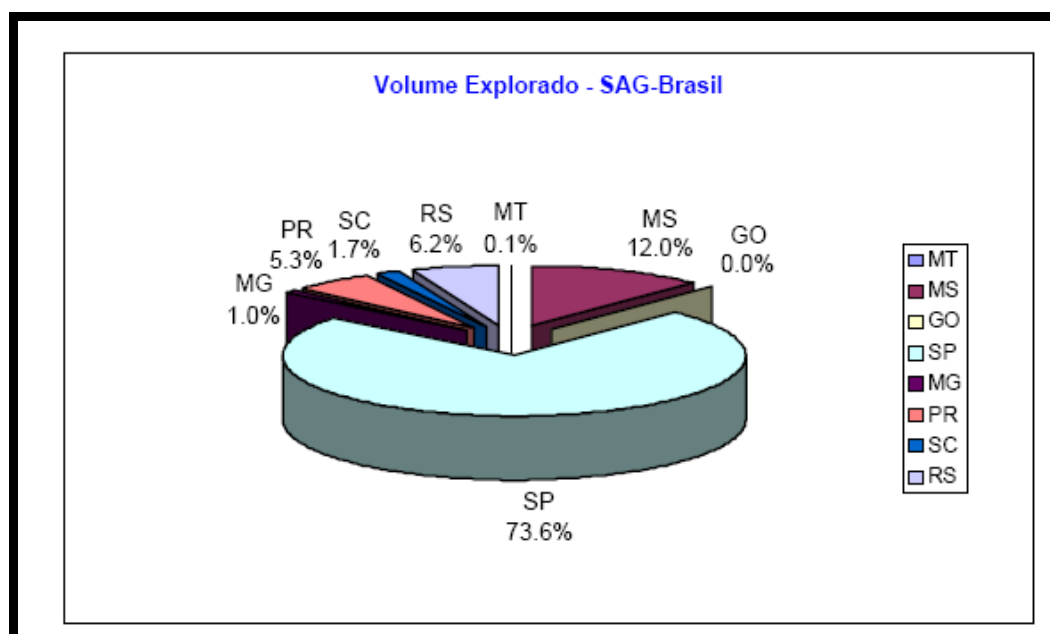


Figura 2.14.- Produção do SAG por Estado, com um total de 930 poços cadastrados. Modificado de OEA (2001).

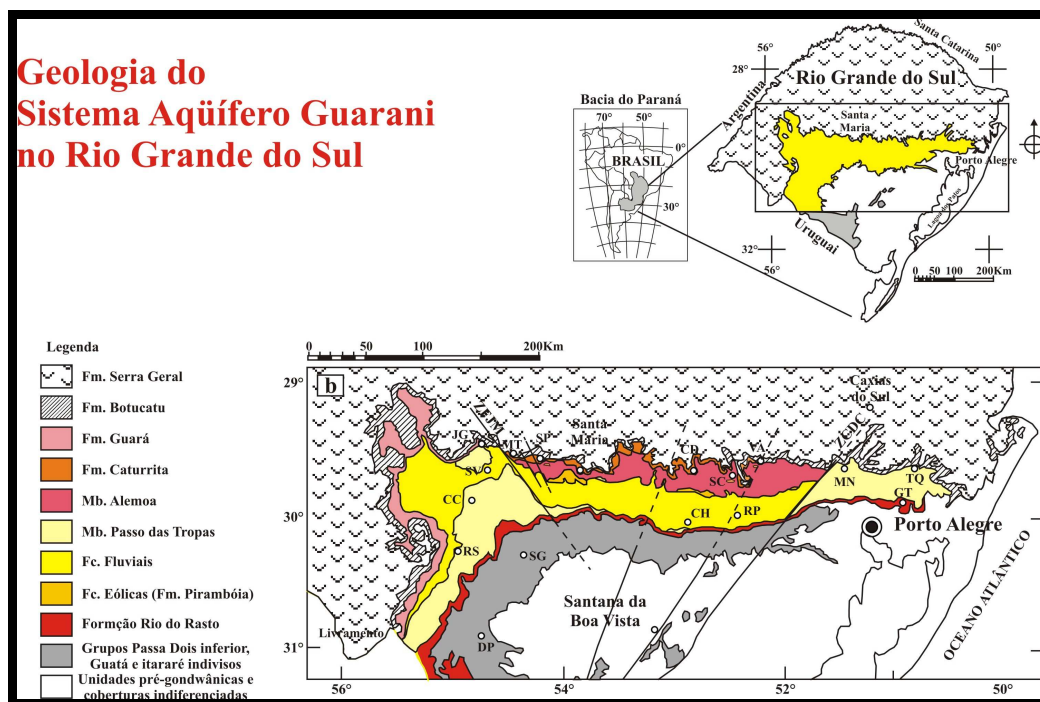


Figura 2.15.- Ocorrência e constituição do Sistema Aquífero Guarani – SAG no Estado do Rio Grande do Sul, Faccini (2003).

Em relação apenas aos poços de propriedade da CORSAN, uma visão geral é fornecida pela figura 2.16, onde se observa que mais de 25% dos poços estão no SAG. Quanto ao volume total utilizado no abastecimento total, verifica-se na figura 2.17 que ainda é bastante inexplorado o potencial subterrâneo, principalmente considerando-se que o Estado tem aproximadamente 730.000 pessoas vivendo somente na área de afloramento do SAG. Quadro 2.9.

Área do SAG		Área do Estado de ocorrência do SAG (%)	Área de afloramento (km ²)	População estimada (2000)	Número estimado de municípios	População estimada na área de afloramento (2000)	Número estimado de municípios na área de afloramento
Km ²	%						
157.600	18.8	56.2	13.402	4.451.248	361	729.607	66

Quadro 2.9.- População na área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. Modificado de (Araújo et al., 1995; ANA 2001; e IBGE 2003).

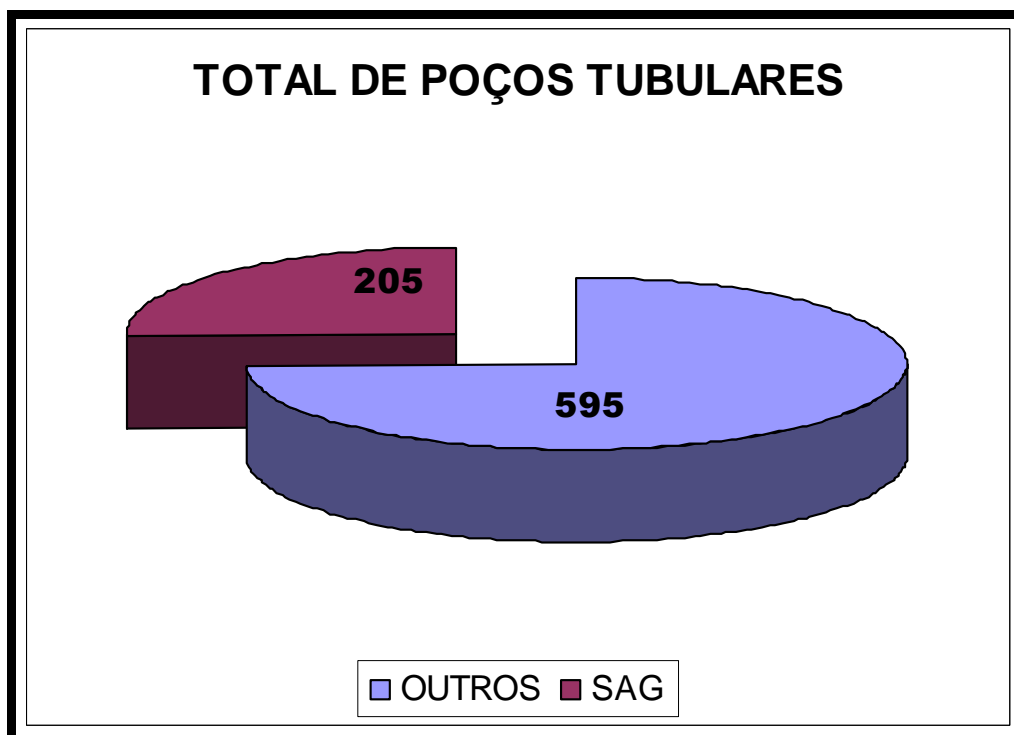


Figura 2.16.- Total de poços da CORSAN em operação para abastecimento urbano, no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: CORSAN em 2007.

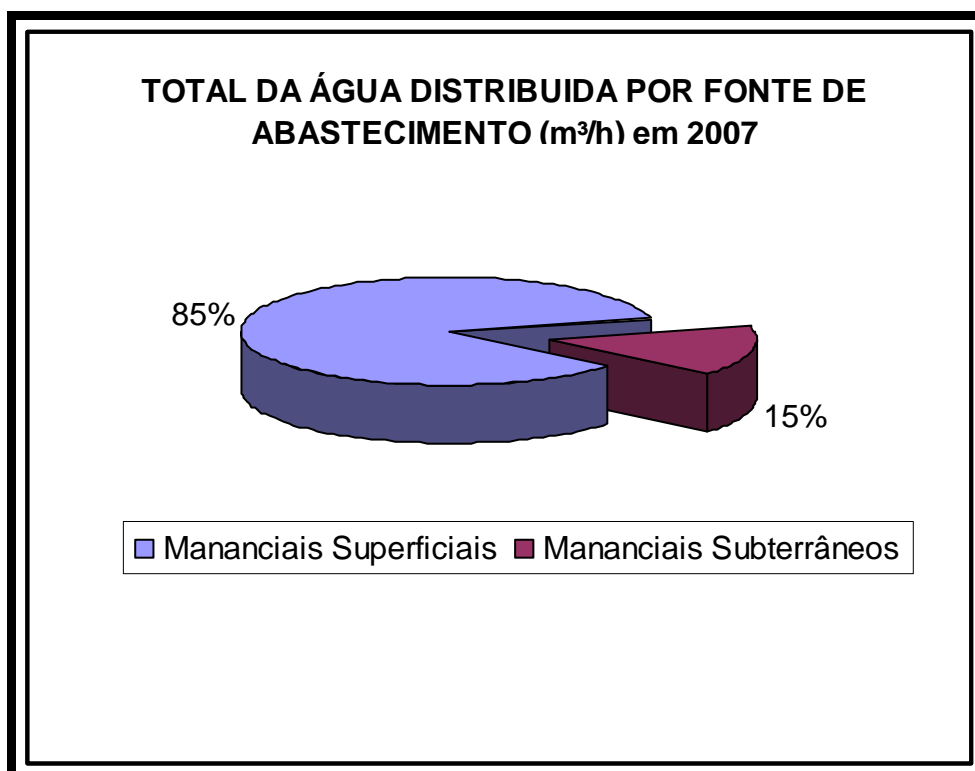


Figura 2.17.- Volume da água produzida para abastecimento público, manancial superficial 430 milhões de (m³/ano) e manancial subterrâneo 76 milhões de (m³/ano). Fonte: CORSAN em 2007.

2.5.- Alternativas de Abordagem do Problema

A avaliação da sustentabilidade do uso da água subterrânea é uma tarefa complexa. Isso pode ser depreendido da afirmação de Leal (1999), citado em Boscadin Borghetti et al., (2004) que indica que a abordagem desse tema deve ser feita considerando-se fatores quantitativos, qualitativos e socioeconômicos. Entretanto, outros autores, como (Sophocleous 2000; e Kalf & Woolley 2005), indicam que devem ser considerados os aspectos ambientais envolvidos. Assim, a abordagem correta do problema deve ser sistêmica, contemplando não somente a variação das reservas hídricas, como também a dinâmica social e econômica da região do sistema aquífero, além das funções ambientais da água subterrânea na manutenção dos ecossistemas envolvidos.

2.5.1.- Indicadores de Sustentabilidade

A utilização de indicadores de sustentabilidade é uma alternativa própria para atender à abrangência e à complexidade do tema em estudo. A construção dos indicadores de sustentabilidade inspirou-se no movimento internacional liderado pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável (CDS), das Nações Unidas (Commission on Sustainable Development – CDS). Na década de 90, reuniram-se governos nacionais, instituições acadêmicas, organizações não-governamentais, organizações do sistema das Nações Unidas e especialistas para concretizar as disposições dos capítulos 8 e 40 da Agenda 21, que tratam do meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Esse trabalho é conhecido como o “Livro Azul”, tendo como título: *Indicators of sustainable development: framework and methodologies*.

Os indicadores ambientais utilizados como ferramentas de gestão, conforme a Professora Dra. Mônica Porto, da Universidade de São Paulo (USP), em informação verbal, são de dois tipos. Os primeiros são os que se preocupam com fatores que interferem na qualidade e quantidade da água, denominados de indicadores de gestão de recursos hídricos; os segundos têm um foco mais holístico e são correlacionados aos efeitos da quantidade e qualidade da água associados aos fatores socioeconômicos e ambientais, tratando-se de gestão ambiental.

2.5.2.- Indicadores de Gestão de Recursos Hídricos

Indicadores de escassez hídrica: Indicadores gerais de escassez hídrica são propostos pela FAO (2002), denominados como “índices de disponibilidade hídrica social”, referindo-se à água disponível anualmente por pessoa (m^3 /habitante/ano), o que é obtido pela razão dos recursos hídricos anuais renováveis e a população da região; aponta-se o valor limite de 1.000 m^3 habitante/ano como indicador de escassez de água FAO (2003).

Indicadores de saúde e qualidade de vida: A Organização Mundial de Saúde (OMS) indica a média de 80 litros/habitante/ dia como a quantidade de água ideal para sustentar a qualidade da vida humana.

A água doce pode ser um fator limitante para o desenvolvimento sustentável. O homem necessita, para a sua manutenção diária, cerca de 2 litros/ dia/ pessoa, porém o desenvolvimento tecnológico e a urbanização tornaram necessária uma oferta de 100 a 200 litros/ dia/ pessoa Rebouças et al., (2002). O que se pode constatar é que o homem, quanto mais melhora sua qualidade de vida e seu conforto, está cada vez mais incrementando o uso da água no dia-a-dia. O ideal a ser buscado é aliar o progresso de nossa civilização na busca da eficiência do uso e consumo desse recurso não renovável.

Indicador de retirada em excesso de água subterrânea: Para a avaliação do uso da água subterrânea, Foster et al., (1991) desenvolveram indicadores de efeitos adversos, tanto de qualidade quanto de quantidade, com base em indicadores de difusibilidade de aquíferos, armazenamento por recarga, observação de vegetação freatófita e intrusão de cunha salina, conforme resumido no (Quadro 2.10).

Indicadores Ambientais	Indicadores do excesso de abstração	Fatores que afetam a sustentabilidade
Reversíveis	Aprofundar bombas /maior custo Redução na vazão do poço Redução no fluxo básico das vazões de fontes e rios	Indicadores da difusibilidade * Rebaixamento abaixo do horizonte de produção Modificações no armazenamento do aquífero **
Reversível/ Irreversível ***	<i>Stress</i> na vegetação freatófita Compactação do aquífero / redução da transmissividade	Indicadores de depleção dos níveis de água Compressão do aquífero
Deterioração Irreversível	Intrusão de águas salinas Indicadores qualitativos (de córregos ou aquíferos sobrepostos) Subsidência e impactos relacionados	Proximidade de águas salinas / contaminadas Compressão vertical de camadas sobrepostas ou inter-camadas.

*Difusividade (T/S) - uma característica própria de um aquífero onde se divide transmissividade (T) por armazenamento (S).

** Características do armazenamento do aquífero (S/R). Definido como o Armazenamento (S) dividido pela média anual de recarga (R).

*** Reversível / Irreversível. Esses dois efeitos dependem das condições locais e do período durante o qual persiste um excesso de retirada; a resposta imediata para essa retirada é controlada por T/S e, em tempo mais longo, por S/R .

Quadro 2.10.- Indicadores para efeitos adversos em aquíferos, baseados na difusibilidade para avaliação da retirada em excesso de água subterrânea. Modificado de Foster et al., (1991).

Os fatores que afetam a sustentabilidade, conforme proposto por Foster et al., (1991), são, muitas vezes, os próprios indicadores da não-sustentabilidade do sistema de extração.

Em princípio, indicadores devem permitir detectar situações não-sustentáveis, como a superexploração de aquíferos, definida por Custódio (2002), como sendo a média da retirada de água maior ou próxima à recarga. Todavia, a avaliação de aquíferos superexplorados é complicada por ser a água um recurso dinâmico e porque os componentes do balanço da água variam com o tempo, como mudança no padrão de chuvas, mudanças no uso e ocupação do solo ou, ainda, quando se avaliam as paleoreservas.

Indicador quantitativo baseado na observação dos níveis de água subterrânea de um reservatório: em Morris et al., (2003), é apresentado um indicador de forma gráfica para

avaliar a retirada de água de um reservatório, através da observação dos níveis de água subterrânea como um indicador de sustentabilidade (Figura 2.18). Em princípio, esses indicadores deveriam permitir detectar situações não-sustentáveis e superexploração de aquíferos.

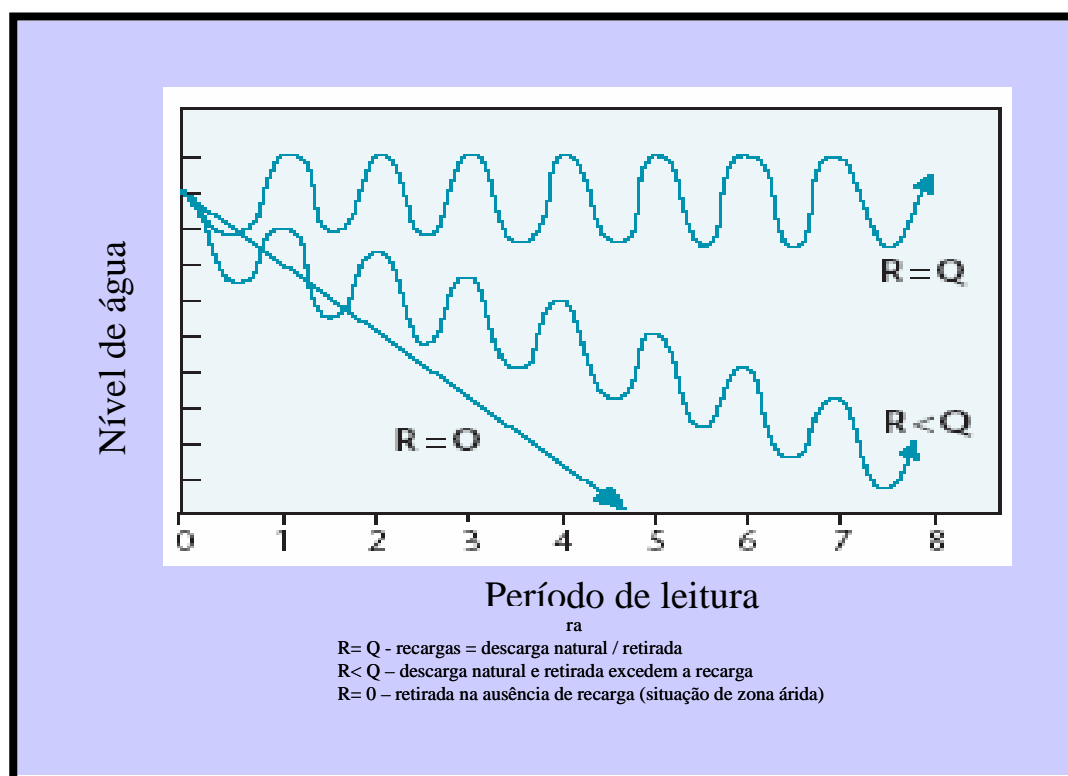


Figura 2.18.- Representação gráfica de indicador ambiental onde o reservatório subterrâneo é avaliado quando submetido à extração por poços tubulares. Modificado de Morris et al., (2003).

Indicador de qualidade devido à inversão de fluxo: Morris et al., (2003) avaliam que situações decorridas de modificações do uso e ocupação do solo, principalmente quando da expansão urbana e busca de novos poços tubulares de melhor qualidade e/ou quantidade para uma região periférica, podem determinar um novo padrão de fluxo, diferente do original. As conseqüências podem ser mudanças nos indicadores ambientais de qualidade da água subterrânea, com o arraste de águas servidas (Figura 2.19).

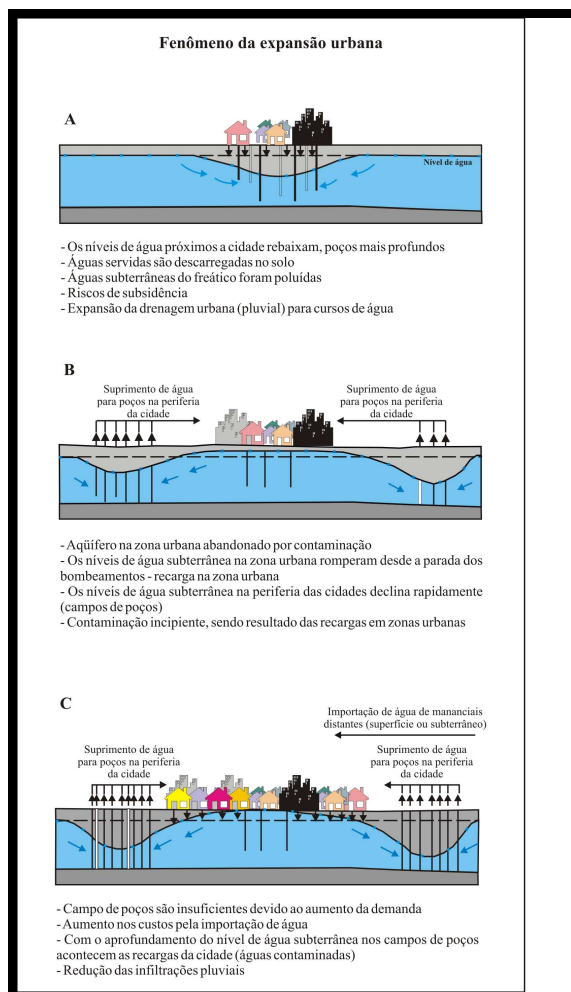


Figura 2.19. – Ilustração mostra o crescimento da mancha urbana e modificação na ocupação do solo, com captações de água subterrânea migrando para a periferia, poços abandonados e modificações no fluxo original das águas subterrâneas, consequência de vetores de contaminação por esgotos domésticos, rede pluvial, despejos industriais, entre outros impactos. Modificado de Morris et al., (2003).

Indicador de qualidade em regiões costeiras sujeitas à intrusão de cunhas salinas:

Citado em Morris et al., (2003), como indicador em regiões litorâneas, onde pode ocorrer um desequilíbrio devido ao aumento do número de poços, modificando a interface água doce / água salgada e provocando intrusão de cunhas salinas em direção ao continente (Figura 2.20).

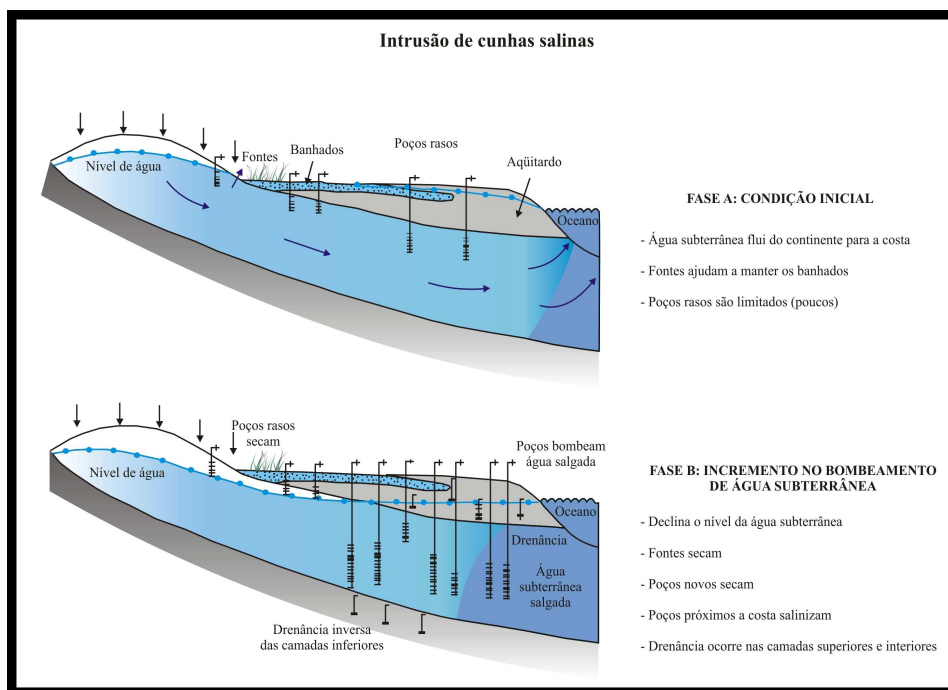


Figura 2.20.- Indicador de qualidade mostrando o impacto provocado pelo excesso de bombeamento em sistemas aquíferos litorâneos em duas condições: uma em equilíbrio e outra com bombeamento em excesso por novas obras de captação subterrânea. Modificado de Morris et al., (2003).

Indicador baseado na difusibilidade do aquífero: Nessa mesma linha, Foster et al., (1991) avaliam a influência das características do aquífero e sua sustentabilidade a indicadores ambientais devido ao impacto do bombeamento excessivo, baseando-se na definição de difusibilidade (Quadro 2.11). Essa estratégia, segundo os autores, pode ser feita com uma relação entre a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S), conhecido como difusibilidade do aquífero.

Susceptibilidade aos efeitos adversos						
Fator	Símbolo		Unidades			
			Alto	Moderado	Baixo	
Características de reposta do aquífero	T/S	-	100.000	1.000	100	10
Características do armazenamento do aquífero	S/R	-	0,1	0,01	0.001	0.0001
Rebaixamento permitido até o horizonte aquífero	s	m	10	20	50	100
Profundidade do nível de água	h	m	2	10	50	200
Proximidade de interferências salinas	L	km	0,1	1	10	100

T transmissividade em (m²/dia): *S* Armazenamento (sem unidade): *R* taxa de recarga anual (mm/ano)

Quadro 2.11.- Fatores que afetam a sustentabilidade do aquífero, com indicadores de efeitos adversos ao excesso de bombeamento. Modificado de Foster et al., (1991).

Indicador de quantidade e eficiência operacional, definido como colapso operacional: A situação de colapso operacional, definida por Muñoz et al., (2003), caracteriza-se quando, ao longo do tempo, ocorre uma depleção contínua dos níveis de água subterrânea (estático e dinâmico) nos poços tubulares de um reservatório, sendo necessário aprofundar o grupo moto-bomba submersa (GMBS) e/ou aprofundar o próprio poço. Esse indicador operacional, tanto de caráter geral quanto por poços individuais, mostra uma tendência de depleção dos níveis de água do reservatório, declínio de vazões e, por consequência, aumento nos custos operacionais.

O desempenho ou produtividade dos poços componentes de um sistema de bombeamento reflete o desempenho do aquífero. Nesse sentido, Heine et al.,(2005) detectaram o colapso de poços e os níveis continuamente decrescentes como indicadores de superexploração do SAG em Ivoti (RS).

2.5.3.- Indicadores de Gestão Ambiental

A sustentabilidade pode ser analisada no balanço hídrico das bacias hidrográficas, na sustentabilidade da produção de grãos e na sustentabilidade econômica e social. Essas possibilidades de sustentabilidade prolongam-se na escala do tempo e dependerão do respeito aos recursos naturais, da aplicação dos avanços tecnológicos e da implantação de mecanismos de controle e proteção, segundo Rebouças et al., (2002).

Indicador de gestão ambiental com base no balanço de massa com conceito de descarga residual para preservação do meio ambiente: Kalf & Woolley (2005), desenvolveram uma metodologia para avaliar os efeitos de uma extração de água e sua interferência no Balanço de Massa, equilíbrio entre recargas e descargas do sistema, de forma a assegurar as condições mínimas das demais atividades para preservação do meio ambiente (Quadro 2.12).

	Taxa de recarga	Taxa total de extração (bombeamento)	
Condição	Taxa de infiltração	Taxa de descarga	Taxa de extração
Condições naturais	$R_n =$	D_n	Zero
Indicador de extração de um reservatório em condição sustentável em um tempo t_s	$R_n =$	$D_{rs} +$	B_c
Indicador de extração de um reservatório em condições de mineração	$R_n <$	$D_{rs} +$	B_c

Onde: R_n = recarga natural

D_{rs} = descarga residual sustentável

B_c = taxa de bombeamento

Quadro 2.12.-Indicadores de gestão ambiental para água subterrânea, para avaliar o equilíbrio entre recarga e extração. Modificado de Kalf & Woolley (2005).

A gestão da água subterrânea, em muitos continentes, teve progresso principalmente na segunda metade do último século, demonstrando que passou de um regime virtual para

controlado. A mudança foi decorrente da ênfase na definição de exploração para gestão do recurso Kalf & Woolley (2005).

As águas subterrâneas estão intimamente relacionadas às águas superficiais, como no ciclo hidrológico do nosso planeta, por isso, os recursos hídricos superficiais, tanto em qualidade quanto em quantidade, fazem parte desta análise.

Indicadores socioeconômicos e ambientais (Zeebra): Como indicador de gestão ambiental, segue os princípios do desenvolvimento sustentável preconizados pela Agenda 21, aprovada durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável em 1992. No Capítulo 18, refere-se que a “água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é garantir o suprimento adequado da água de boa qualidade para manter a vida humana, preservando as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando, assim, as atividades antrópicas com o limite da capacidade da natureza, e combater vetores de doenças relacionadas à água”.

Essa análise mais ampla é obtida pela interação dos fatores socioeconômico e ambiental, através do *software* desenvolvido por Hansen (2001). Propõe-se uma análise integrada desses fatores, por meio de um amplo cadastro de informações e ponderação dos fatores. Esse método de abordagem foi efetivado por esse autor através do *software* ZEEBRA – Zoneamento Econômico Ecológico.

Neste início do século XXI, a sustentabilidade da economia encontra limites claros na capacidade de regeneração e absorção da natureza, forçando os tomadores de decisão a considerarem as interações estabelecidas entre as esferas ambiental, social e econômica. Para se compreender melhor essa interação, cada vez mais, são necessárias informações cientificamente coletadas, analisadas e interpretadas. A viabilidade de um desenvolvimento sustentável deve ser avaliada, medida e analisada com todo o ferramental de que se dispõe, incluindo-se os indicadores e índices ambientais, sociais e econômicos integrados.

Merico (2001), enfatiza que uma estratégia eficaz de política ambiental pode basear-se na definição de indicadores ambientais que permitam um mínimo de avaliação constante do nível de sustentabilidade do processo econômico e social. A construção desses indicadores pode subsidiar a implantação de políticas públicas associadas às melhorias dos padrões avaliados. Segundo Bollmann (2001), a prática tem mostrado que a ação de medir, como um instrumento indispensável para operacionalizar a implementação de políticas norteadoras do

desenvolvimento humano, auxilia tanto os decisores quanto os cidadãos comuns a conceitualizar objetivos, estudar alternativas, fazer escolhas e ajustar dinamicamente as políticas e objetivos baseados na avaliação do seu estado atual.

Segundo Hansen (2001), os índices são os produtos sintetizados a partir de vários indicadores a fim de retratar o meio em análise de uma maneira simplificada, bem como de aplicar e obter respostas rápidas e eficazes que permitam comparar locais sob distintos pontos de vista. A uniformização e validação de indicadores de uso comum proporcionam uma visão genérica da variabilidade dos aspectos sociais, ambientais e econômicos. O estabelecimento de índices numéricos e descritivos (conceituais) de sustentabilidade auxilia no processo da gestão ambiental, norteia as ações das políticas a serem adotadas e orienta a melhor aplicação dos recursos públicos nas unidades de planejamento.

2.5.4.- Análise de Sustentabilidade por Aproximações Numéricas

Embora uma análise ampla seja necessária, conforme indicado por inúmeros autores, a avaliação da sustentabilidade física das reservas é imprescindível e talvez seja a única forma de obtenção de dados quantitativos para a gestão do aquífero. A integração dos modelos analíticos com os demais dados socioeconômicos e ambientais é uma forma de obter-se uma base sólida para a gestão plena do aquífero em todos os seus aspectos. Os modelos analíticos são normalmente elaborados para a execução de balanços de entradas e saídas de água do sistema subterrâneo, o que permite análises temporais e prognósticos.

2.6.- Balanço Hídrico

O balanço hídrico diz respeito ao ciclo hidrológico, analisando-se variáveis como a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento superficial e a infiltração no subsolo.

A disponibilidade da água depende da distribuição das precipitações, que muitas vezes ocorrem de forma irregular nas diversas regiões do planeta, provocando situações de excedente hídrico, quando a relação precipitação (P) menos evapotranspiração potencial (ETP) é positiva, e de déficit, quando essa relação (P-ETP) é negativa. Esses valores são avaliados através do Balanço Hídrico.

2.6.1.- Balanço das Reservas Subterrâneas

A água subterrânea pode ser retirada de forma permanente e em volumes constantes, por muitos anos, desde que a extração esteja condicionada a estudos prévios do volume armazenado e das condições climáticas e geológicas de reposição DRM (2003).

Um método para avaliação da dinâmica da água de um reservatório foi desenvolvido por Kalf & Woolley (2005), aplicando o conceito de balanço das reservas subterrâneas, no qual se parte de uma condição teórica de equilíbrio entre a recarga (**R**) e a descarga (**D**) (Figura 2.21).

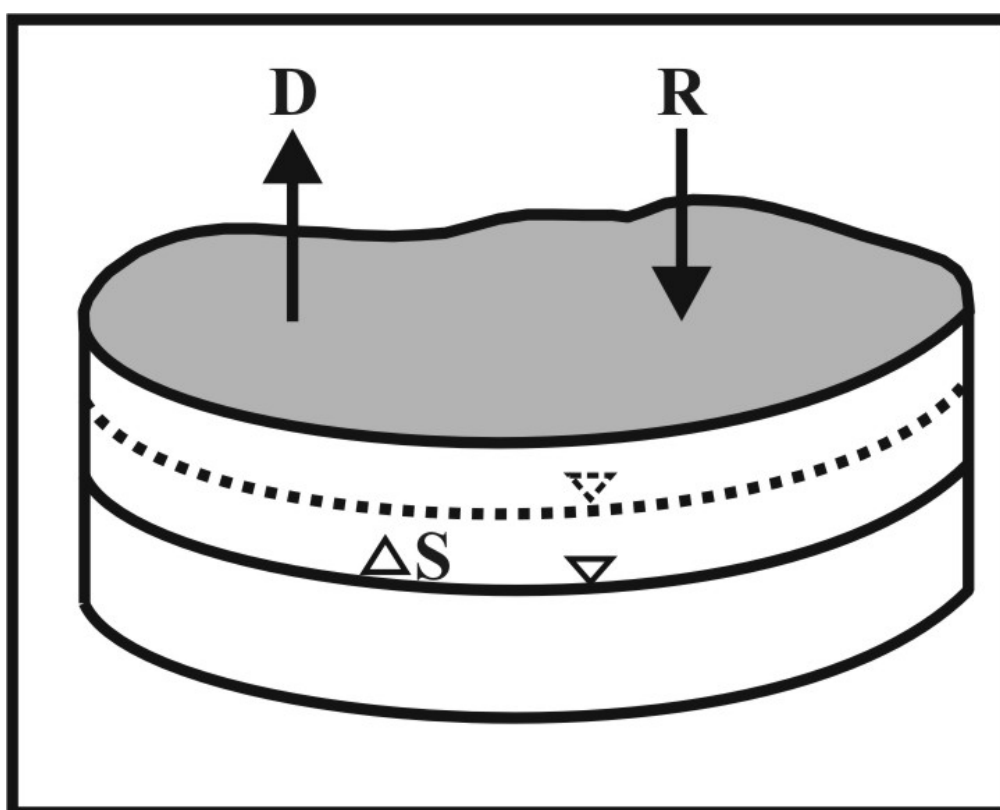


Figura 2.21. – Esquema representativo de um reservatório em equilíbrio. Modificado de Kalf & Woolley (2005).

Recarga (R) – Descarga (D) = Mudanças no Armazenamento (S), (ΔS)

R = recarga L^3/T^{-1} (entradas no sistema: precipitações, contribuições laterais)

D = descarga L^3/T^{-1} (saídas do sistema: fontes, evapotranspiração, drenos, poços)

ΔS = variação do armazenamento do reservatório

Em uma condição de equilíbrio, a recarga (**R**) deve suprir a taxa de extração máxima (**Bc**), mais uma descarga residual (**Drs**). A taxa de extração (**Bc**) é definida como a taxa máxima de extração sustentável de um reservatório em um determinado tempo (**td**). Kalf & Woolley (2005) (Figura 2.22).

A descarga natural é superior à descarga residual de um reservatório quando este está sendo submetido a uma extração. A descarga residual é denominada de sustentável (**Drs**) quando não há aumento da depleção do aquífero. Os valores da descarga residual são avaliados sob enfoque ambiental, com vistas à determinação das descargas mínimas para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas de superfície.

Na condição de equilíbrio dinâmico, o volume mínimo da recarga ou taxa de infiltração (**R**) deve ser suficiente o bastante para equilibrar os volumes de água das descargas totais do reservatório, sendo composto da descarga residual sustentável (**Drs**), mais as taxas de extração por bombeamento (**Bc**). Essa condição resulta em um nível potenciométrico onde não haverá acréscimo de armazenamento ou depleção do reservatório. Pode-se, em função de um bom conhecimento da geologia e das propriedades hidráulicas do reservatório, definir uma linha imaginária como a máxima depleção do armazenamento (**Sd**), estabelecendo-se, assim, a taxa de extração máxima sustentável desse reservatório (**Bc**), (Figura 2.22).

$$\mathbf{Bc = R - Drs}$$

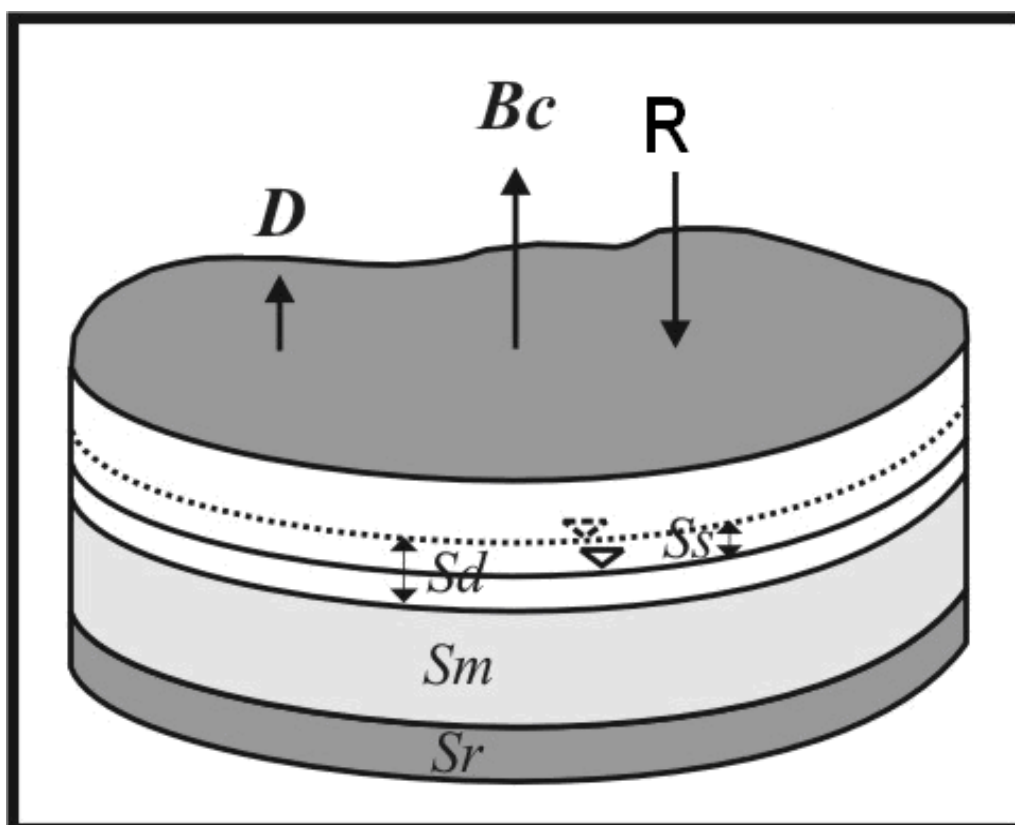


Figura 2.22.- Reservatório em uma condição de extração sustentável Kalf & Woolley (2005), onde mostra **Ss**, linha hipotética de armazenamento sustentável, reservatório em equilíbrio com a taxa de bombeamento (**Bc**), o **Sd** é uma linha imaginária denominada de máxima depleção, o **Sm** faixa hipotética onde o armazenamento do reservatório cede água das reservas permanentes (extração não equilibrada ou mineração das reservas), e o **Sr** corresponde a fase crítica de uma extração desequilibrada, onde a água retirada das reservas permanentes é irrecuperável

2.7.- Modelos Matemáticos em Hidrogeologia

Os modelos são ferramentas fundamentais para o planejamento e previsão de situações reais. Um exemplo simples é um mapa rodoviário, que é um modelo em papel da malha viária de uma região. Através do exame desse mapa, podem ser planejadas previamente diversas rotas (simulações) para se alcançar um destino. Essas informações são tanto mais preciosas quanto mais detalhado for o mapa. Portanto, modelos são representações simplificadas de uma situação real e, como tal, têm suas limitações. Um modelo matemático será uma representação através de equações matemáticas. No caso da hidrogeologia, são utilizadas as equações que regem o fluxo subterrâneo, Feitosa et al., (1997).

O modelamento de água subterrânea é uma ferramenta poderosa que serve a múltiplos propósitos, como organizar os dados hidrogeológicos, hidrológicos e quantificações, bem como conhecer os sistemas aquíferos e as previsões e respostas dos reservatórios subterrâneos condicionadas por suas recargas e retiradas através dos poços. Deve-se ter em mente que modelos são ferramentas empíricas, mas que são usadas por um grande número de modeladores em todo o mundo, principalmente para gerenciamento de água subterrânea (Corbe and Benthke 1992; Gomboso *et al.*, 1996; Gnanasundar & Elango 2000; Selroos *et al.*, 2002; Senthilkumar & Elango 2004). Os modelos matemáticos são úteis para realizar análises complexas e permitem aos hidrogeólogos estender a sua compreensão sobre o comportamento dos recursos hídricos subterrâneos e, assim, fundamentar seu planejamento.

Os modelos computacionais podem ser divididos em modelos de fluxo e modelos de transporte de massas, que, segundo Vives *et al.*, (2005), são utilizados para:

- Compreensão dos processos físicos de forma quantitativa;
- Identificação de aspectos que requerem maior investigação;
- Demonstração a pessoas que não possuem a “expertise” no assunto;
- Desenho e melhoramento das redes de observação;
- Simulação de respostas, predição;
- Desenho de programas de recuperação de aquíferos; e
- Outros – exploração, controle de cunha salina, geotécnica, etc.

O mesmo autor refere-se ao uso de modelos para aquíferos em exploração para:

- Analisar o comportamento do aquífero frente a outras ações externas (complexas)
- e
- Aproximar o comportamento do aquífero de uma forma de manejo em um modelo de gestão onde o aquífero é um dos muitos elementos ou componentes, requerendo-se uma aproximação para facilitar um sistema de operação.

Quanto aos tipos, os modelos podem ser classificados como físicos, por exemplo, os tanques de areia; analógicos elétricos (usam a analogia da lei de Darcy, fluxo subterrâneo, com a lei de Ohm, fluxo elétrico); e matemáticos, que podem ser classificados como analíticos e numéricos.

Os modelos analíticos utilizam soluções matemáticas para situações simplificadas, como, por exemplo, a solução de Theis para bombeamento transiente num aquífero homogêneo e isotrópico. No entanto, na maior parte das vezes, os aquíferos não são homogêneos e não têm contornos irregulares, de modo que a solução analítica fica difícil ou impossível de ser aplicada. Assim, nesse caso, são aplicados modelos numéricos, em que equações diferenciais de fluxo subterrâneo são resolvidas utilizando-se técnicas de aproximação numérica obtida através da discretização do aquífero e da solução de um sistema de equações com as incógnitas obtidas da discretização. Feitosa et al., (1997).

Segundo Feitosa, os modelos podem ser classificados de acordo com as seguintes características:

- Quanto à variação do tempo:
 - Permanente ou estacionário – as características não variam ao longo do tempo.
 - Transiente – as cargas hidráulicas variam ao longo do tempo.
- Quanto à probabilidade de ocorrência:
 - Determinístico – considera que os eventos não dependem da teoria das probabilidades.
 - Estocástico – atribui uma probabilidade de ocorrência a cada evento.

2.8.- Sistema de Informações Geográficas e os Modelos Matriciais

O termo “sistemas de informação geográfica” (SIG), para Câmara Neto (1995), é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Num sentido geral, sistema é o conjunto particular de instrumentos e convenções adotados com o fim de apresentar uma informação. Na verdade, trata-se de um conjunto complexo e organizado de procedimentos e equipamentos, geralmente baseados em circuitos eletrônicos, capazes de manipular e transportar dados segundo um plano determinado, produzindo resultados informativos a partir destes. Paredes, (1999).

Um SIG é uma ferramenta que integra, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno Câmara Neto (1995). Os dados tratados em um SIG possuem uma natureza dual de informação – de localização, expressa por uma coordenada em um mapa, e de atributo descritivo, correlacionado a um banco de dados. Outro aspecto importante é que os dados não existem sozinhos no espaço e podem ser correlacionados para gerar informações.

A estrutura geral de um SIG oferece ao usuário uma interface para operação e controle do sistema, mecanismos de processamento, armazenamento, recuperação, visualização e plotagem. A possibilidade de manipular e integrar dados obtidos a partir de várias fontes e de cruzar as informações em vários “*layers*”, ou Planos de Informação, para visualização e rápida e constante atualização do banco de dados, faz o sucesso da operação desses sistemas Klein (1998).

O SIG pode ser utilizado para gerar mapas temáticos, onde cada ponto ou célula possui uma informação associada. A forma de armazenamento no formato matricial (“*raster*”) corresponde a um ponto no mapa que é dividido em células de tamanho fixo e com valor correspondente ao tema naquela localização, Câmara Neto (1995).

A representação de um mapa temático pode ser também vetorial. A escolha entre a representação matricial e a vetorial depende do objetivo em vista. Para a produção de cartas e em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é a mais adequada. As operações de álgebra de mapas são realizadas no formato matricial, Câmara Neto (1995). As vantagens de utilização de métodos numéricos estão relacionadas à possibilidade de consideração das heterogeneidades e anisotropia próprias do meio geológico, assim como a análise das variações espaciais e temporais das reservas hídricas. A construção de modelos em ambiente SIG permite a ampliação do universo de análise da questão, integrando-se dados sociais e econômicos no espaço geográfico do aquífero.

III.- CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE IVOTI

3.1.– Generalidades

3.1.1.- Localização

O município de Ivoti pertence à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Está localizado a uma distância de 50 quilômetros da capital do Estado, sendo alcançado pela rodovia federal BR 116. Esta compreendido entre os paralelos 29°35'00" e 29°40'00" S e os meridianos 51°12'50" e 51°08'06" W de Greendwich.

3.2.– Aspectos Socioeconômicos

A cidade de Ivoti teve sua história iniciada em 1826, com a chegada dos primeiros imigrantes alemães, que se estabeleceram ao longo do Arroio Feitoria em 48 lotes. Um dos pontos turísticos é a Ponte do Imperador, que foi construída em 1855 com recursos do Império, período de Dom Pedro II. No ano de 1867, a localidade passou a denominar-se de Bom Jardim, terceiro distrito de São Leopoldo. Finalmente, em 1938, recebeu a denominação de Ivoti por abranger áreas propícias à criação de flores – “Ivoti-catu” significa “flor” em tupi-guarani. A emancipação da cidade ocorreu em 19 de outubro de 1964 (<http://www.ivoti.rs.gov.br/home/home.asp>).

Ivoti possui uma área com 75 quilômetros quadrados e tem uma população estimada, para 2007, de 18.379 habitantes, com uma projeção populacional de 23.929 habitantes para o ano de 2020, FEE (2005). (Figura 3.1).

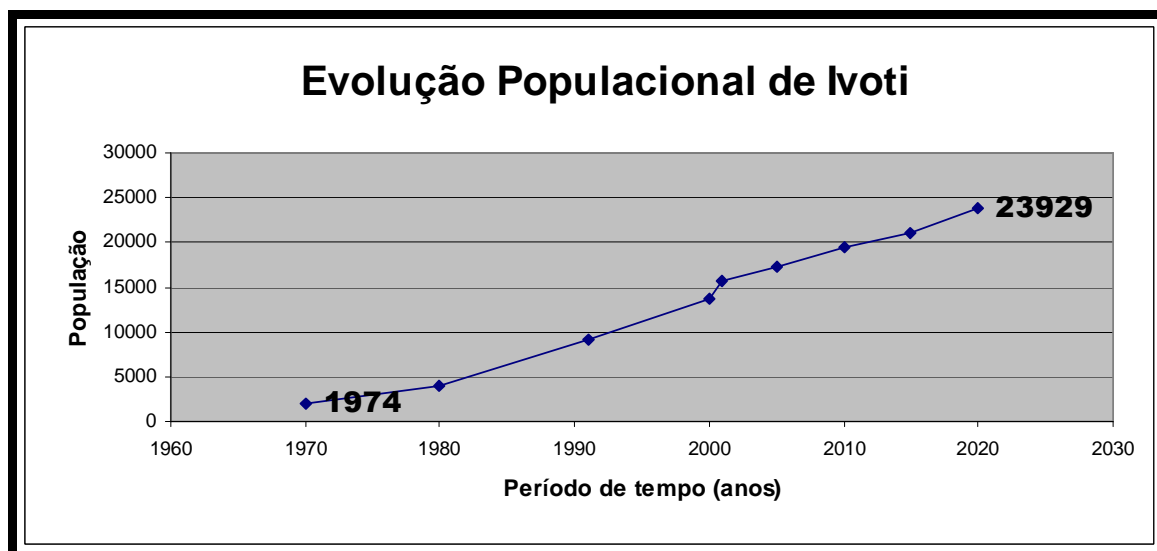


Figura 3.1.- Gráfico da evolução da população da cidade de Ivoti, do ano de sua emancipação (1964) até a projeção para o ano de 2020. Fontes: (IBGE, 2003; FEE, 2005)

3.2.1.- Abastecimento Público

A cidade de Ivoti tem sua área urbana totalmente atendida com água subterrânea extraída do SAG, com uma extensão da rede de água de 80 quilômetros para o atendimento de 5.358 economias, (Quadro 3.1). O município não possui tratamento para os efluentes domésticos.

Economias Abastecidas	Economias Residenciais	Economias Comerciais	Economias Industriais	Órgãos Públicos
5.358	4.753	502	61	42

Quadro 3.1.- Abastecimento de água da cidade de Ivoti, conforme cadastro por categoria de consumidor. Fonte: CORSAN em 2007.

A água subterrânea está sendo utilizada para o abastecimento público pela CORSAN desde 1973, quando operava o sistema com apenas um poço (COR IV 2), com uma produção de 3.600 m³/ ano, atingindo, no ano de 2007, uma produção de 1.434.177 m³ / ano, com bombeamento de 17 poços tubulares .Quadro 3.2.

Poços tubulares também são utilizados para o uso industrial e agrícola, havendo um grande número de pontos de extração de uso unifamiliar, denominados de fontes alternativas, ou fontes clandestinas quando não-outorgadas (Quadro 3.4). No cadastro dos poços na área de estudo, foram contabilizados 214 pontos de extração.

ANO	1973	1980	1990	2000	2007
Poços IV	1	3	6	14	17
Vazão (m³/ano)	3.600	7.320	1.200.000	900.000	1.434.177

Quadro 3.2.- Evolução das demandas de água subterrânea utilizadas no abastecimento público de Ivoti. Fonte: CORSAM em 2007.

Município	Ivoti
Cadastro de poços	190

Quadro 3.4.- Pontos de extração de água subterrânea em Ivoti. Cadastrado do ano base 2007. Fonte CPRM e CORSAN.

As demandas de água na Bacia do Rio dos Sinos por usuários são apresentadas em percentuais por tipo de uso no gráfico da (Figura 3.2). Nota-se que a indústria é a principal usuária, seguida pelo uso urbano e pela agricultura.

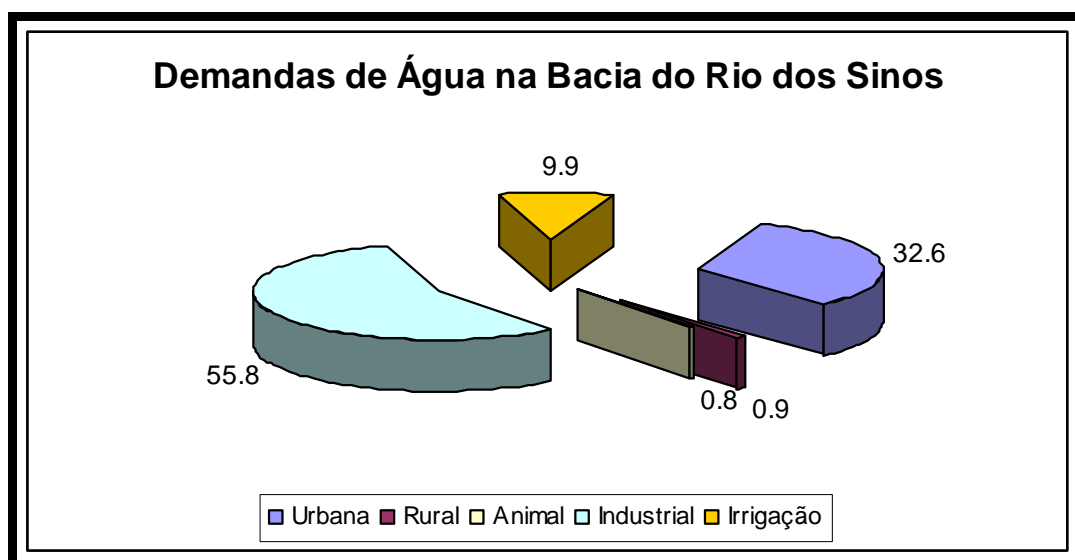


Figura 3.2.- Gráfico com as demandas de água em percentual na Bacia do Rio dos Sinos. Fonte: Brasil (2007).

3.3.- Clima

O clima da região classifica-se, segundo Köppen, como subtropical-úmido Cfa, com temperaturas mínimas variando entre $-1,5$ e $10,3^{\circ}\text{C}$ em meses frios e entre $40,7$ a $31,9^{\circ}\text{C}$ nos meses mais quentes. Há uma influência predominante de massas de ar marítimas, tropicais ou polares, as quais se originam nos anticiclones Móvel Polar e/ou do Atlântico, que exercem um forte controle climático. Há, também, uma influência secundária da massa tropical continental, com origem no centro sul-americano. A dinâmica dos ventos e o deslocamento das massas de ar acima referidas originam uma significativa diversidade climática na região IBGE (1986).

3.4.-Precipitação

A precipitação é relativamente uniforme durante todo o ano, com um pequeno aumento das precipitações mensais no inverno, quando a região recebe incursões freqüentes dos Ciclones Migratórios Polares.

Os registros históricos de precipitação correspondentes a 43 anos de observação foram obtidos no Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul do Instituto de Pesquisas

Agronômicas, (Rio Grande do Sul, 1989). A precipitação média foi de 1434 mm/ano, e a menor precipitação foi encontrada no registro do ano de 1964, com 998,4 mm/ano.(Figura 3.3).

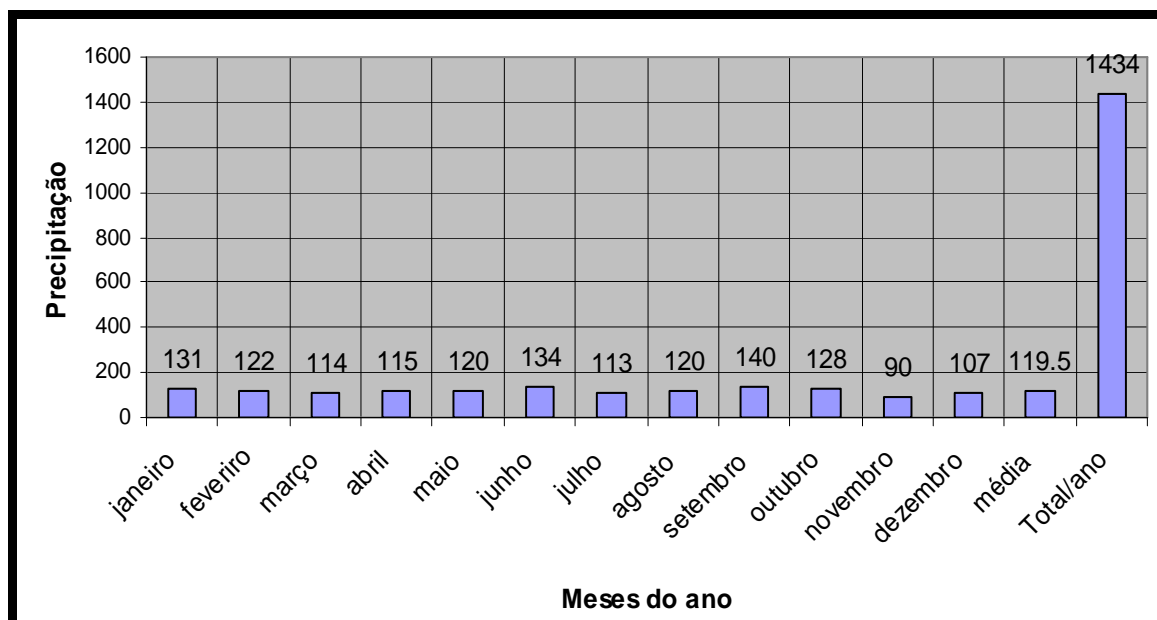


Figura 3.3.- Gráfico com as médias das precipitações na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974, calculadas pelo método de (Thornthwaite, 1948). Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).

3.5.- Temperatura

A temperatura média anual, calculada para o período 1931-1974, segundo os registros do Instituto de Pesquisas Agronômicas (Rio Grande do Sul,1989), teve como médias 36,8 °C para os meses mais quentes e 4,5°C para os meses mais frios. (Figura 3.4).

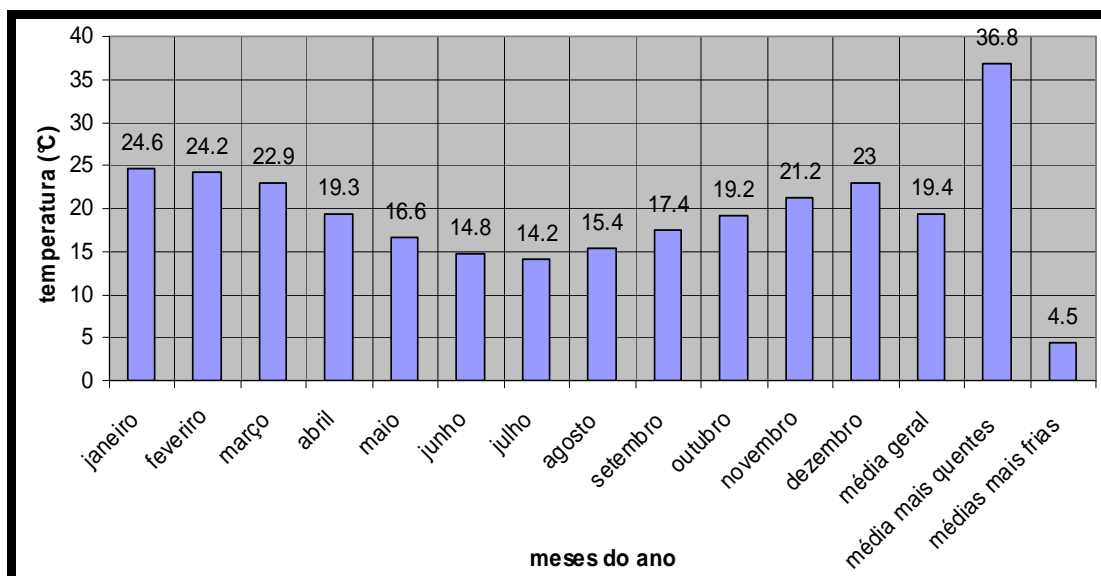


Figura 3.4.- Gráfico com as médias das temperaturas na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).

3.6.- Insolação

A insolação anual é de 2.374,1 horas, sendo os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro os de maior insolação. O maior índice de insolação para o período compreendido entre 1931-1974 corresponde ao mês de dezembro. (Rio Grande do Sul, 1989). (Figura 3.5).

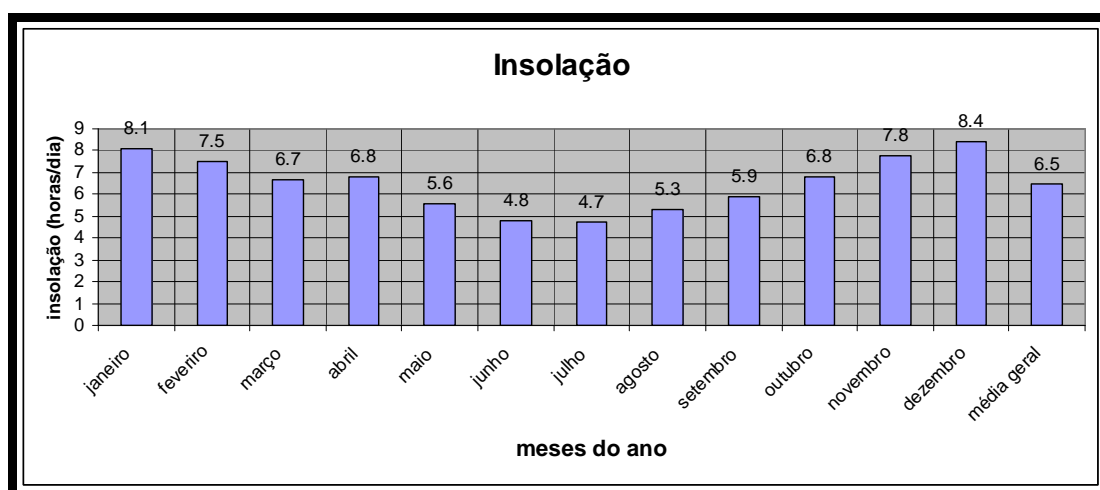


Figura 3.5.- Média das insolações na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).

3.7.- Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar média anual é elevada, da ordem de 76 %. Os valores mínimos ocorrem no verão (68 % em dezembro); os valores máximos são registrados no inverno, com 83 % em junho (período de avaliação: 1931-1974). (Rio Grande do Sul, 1989). (Figura 3.6).

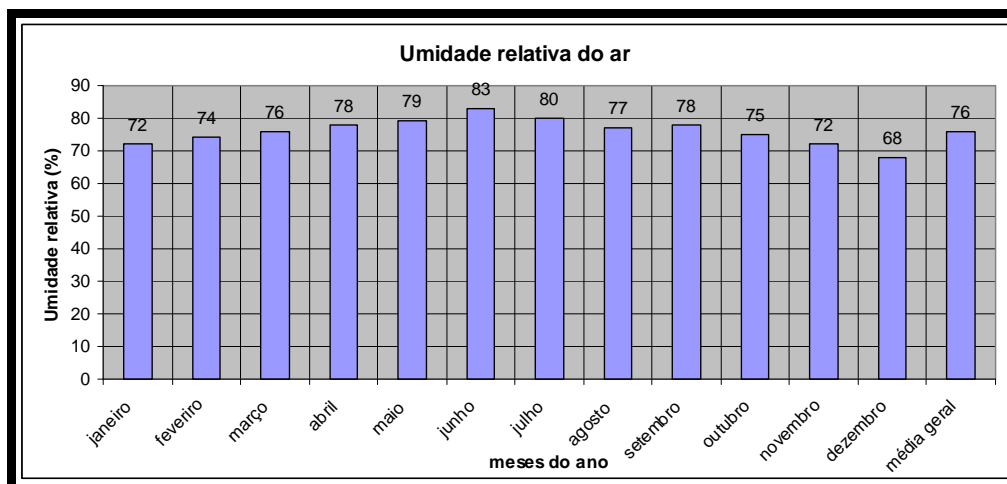


Figura 3.6.- Média da umidade relativa do ar para a Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).

3.8.- Evaporação

Os dados de evaporação indicam que a coluna de água evaporada anualmente perfaz o total de 915,4 mm. Os meses com maior evaporação são os do final da primavera e os de verão (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro), com o máximo de 134,2 mm em janeiro (período de observação: 1931-1974). (Rio Grande do Sul, 1989). (Figura 3.7).

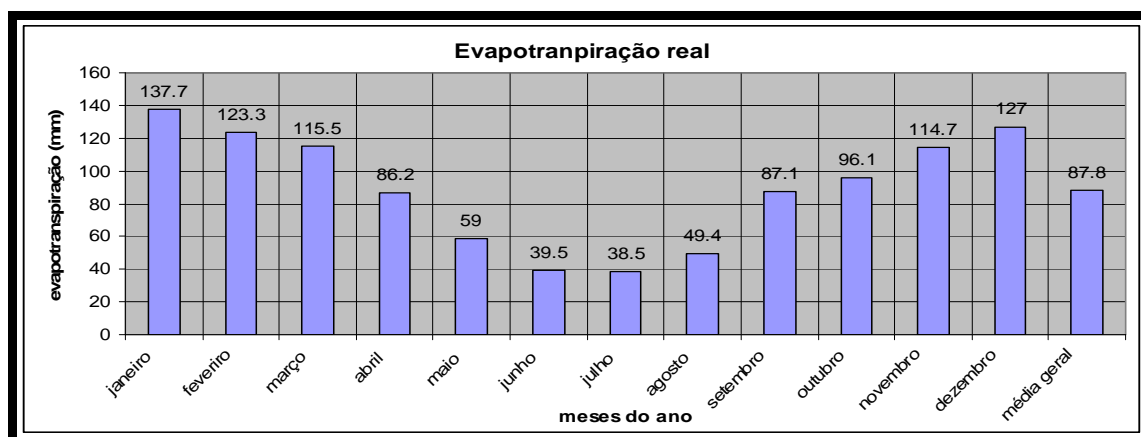


Figura 3.7. – Representação gráfica da evaporação mensal média na Bacia do Rio dos Sinos, período de 1931-1974. Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989).

3.9.- Relevo

A área situa-se na borda leste do Estado, em zona de transição entre o Planalto Riograndense e a Depressão Central Gaúcha (DCG), IBGE (1986), na borda da Bacia do Paraná.

O relevo caracteriza-se por um platô remanescente do planalto, limitado por encostas íngremes ao norte e ao sul, sobre o qual se situam as áreas urbanas. As cotas variam de 30 m no Arroio Feitoria até 300 m no limite oeste da cidade de Ivoti.

A rede de drenagem natural é divergente em relação ao platô basáltico, com intensa dissecação e relevo de ondulado a montanhoso. (Figura 3.8).

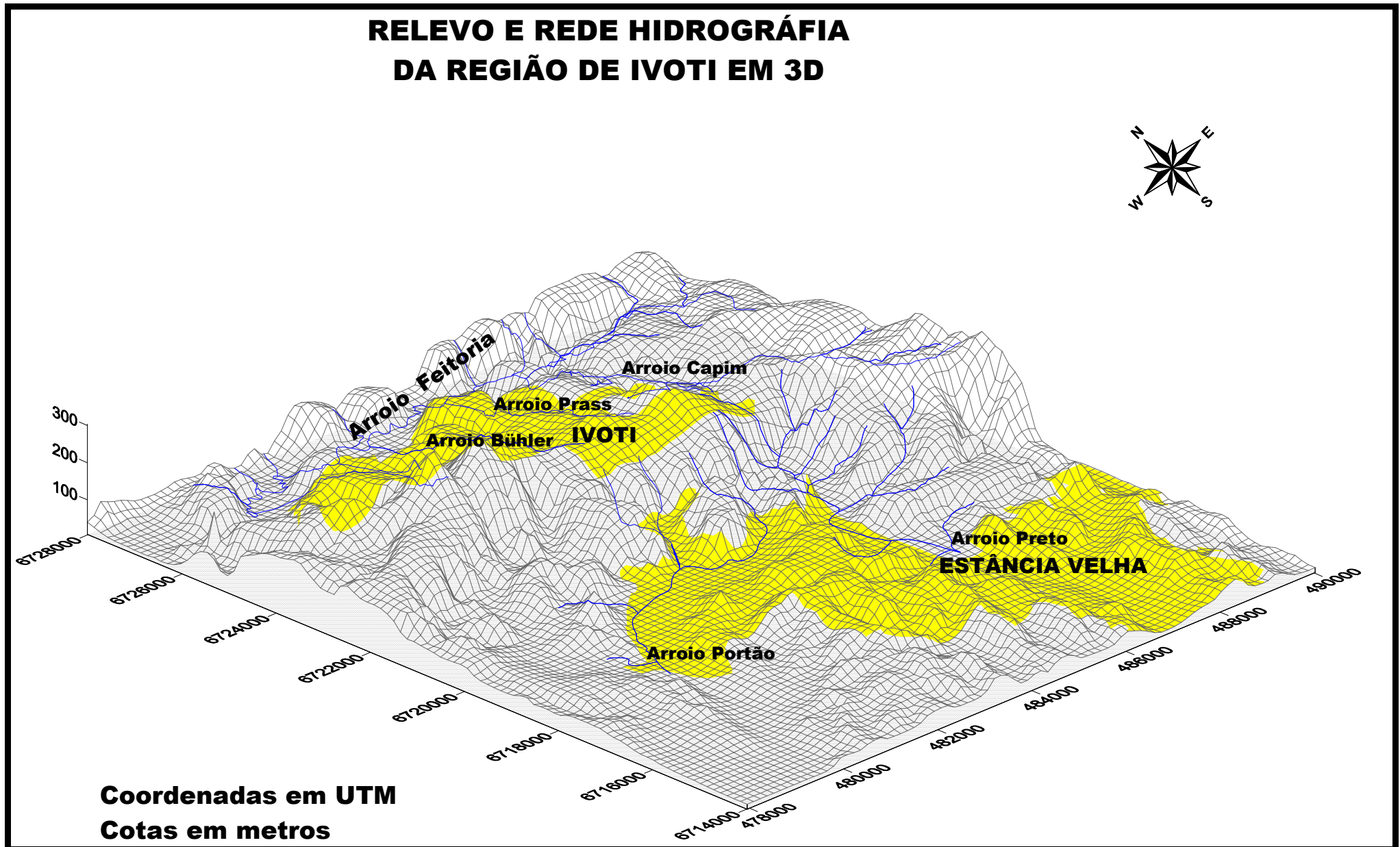


Figura 3.8. - Relevo da área de estudo. Destaque em amarelo: a mancha urbana de Ivoti e de Estância Velha.

3.10.- Rede Hidrográfica

A rede hidrográfica na área de estudo tem como característica a de ser um divisor de águas superficiais entre a Bacia do Rio Caí, na parte norte da área de estudo, e a Bacia do Rio dos Sinos, na parte sul.

O principal curso de água pertence à Bacia do Rio Caí, correndo no sentido leste-oeste, no limite norte da área, com a denominação de Arroio Feitoria, e adentrando o município por uma queda de água que alimentava uma pequena central elétrica (PCH). Os tributários da margem esquerda drenam o núcleo urbano de Ivoti, sendo denominados, por ordem, Arroios Capim, Prass e Bühler. Os Arroios Portão e Preto estão na metade sul da área de estudo e são tributários da margem direita do Rio dos Sinos.

Os corpos de água são de pequeno porte, alguns intermitentes, com problemas graves de qualidade em decorrência dos lançamentos dos efluentes domésticos das cidades de Ivoti e Estância Velha e de efluentes industriais de atividades relacionadas principalmente com a indústria coureiro-calçadista, (Figura 3.9).



Figura 3.9.- Arroio Feitoria, (margem esquerda do Rio Caí), nas proximidades da Ponte do Imperador, em Ivoti.

3.11.- Solos

Há ocorrência de solos Podzólicos vermelho-amarelados, de textura arenosa (argilosa ou mediamente argilosa), associada à de solos Podzólicos vermelho-escuros IBGE (1986). Os solos desenvolvidos sobre as rochas vulcânicas na cidade de Ivoti em geral apresentam pouca espessura. Segundo a nomenclatura recomendada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA, o solo da área de estudo é classificado como Argilosolo Vermelho-Amarelado IBGE (2003).

3.12.-Cobertura Vegetal

De acordo com IBGE (1986), a cobertura vegetal desta área de antiga colonização alemã, hoje com raros agrupamentos florestais originais em face do intenso desmatamento para fins agrícolas, industriais e urbanos.

IV. – MÉTODO E TÉCNICAS

A evolução dos conceitos de sustentabilidade, em geral, esteve sempre ligada à percepção da necessidade de preservação dos recursos naturais para a garantia da sobrevivência humana. Esta noção da natureza como um “recurso” para uso humano está claramente presente em conceitos encontrados na revisão bibliográfica, como os abaixo citados:

- Atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de que futuras gerações possam atender as suas *WECD* (1987) -*WECD – World Comission on Environment and Development - 1987*.
- O uso dos recursos hoje não deve reduzir a sua disponibilidade futura. Markandya e Pearce (1988).

Estes conceitos são característicos de tentativas de definição de sustentabilidade, conduzidas predominantemente no sentido do crescimento econômico ambientalmente sustentável. Por outro lado, a análise da sustentabilidade ambiental de forma ampla, envolvendo todos os ciclos e elementos inerentes ao ecossistema, é uma visão sistêmica que começa a surgir através de alguns autores como:

- Incrementar a qualidade da vida humana dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas, Montaigne (2002).
- Crescimento econômico que provê condições justas e oportunidades iguais a todos os povos, sem privilegiar alguns poucos, respeitando a capacidade de suporte do ambiente natural e sem destruir os seus recursos finitos, Pronk & Haq (1992).

Ambos os enfoques não são excludentes e, embora a análise ampla e sistêmica da sustentabilidade ambiental possa atingir níveis de extrema complexidade, esta é uma meta central a ser atingida pelos estudos ambientais, com vistas a harmonizar a interação antrópica com a natureza, sendo uma das atuais fronteiras de pesquisa nesta área de conhecimento.

Neste sentido, a concepção da abordagem metodológica aqui adotada, buscou associar a análise da redução de recursos hídricos para o abastecimento público com a função ambiental das águas subterrâneas, principalmente em relação à manutenção do ecossistema aquático superficial. Uma alternativa de encaminhamento desta análise foi identificada através da proposta de balanço de massa de Kalf & Woolley (2005), conforme apresentado no diagrama da (Figura 4.1).

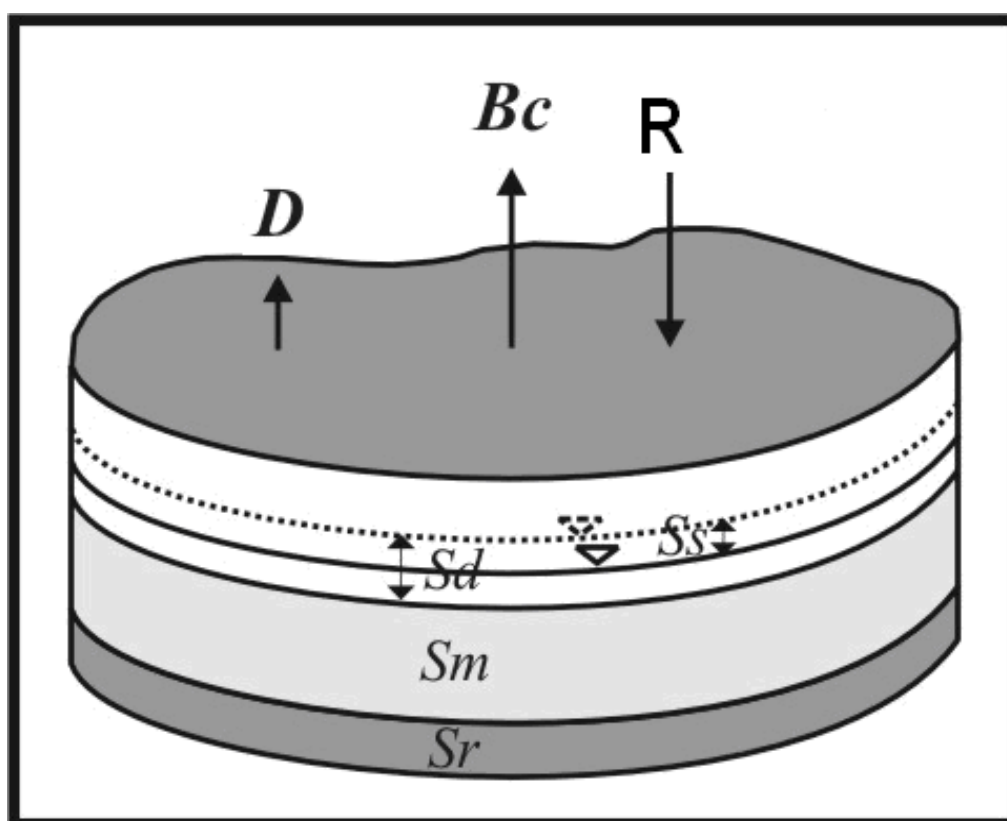


Figura 4.1- Balanço de massa de um aquífero segundo Kalf & Woolley (2005), com as condições de armazenamento dependentes das taxas de bombeamento (**Bc**), Descarga natural (**D**). Recarga (**R**). Os demais elementos representados são: (**Ss**) - condição de armazenamento sustentável, onde as reservas permanentes estão preservadas e as reservas reguladoras em equilíbrio com o bombeamento+descarga; **Sd** – condição de depleção do armazenamento, onde as reservas permanentes estão no limite do equilíbrio dinâmico com o bombeamento+descargas; **Sm** – condição de armazenamento em situação de mineração, onde o aquífero cede suas reservas permanentes sem que haja tempo para a sua recuperação; e **Sr** – condição extrema extração desequilibrada, onde não mais é possível a recuperação das reservas.

Tratando-se de uma abordagem quantificada, algumas questões inerentes ao conceito amplo de sustentabilidade poderão ser aproximadas pelo método adotado, tais como:

- Quais serão as necessidades das gerações futuras e como poderemos ter certeza de não comprometê-las?
- Qual a capacidade de suporte do ambiente natural? Como determinar estes limites de sustentabilidade para os diversos ecossistemas?
- Serão estes limites temporalmente invariantes? Em que escala de tempo devem estes ser analisados?

Não se espera responder em definitivo a todas estas questões, as quais fazem parte de um universo amplo e complexo, entretanto, tem-se em vista a construção de um instrumento de análise ambiental para águas subterrânea, o qual possa ser utilizado para os objetivos específicos desta pesquisa, como também seja passível de aprimoramento e integração futura em análises sistêmicas mais complexas.

Com este enfoque, verificou-se a necessidade de caracterizar o sistema aquífero nos seus condicionantes estratigráficos, tectônicos e hidrogeológicos, avaliando-se a sua interrelação com as dinâmicas antrópicas e das variações climáticas decorridas nestes últimos 34 anos. Para isto, concebeu-se uma abordagem em que estes fatores pudessem ser alvo de uma modelagem numérica, apoiando desta forma a análise de distintos cenários através do tempo e do espaço geográfico. Uma visão sintética da abordagem adotada é apresentada na (Figura 4.2).

A abordagem genérica (Figura 4.2.) foi materializada e subdividida em quatro etapas metodológicas principais (Figura 4.3), cujas técnicas de análise, dados de entrada, processos, produtos e “softwares” utilizados, estão detalhados no (Quadro 4.1).

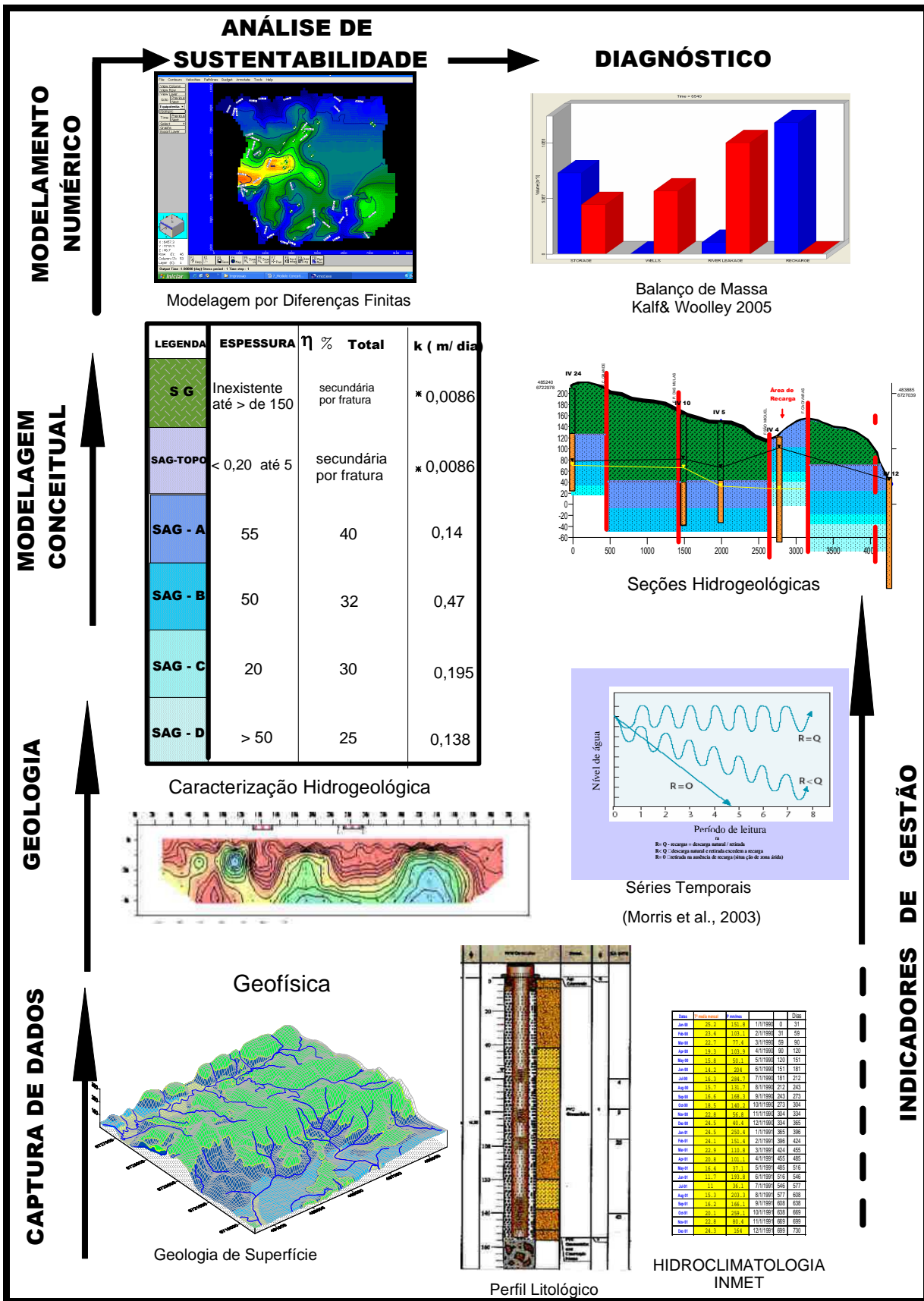


Figura 4.2.- Concepção metodológica.

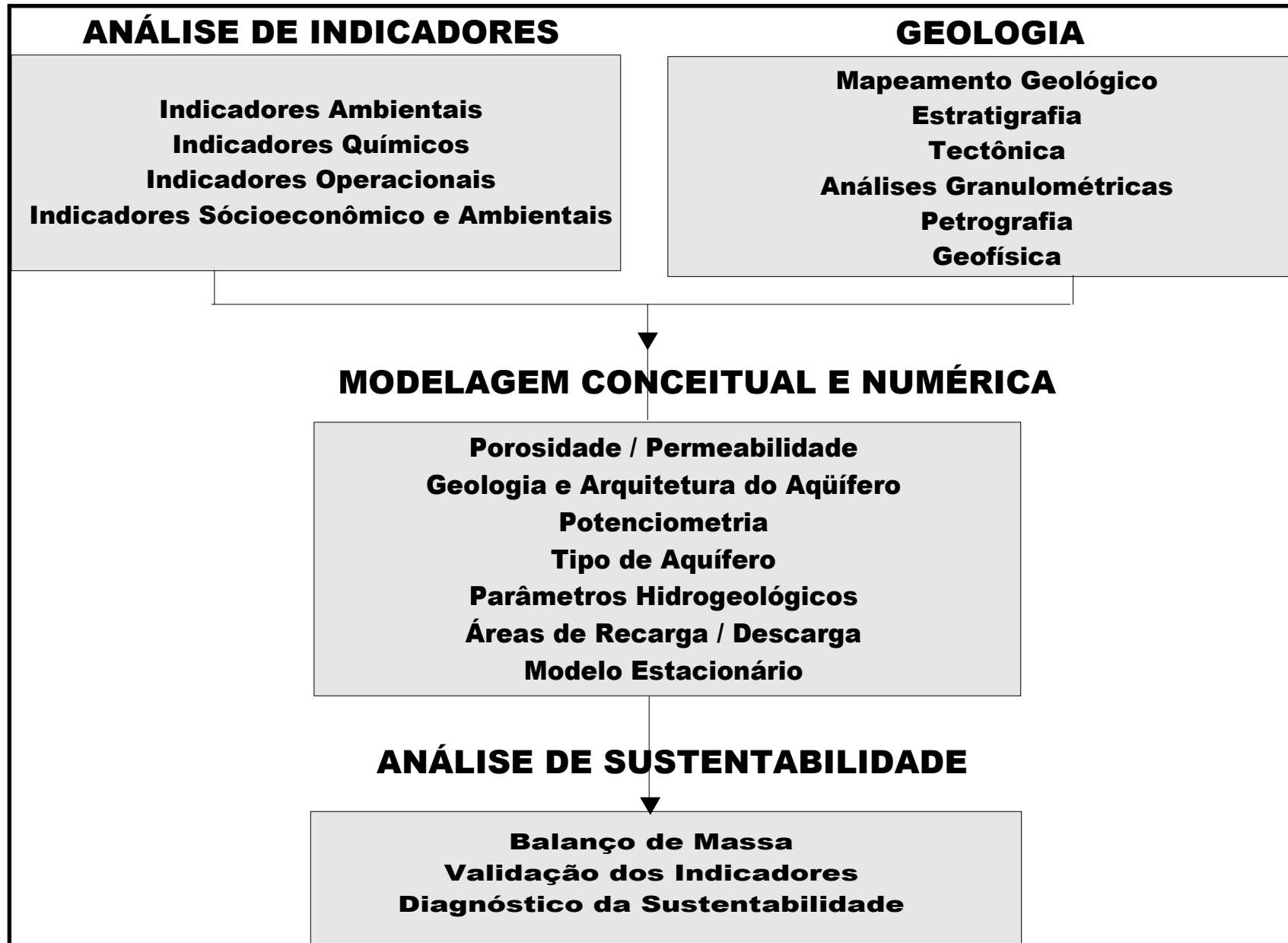


Figura 4.3.- Etapas principais da seqüência metodológica adotada.

<p>- Indicadores Sócioeconômicos e Ambientais</p>	<p>- Quantidade e Qualidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais</p>	<p>- Software ZEEBRA modificado de Hansen (2000)</p>
<p>Geologia</p>	<p>- Identificação das Camadas do SAG</p> <p>- Mapeamento</p> <p>- Análises Granulométricas</p> <p>- Petrografia</p> <p>- Identificação da base do SAG-Ivoti</p> <p>- Camadas Estratigráficas da área de Ivoti</p> <p>-Tectônica</p> <p>- Seções Geoelétricas</p> <p>- Seções Geológicas</p>	<p>- Perfilagem Geofísica (LOG de poço)</p> <p>- Trabalho de Campo</p> <p>- Coleta de amostras em afloramentos do SAG;</p> <p>-Laboratório de Sedimentologia (Análises Granulométricas, com hexametáfosfato de sódio)</p> <p>- Coleta de amostras; Lâminas Delgadas Descrição em microscópio eletrônico, registros fotográficos em microscópios eletrônicos</p> <p>- Sondagem Elétrica Vertical</p> <p>- Esquema de códigos Kostic et al., (2005)</p> <p>-Fotos Aéreas; Revisão Bibliográfica; (Gabaglia e Milani 1990; Machado 2005);</p> <p>- Eletroresistividade, Trabalho de campo, SURFER</p> <p>-Perfil Litológico; Modelo Numérico do Terreno; SURFER; Esquema de códigos, <i>Kostic et al.</i>, (2005)</p>
<p>Modelagem Conceitual e Modelagem Numérica</p>	<p>- Análise de Porosidade</p> <p>- Parâmetros Hidrogeológicos</p>	<p>- Revisão Bibliográfica: Freeze and Cherry (1979); Método Volumétrico Fetter (2001) e Triângulo de classificação (Johnson, 1967).</p> <p>- Banco de Dados da CORSAN; Cálculo dos Ensaios de Bombeamentos (métodos de Theis, Cooper & Jacob e de recuperação com “software” Aquifer Test Pro</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Coluna com as Camadas Hidroestratigráficas - Seções Hidrogeológicas - Mapa Topoestrutural - Balanço Hídrico - Modelo numérico Estacionário 	<ul style="list-style-type: none"> - SURFER; - SURFER; - Cálculo com Planilha Excel método de (Thornthwaite,1948). Fonte: (Rio Grande do Sul, 1989). - MODFLOW
Análise de Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de séries históricas de precipitação e bombeamento e consideração das mesmas em modelagem numérica não Estacionária - Análise de variação das reservas hídricas subterrâneas do SAG - Análise das recargas superficiais e sua relação com as precipitações pluviométricas - Análise das descargas do SAG para rede de drenagem superficial - Análise das taxas de bombeamento sustentável 	<ul style="list-style-type: none"> Séries históricas de precipitação pluviométricas Séries históricas de bombeamento da água subterrânea -MODFLOW

Quadro 4.1. – Etapas, dados, processos, resultados, técnicas software utilizados

As etapas consideradas compreendem:

Captura de Dados - levantamentos, seleção e coleta de dados geológicos, hidrogeológicos, dos perfis litológicos e construtivos dos poços tubulares e os dados de monitoramento dos poços em bombeamento, e das análises físico-químicas;

Análise de Indicadores – variação da reservas subterrâneas, depleção das superfícies potenciométricas, variações hidroquímicas, indicadores operacionais, e indicadores sócioeconômicos e ambientais;

Geologia – Mapeamento geológico de superfície, estratigrafia, petrografia, tectônica, geometria e heterogeneidades do reservatório.

Modelo Conceitual e Numérico – características físicas decorrentes do contexto geológico, interação do reservatório com as variações climáticas e dinâmica antrópica,

parâmetros hidrogeológicos, potenciometria, áreas de recarga e demais condições de contorno. Discretização do reservatório, elaboração e calibração de modelo numérico estacionário.

Análise da Sustentabilidade – Análise espaço-temporal de variação de reservas, entradas e saídas do reservatório subterrâneo através de modelo numérico não-estacionário.

A primeira etapa foi elaborada com dados existentes, organizando-os e consistindo-os para facilitar a execução das etapas seguintes, bem como para complementação de informações faltantes e essenciais ao trabalho. Foram examinados indicadores de sustentabilidade, com a utilização das informações do monitoramento do bombeamento e da qualidade de água subterrânea.

A seguir, na segunda etapa, procedeu-se o mapeamento geológico de superfície. Para análise subsuperficial foram utilizados vinte perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN, correlacionando-os com as informações do Mapa Geológico CPRM (2008). Foram realizadas análises granulométricas, perfilagem geofísica, análises petrográficas, identificando-se as unidades hidroestratigráficas e os critérios geológicos a serem utilizados na modelagem conceitual do SAG.

Na terceira etapa foi elaborado o modelo conceitual do aquífero, a partir da determinação dos parâmetros hidrogeológicos, das áreas de recarga e descarga, e reconhecimento das condições de contorno. O volume das recargas foi obtido conhecendo-se o valor correspondente da precipitação média de um período de 47 anos de observação, (Rio Grande do Sul, 1989), pelo cálculo do Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite, (1948).

A identificação das zonas de recarga direta, e zonas de recarga indireta foram delimitadas com base no mapeamento geológico, afloramentos do SAG e afloramentos da Formação Serra Geral, respectivamente. Estas zonas foram identificadas como porosidades primárias e de porosidades secundárias. Os parâmetros de transmissividade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento para as zonas de porosidade primária, foram obtidos com os registros dos ensaios de bombeamento dos poços da CORSAN. Finalmente, elaborou-se o modelo numérico estacionário para o SAG, o qual foi calibrado a partir dos níveis estáticos observados nos poços tubulares.

A última etapa consistiu da análise de sustentabilidade, a qual foi realizada a partir do modelo não estacionário, considerando três cenários distintos de bombeamento:

- sem bombeamento
- bombeamento dos 23 poços da CORSAN
- bombeamento de 86 poços tubulares.

Estas análises foram possíveis devido à existência de dados operacionais da CORSAN, relativos aos níveis de água, vazões, tempo de funcionamento e qualidade da água subterrânea dos poços tubulares. Os poços tubulares cadastrados são apresentados na figura 4.4.

A seguir são detalhadas as etapas metodológicas.

4.1.- Captura de Dados

Nesta etapa foram coletados os dados existentes para a área em estudo iniciando pelos documentos dos poços tubulares como os perfis litológicos e construtivos, os registros de bombeamento e do monitoramento, os registros dos ensaios de bombeamento, as análises físicas químicas das águas subterrâneas. Concluída esta etapa, a seguinte foi à busca da complementação das informações com saídas de campo para a identificação dos contatos estratigráficos, de coleta de amostras para análises granulométricas, e a realização de ensaios de geofísica.

Os dados relativos aos poços tubulares com os detalhes construtivos, localização, dados hidráulicos como vazão, níveis de água profundidade da moto bomba submersa, foram obtidos nos bancos de dados da CORSAN, CPRM, HIDROGEO e TECNIPOÇOS. Os dados de monitoramento e bombeamento foram obtidos somente nos poços da CORSAN.

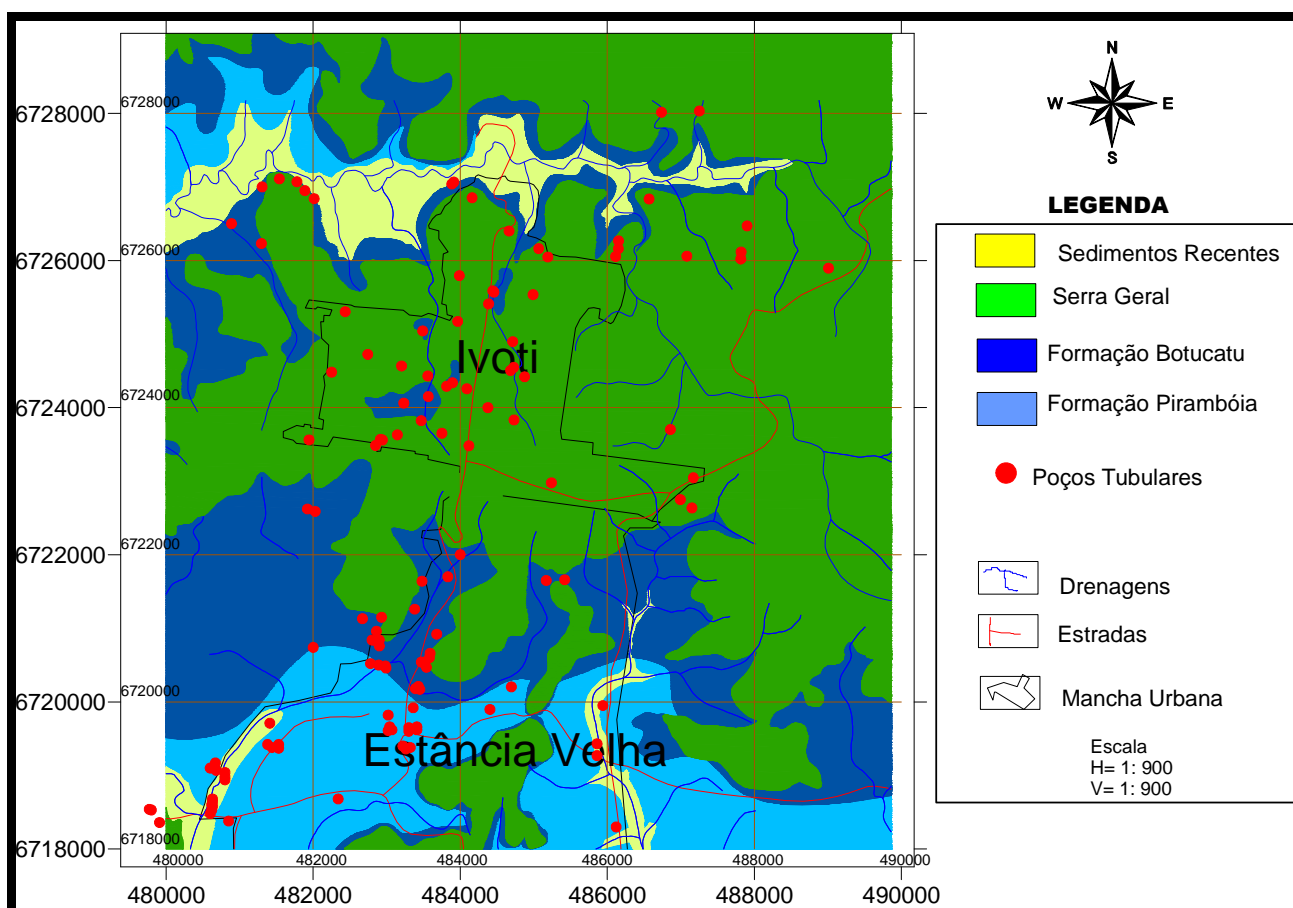


Figura 4.4.- Cartograma com os poços tubulares (vermelho) e a área de modelagem numérica (poligonal preta).

Para a caracterização estratigráfica e hidrogeológica foram utilizados trabalhos existentes como: Mapa Geológico do Rio Grande do Sul Carraro et al., (1974); Mapa Geológico do Rio Grande do Sul DNPM (1989); Mapa Geológico do Rio Grande do Sul CPRM (2008); Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul Hausman (1965); Mapa das Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul Hausman (1995); Mapa do Aquífero Gigante do Mercosul, Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai Araújo et al., (1995); Mapa Hidrogeológico do Aquífero Guarani, Campos (2000); a tese Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidrogeológico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul, Machado (2005); e do Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, CPRM (2005).

Os dados hidrológicos de precipitação na Bacia do Rio dos Sinos foram pesquisados no Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul, e nos registros do INMET do Posto Hidrometeorológico de Campo Bom.

Foram selecionadas para esta etapa também as fotos aéreas na escala de 1:60.000 para delinear os contatos estratigráficos e avaliação da tectônica.

4.2.- Análise de Indicadores

4.2.1.- Indicadores Ambientais

Os indicadores ambientais foram desenvolvidos a partir de em uma revisão bibliográfica destacando-se trabalhos como os de (Frezze & Cherry 1979; Foster et al., 1991, OEA 2001; ANA 2001; Custódio 2002; IBGE 2003; Morris et al., 2003; Muñoz 2003; Kulkarmi et al., 2004; Kalf & Woolley 2005; UNESCO 2006).

Para o desenvolvimento dos indicadores foi utilizando o Banco de Dados de Operação e Poços tubulares da CORSAN do período de 1990 até novembro de 2007, bem com o resultado das análises físico-químicas de dois períodos de tempo, o primeiro quando da conclusão do poço, para comparar com os parâmetros nos mesmos poços de 2003.

Para o cálculo das recargas foi utilizado o método denominado de recarga por infiltração Allen (1994), avaliadas em função das médias das precipitações de uma isócrona de 47 anos, registros constantes no Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul do Instituto de Pesquisas Agronômicas, Rio Grande do Sul (1989). O balanço hídrico foi calculado utilizando-se uma planilha de cálculo do programa Excel, elaborada pelo professor Hansen em 2006, utilizando o método de Thornthwaite, (1948).

Para as estimativas de volume das recargas, foi utilizada a área correspondente ao polígono do modelo matemático, por um percentual correspondente a 15% das médias das precipitações obtidas no cálculo do balanço hídrico. Os fatores decorrentes dos efeitos da topografia, e do uso e ocupação do solo que determinam à relação de maior ou menor infiltração / escoamento superficial, não foram considerados.

A infiltrabilidade tem a dimensão de uma permeabilidade, a qual é referida em m/s, cm/s ou m/dia, cm/dia ou mm/dia, e a intensidade da precipitação tem a dimensão de uma altura de lâmina de água por unidade de tempo, sendo referida, quase sempre, em termos de mm/ano, mm/ mês, mm/dia ou mm/hora, Rebouças et al., (2002).

As ferramentas destinadas a avaliar, monitorar e diagnosticar o uso do aquífero foram agrupadas em:

- **Variação das reservas subterrâneas**, cálculos analíticos para a avaliação; das reservas permanentes (**R_p**), das reservas ativas (**R_a**), das taxas de bombeamento (**B_c**), do tempo de residência (**T_r**), e da taxa de bombeamento sustentável, isto é 25 % das reservas ativas (**R₂₅**);
- **Depleção da Superfície Potenciométrica**, indicador que permite avaliar a depleção das superfícies potenciométricas de pelo menos dois períodos de tempo em um aquífero com bombeamento continuado, obtido através dos resultados das leituras dos níveis estáticos detectados nos poços da CORSAN, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de álgebra de mapas dos dois períodos de tempo sendo o primeiro entre os anos de 1993 - 1997, e o segundo do ano de 2003, conforme Heine et al, (2005);
- **Variações Hidroquímicas**, elaborados com o resultado das análises físico-químicas das águas subterrâneas, onde foram comparados dois períodos de tempo sendo o primeiro o da conclusão da perfuração dos poços e a segunda do ano de 2006. (Anexo V), para avaliar área de recarga, tempo de renovabilidade, indicador do padrão de qualidade, ou classificação geral água do reservatório utilizando o diagrama de Piper (1944), para o indicador do tipo de reservatório se de zona livre de conectividade ou confinado;

4.2.2.-Indicadores Operacionais

Estes dois indicadores expressos graficamente foram elaborados com os resultados das análises da operação e monitoramento dos poços da CORSAN (Anexo II), e foram denominados de indicador de depleção das taxas de bombeamento, avaliando o volume das recargas com as taxas de bombeamento, Morris et. al, (2003), e o de colapso de bombeamento, quando o nível dinâmico do poço coincide com a profundidade de instalação do grupo moto bomba submerso. Muñoz et. al, (2003).

4.2.3.- Indicadores Integrados Socioeconômicos e Ambientais

Indicadores analisados com elaboração de questionários e respostas a um banco de dados relacional, sobre aspectos sócioeconômicos e ambientais, modificado de Hansen (2001). Anexo IV.

4.3.- Geologia

- **Análise Estratigráfica**

Para o conhecimento do meio poroso do aquífero e suas subdivisões foram utilizados os perfis litológicos dos poços tubulares resultantes da descrição de 4.700m de amostras de calha descrições pertencentes à litoteca da CORSAN. A identificação das quatro camadas com suas respectivas espessuras foram feitas por geofísica, ou LOG do poço COR IV 28, que foi tomado como referência às correlações tanto lateral, quanto vertical na confecção das seções geológicas e hidrogeológicas, bem como na discretização do modelo matemático.

- **Tectônica**

Para a identificação dos principais alinhamentos como efeitos da tectônica na área de estudo, foram utilizadas fotos aéreas na escala de 1: 60.000, com a elaboração de um diagrama de rosetas, que foi comparado com outro diagrama elaborado com o resultado de mesma avaliação, porém em escala regional utilizando a imagem de satélite da Bacia dos Sinos na escala 1: 250.000. Estes dois diagramas foram comparados com os resultados de levantamentos eletromagnéticos realizados na Bacia do Paraná, Gabaglia e Milani (1990), para validar os alinhamentos identificados em escala local e regional sendo após, transferidos para o Mapa Geológico. A geofísica, de eletroresistividade, foi realizada para se obter a confirmação, ou ainda identificação de novos alinhamentos da fotointerpretação.

4.4.- Modelagem Conceitual e Numérica do SAG em Ivoti

4.4.1.- Modelagem Conceitual

A definição da arquitetura do reservatório inicia com a elaboração de uma base cartográfica com a digitalização da Folha de Novo Hamburgo – SH-22.V-D-2, escala 1:50.000 do serviço geográfico do exército de 1975. Foram gerados o modelo numérico do terreno (MNT), e *layers* com as informações cartográficas, e *layers* com as informações resultantes do mapeamento de campo como os contatos estratigráficos para a confecção do mapa geológico da área de estudo. As coordenadas lidas foram com um GPS de mão, utilizando como datum horizontal o SAD 69, e o vertical porto de Imbituba Santa Catarina.

A definição do limite superior do SAG foi obtida identificando-se as cotas do contato da Formação Botucatu com a Formação Serra Geral nos perfis litológicos dos poços tubulares, e das cotas lidas nos contatos estratigráficos das saídas de campo. Toda esta informação foi gerada e transferida para um banco de dados com elaboração de *layer* correspondente ao topo do SAG. A topografia segundo Freeze & Cherry (1979), dependendo de sua configuração controla o sistema de fluxo, que pode ser predominantemente horizontal quando se verifica em decorrência do fator relevo que as recargas principais ocorrem em área elevadas, estão muito próximas da região de descarga nos vales adjacentes.

A base do reservatório foi convencionalizada como sendo menos trinta tendo como referência o nível do mar, por ser nível seguro de circulação de água subterrânea, pois em nenhum dos poços cadastrados os níveis de água níveis dinâmicos (ND), alcançaram esta profundidade.

4.4.2.- Parâmetros Hidrogeológicos

Para a avaliação das porosidades foram comparados três métodos:

(1) coletas de amostras em afloramentos do SAG (Figura 4.5), com cilindro cortante de volume conhecido, para o cálculo das porosidades pelo método volumétrico. Fetter (2001);

(2) Análises Granulométricas das amostras coletadas (Anexo I), utilizando como defloculante o hexametáfosfato de sódio, para propiciar uma melhor leitura dos percentuais

correspondente às frações finas (siltes e argilas), e utilizando o método do triângulo de classificação de (Johnson, 1967), (Figura 4.6), Custódio & Llamas, (1976), o lançamento dos percentuais correspondentes aos tamanhos de grão areia, silte e argila;

(3) Estimativas da porosidade pelo tipo de material geológico Freeze & Cherry (1979) e

(4) Estimativas de porosidade por método indireto obtidas na perfilagem do poço COR IV 28.

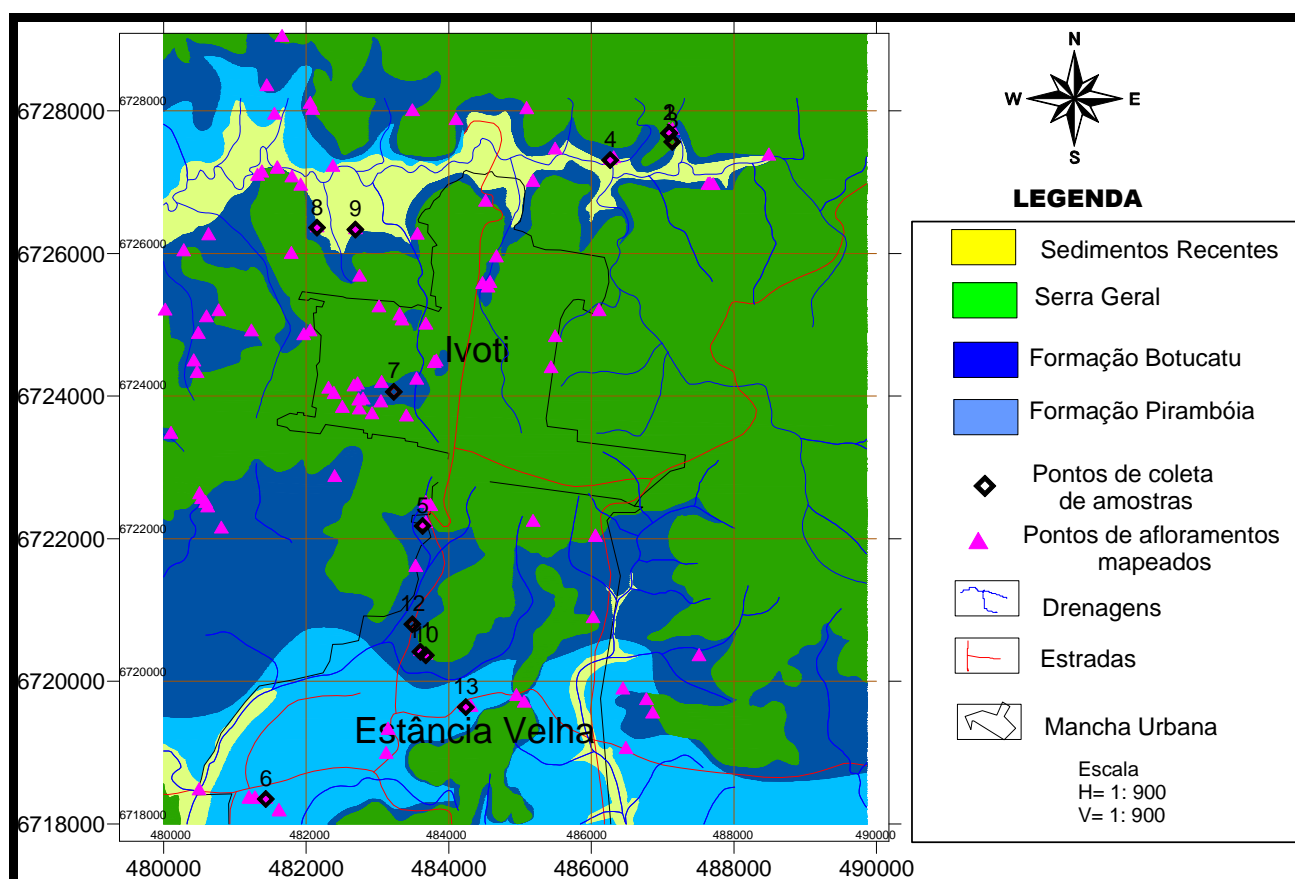


Figura 4.5.- Cartograma com a localização de afloramentos visitados (triângulo vermelho) e pontos de coleta de amostras (losângulo preto).

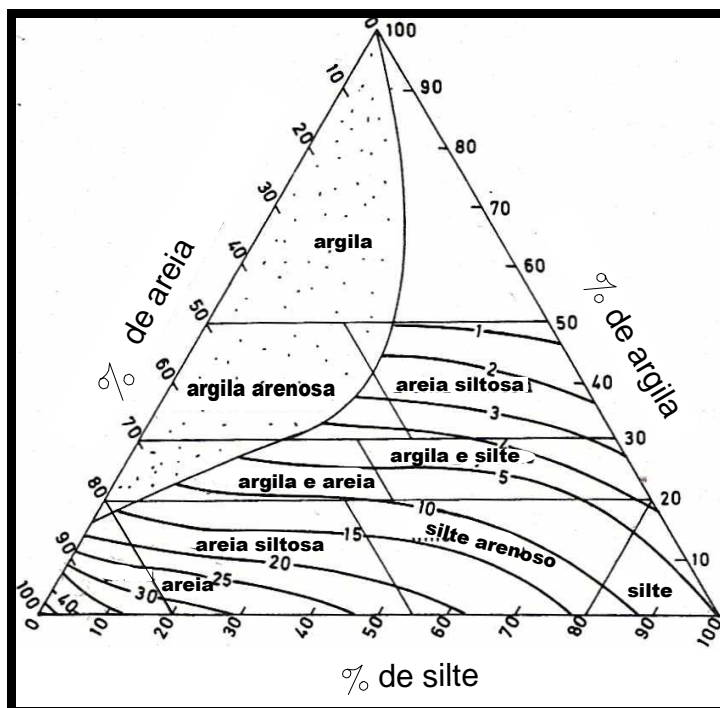


Figura 4.6.- Classificação granulométrica segundo Johnson (1967) em Custódio & Llamas (1976).

Os parâmetros hidráulicos do SAG - Ivoti como transmissividade (T), o coeficiente de armazenamento (S), e condutividade hidráulica (K), bem como a definição da capacidade produtiva dos poços foram obtidos com os resultados dos ensaios de bombeamento de 24 poços ensaiados pela CORSAN. Os resultados para dos ensaios de teste de aquífero e de recuperação foram gerados pelo programa AQUIFER TEST, co-desenvolvido por Thomas Röhrich e pela *Waterloo Hydrogeologic Inc.*, para a interpretação por diferentes métodos; Theis, Cooper & Jacob e de recuperação.

4.4.3.- Modelagem Numérica

Utilizando-se o modelo conceitual do aquífero, e conhecendo-se as taxas de bombeamento (Anexo II), e das taxas recargas (Anexo III), e foi elaborado o diagnóstico de sustentabilidade do uso atual, e validação dos indicadores como ferramentas de gestão. Segundo Vives et al., (2005), a modelagem de um aquífero requer o conhecimento do funcionamento do que se pretende simular, e envolve diversas etapas que estão sumarizadas na (Figura 4.7).

O programa escolhido foi o MODFLOW, desenvolvido pelo *U. S. Geological Survey* (*McDonald and Harbaugh, 1988*), na versão “amigável”, denominada *Visual MODFLOW Pro 3.0*, desenvolvida por *Waterloo Hydrogeology Inc.* Utiliza para a solução das equações de fluxo de um algoritmo numérico as diferenças finitas.

O modelamento matemático do SAG da área de estudo seguiu o fluxograma da figura 4.7, tendo como ponto de partida o modelo conceitual, que foi calibrado, fase esta denominado de Modelo Estacionário os *Steady State*, onde é eliminada a derivada da função tempo, faz-se isto considerando o coeficiente de armazenamento igual à zero, neste modelo também as taxas de bombeamento são nulas.

4.5.- Análise da Sustentabilidade

Com a utilização do modelo não estacionário, foi feita a análise da sustentabilidade, com a função tempo, que adquire um fator fundamental. Foi para isto necessário lançar as taxas de bombeamento, os níveis de água monitorados, e as recargas.

O período de tempo analisado foi do ano de 1990 até novembro de 2007, com a concepção de três cenários distintos para avaliar e validar as condições de sustentabilidade do aquífero. As informações de recarga foram obtidas com dados observados no posto meteorológico do INMET de Campo Bom, por ser o mais próximo da área de estudo.

4.6.- Equipamentos e “Softwares” Utilizados

- Na compilação de dados e processamento: computador AMD-Athlon de 1,2 GHz, com 512 Mb, RAM e HD 80 Gb, e *pendrive* de 1Gb. Utilização dos programas da *Microsoft Office* (*Word e Excel*); *Auto CAD 2000*; *SURFER 8.0* (*GOLDEN SOFTWARE, 2005*); do *Idrisi Clark University*, do *ILWIS 3.0 International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* (ITC), *Aquifer Test Pro*, *AquaChem* e *MODFLOW 2.8* da *Waterloo Hydrogeologic / Schlumberger*; *GWW software* livre da *UNESCO*; e *SURPAC*.

- Laboratório: lupa de mesa *Leitz-Wetzlar*; e microscópio eletrônico da *BH2 OLYMPICUS* da *UNISINOS*, e Laboratório de Sedimentologia de *Rubem Woagan*.

- Nos trabalhos de campo: GPS *Garmin Etrex* 12 canais, máquina fotográfica digital da *SONY*, com resolução 3.2 megapixel, Bússola *Fennel-Kassel*, cilindro de volume conhecido (coleta de amostras).

- Ensaios Geofísicos: ABEM INSTRUMENTS, 1998. Geoelectrical Imaging 2D & 3D – RES2DINV, ver. 3.3 for Windows 3.1, 95 and NT. Rapid 2D Resistivity & IP “inversion using the least-squares method”. By M. H. Loke. ABEM Instruments, P. O. Box 20086, S-161 02 Bromma, Sweden. Paginação irregular.

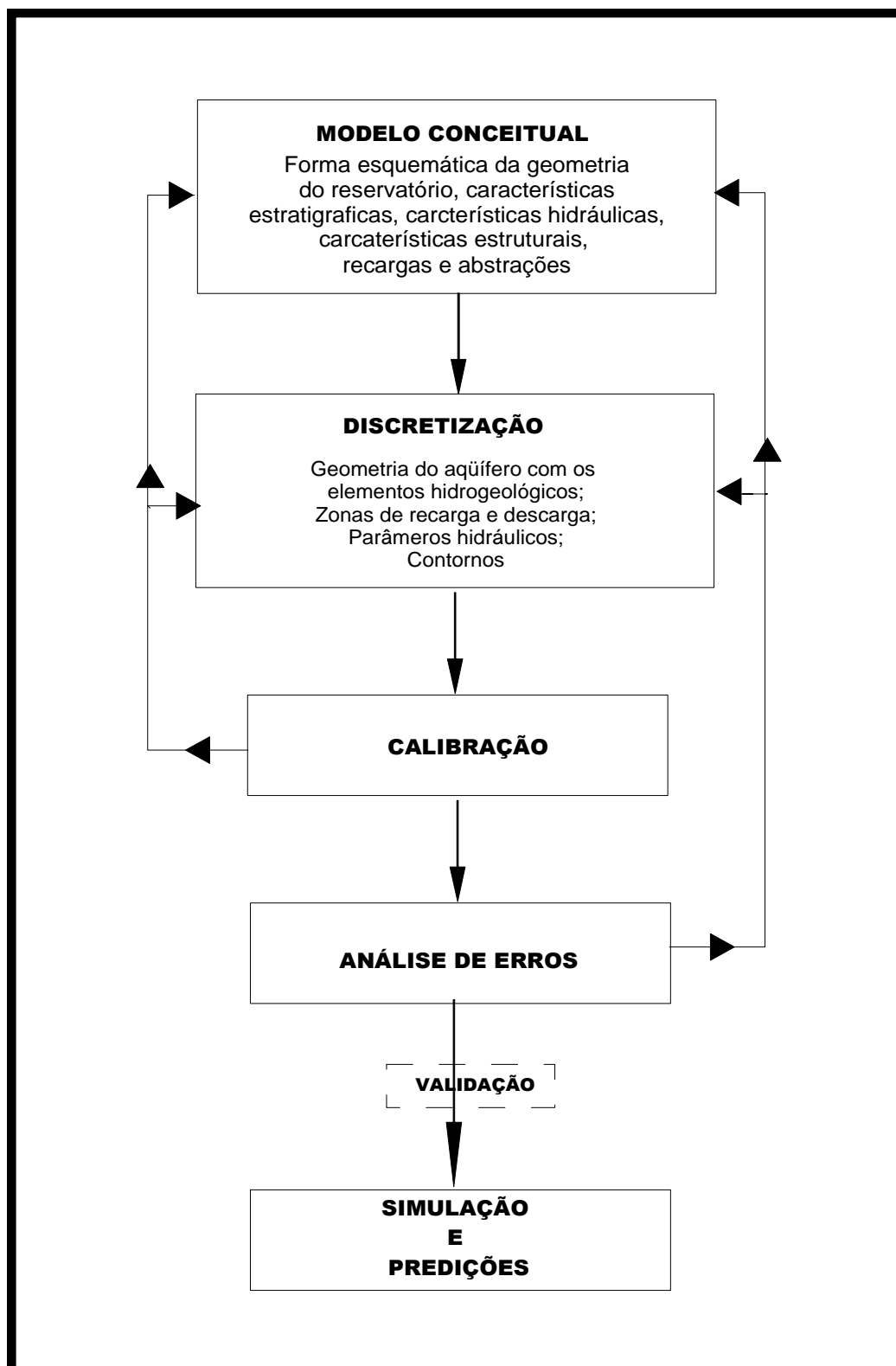


Figura 4.7.- Etapas de modelagem de um reservatório subterrâneo. Modificado de Vives et al., (2005).

V – ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. – Análise de Indicadores

Inicialmente, de acordo com a concepção metodológica adotada, foram recuperadas informações históricas do SAG desde 1973, data do início de sua utilização para o abastecimento público no município de Ivoti - RS. Estes dados subsidiaram a construção de índices ambientais e operacionais, os quais, devido ao seu caráter quantitativo, permitiram uma avaliação temporal da dinâmica do sistema aquífero em face de extração a que este encontra-se submetido desde aquela data.

Visando obter uma percepção ampla do fenômeno em questão, foram também utilizados índices integradores, de forma a associar a demanda social, a pressão econômica e a conseqüente variação da disponibilidade hídrica subterrânea. A utilização destes índices, aqui denominados socioeconômico e ambientais, atendendo a expectativa dos órgãos gestores, visa à identificação e o monitoramento de distintas situações de disponibilidade hídrica x demanda sócioeconômica, bem como a indicação de necessidades de gestão para o uso sustentável das águas subterrâneas.

De forma geral, o conjunto de índices utilizados, daqui em diante denominados indicadores, deveria permitir detectar situações de desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda hídrica, assim como identificar tendências de sustentabilidade ou não sustentabilidade do uso do aquífero. Estes resultados, em seu conjunto, devem indicar a necessidade da adoção de medidas de gestão ambiental e/ou operacional das águas subterrâneas. Com este enfoque, são a seguir analisados indicadores ambientais, operacionais e socioeconômico e ambientais para o SAG em Ivoti - RS.

5.1.1.- Indicadores Ambientais

Como indicadores ambientais foram considerados índices relativos aos fenômenos de depleção da superfície potenciométrica, variações das reservas hídricas subterrâneas e das características hidroquímicas, bem como os reflexos destas variações no ecossistema.

5.1.1.1. – Variação das Reservas Subterrâneas

A dinâmica das reservas subterrâneas, as quais variam inicialmente sob o efeito das recargas e descargas naturais, passa a caracterizar-se por variações de armazenamento em decorrência do início dos bombeamentos Kalf & Woolley (2005). Com vistas a avaliar a magnitude e a tendência de possíveis processos de depleção, recuperação ou estabilidade das reservas permanentes e reguladoras, uma primeira aproximação pode ser obtida pela estimativa das taxas anuais de bombeamento (**Bc**) em Ivoti - RS, conforme apresentado no Quadro 5.1.1.

POÇOS	VAZÕES (hm³ /ano)
Poços da CORSAN (*)	1,435
Poços cadastrados pela CPRM + CORSAN (**)	2,725
Poços unifamiliares (***)	0,008
TOTAL	4,168

(*) Vazões de operação em Novembro / 2007 (17 poços tubulares)

(**) Vazão de referência do cadastro da CPRM + CORSAN com operação de 10h/dia (95 poços tubulares)

(***) 42 poços unifamiliares não constantes do cadastro oficial, com vazão estimada de 0,5 m³/dia.poço e operação.

Quadro 5.1.1.- Estimativa da vazão total anual (**Bc**) extraída do SAG em Ivoti.

Estes dados permitem estimar uma vazão total anual (**Bc**) de $4,16 \times 10^6$ m³/ano, a qual resulta principalmente de alguns poucos poços da CORSAN com vazões significativas (17 poços), bem como inúmeros outros poços cadastrados pela CPRM e CORSAN (95 poços), Anexo V, distribuídos na área de estudo. Os poços cadastrados para abastecimento doméstico

representam uma parcela pouco expressiva do bombeamento total anual, há, entretanto a possibilidade da existência de um grande número de outros poços, os quais não foram ainda cadastrados. Portanto, provavelmente, o bombeamento total anual deve ser significativamente maior do que o até aqui estimado.

As reservas ativas (**Ra**), também denominadas como reguladoras, correspondentes à recarga anual do sistema aquífero, foram estimadas em $6,56 \times 10^6 \text{ hm}^3$, tendo-se utilizado para esta avaliação uma área de abrangência do aquífero da ordem de $51.611.280 \text{ m}^2$ e uma recarga efetiva correspondente a 15% da precipitação anual média. Por sua vez, conforme proposição de Boscardin & Borghetti et al., (2004), considerando a mesma área anterior, uma porosidade efetiva média de 17%, e a espessura saturada média de 89m, as reservas permanentes (**Rp**) foram estimadas em $780,88 \text{ hm}^3$.

A partir destes dados iniciais, pode-se começar a discutir qual seria a taxa de bombeamento sustentável do sistema aquífero, a qual é aceita tradicionalmente como uma parcela da reserva ativa (**Ra**), portanto dependente das precipitações e da recarga anual. Há alguma divergência sobre isto, pois (Rebouças, 1992) citado em ANA (2001), admite que o bombeamento sustentável deva corresponder a 25% a 50% da reserva ativa, enquanto Kalf & Woolley (2005), sugerem valores de 30%, por sua vez Rocha (1997), admite valores da ordem de 25%.

Utilizando o critério mais conservador, conforme Rocha (1997), um panorama geral das reservas e respectivas taxas de bombeamento do sistema aquífero podem ser obtidos. Quadro 5.1.2.

Rp	780,88 hm^3
Ra	6,56 hm^3
Bc	4,16 hm^3
R₂₅/ano	1,64 hm^3

Quadro 5.1.2.- Reservas hídricas e taxas de bombeamento do SAG em Ivoti. (**Rp**=permanente, **Ra**=ativa, **Bc**=bombeamento anual, **R₂₅**=bombeamento anual sustentável)

Os dados estimativos do Quadro 5.1.2. mostram que a taxa de bombeamento total anual (**Bc** = $4,16 \text{ hm}^3$) é atualmente mais de 2,5 vezes superior ao bombeamento sustentável (**R₂₅** = $1,64 \text{ hm}^3$). Esta situação pode implicar na redução das descargas básicas (**Drs**), afetando o

suprimento das nascentes e o próprio o equilíbrio do ecossistema superficial. Ainda, se a taxa de bombeamento anual (**Bc**) e as descargas básicas (**Drs**), em seu conjunto, superarem as reservas ativas (**Ra**), poderá ocorrer redução das reservas permanentes (**Rp**) e a conseqüente depleção da superfície potenciométrica.

Para detecção do fenômeno de depleção potenciométrica utilizaram-se dados multitemporais dos níveis estáticos da água subterrânea. Foram comparados os níveis determinados durante a perfuração dos poços da CORSAN (1973 – 1997) com os níveis reavaliados em 2003 Heine et al., (2005). As superfícies potenciométricas obtidas estão apresentadas nas (Figura 5.1.1 e Figura 5.1.2).

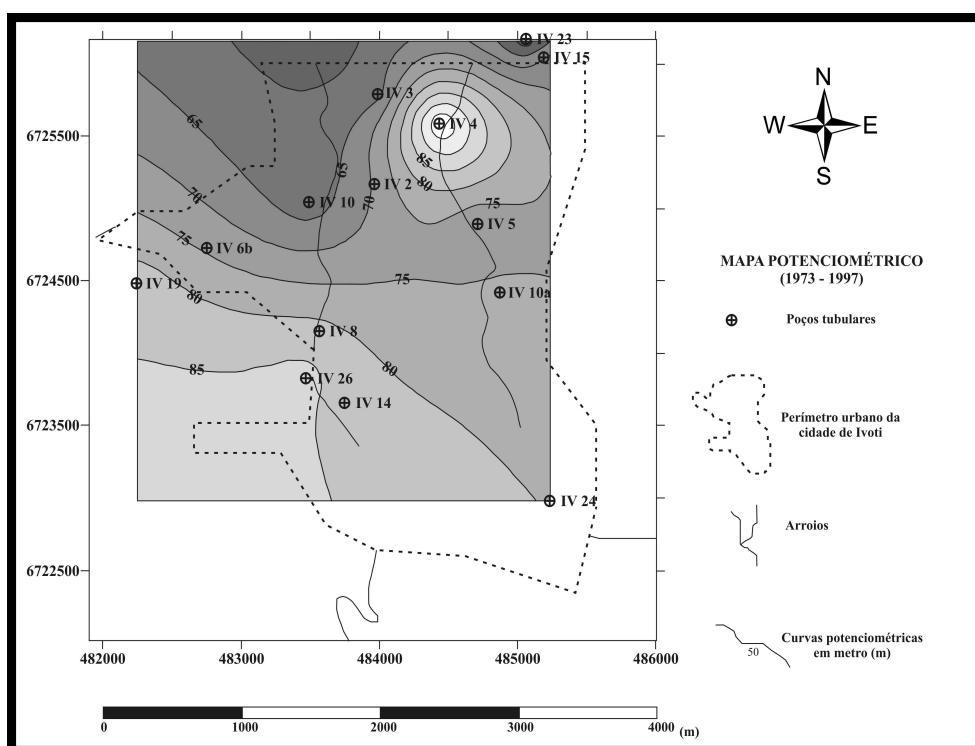


Figura 5.1.1.- Superfície potenciométrica do SAG em Ivoti, dados relativos ao período 1973-1997. Heine et al., (2005)

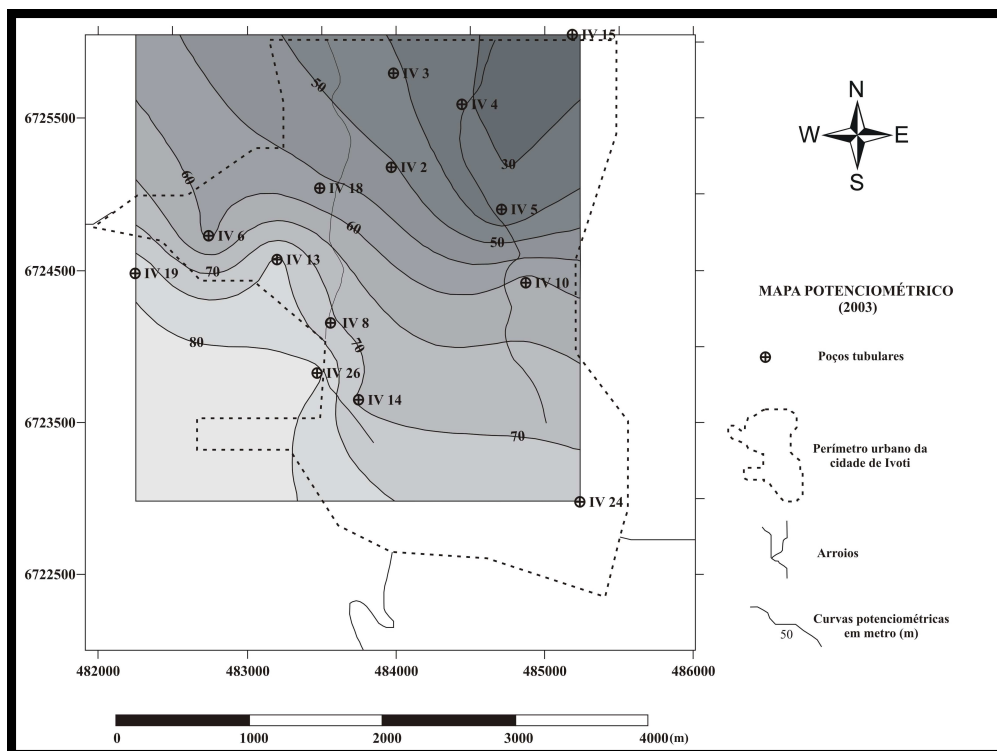


Figura 5.1.2- Superfície potenciométrica do SAG em Ivoti dados relativos ao ano 2003. Heine et al., (2005).

A avaliação multitemporal mostra um sentido geral de fluxo subterrâneo de sudoeste para nordeste, o qual permanece inalterado no período analisado. Declividades da ordem de 2% da superfície potenciométrica (Figura 5.1.2). Uma exceção a este comportamento está na região central de Ivoti proximidade do poço COR IV 4 (Figura 5.1.1), com declividades de até 10%, denotando localizadamente uma alta taxa de bombeamento.

Como esperado, uma vez que a taxa de bombeamento estimado (**Bc**) é provavelmente excessivo, constatou-se uma significativa depleção da superfície potenciométrica. A magnitude deste fenômeno varia desde 5 m a sudoeste até 30 m no setor nordeste. Depleções ainda maiores ocorreram na área de influência dos poços mais antigos (COR IV 4 e COR IV 6), como se observa na (Figura 5.1.3). Estas variações acentuadas, segundo Morris et al., (2003), podem ocasionar inversão local do fluxo subterrâneo, o que realmente ocorreu na área de influência do poço COR IV 4 (Figura 5.1.1 e Figura 5.1.2).

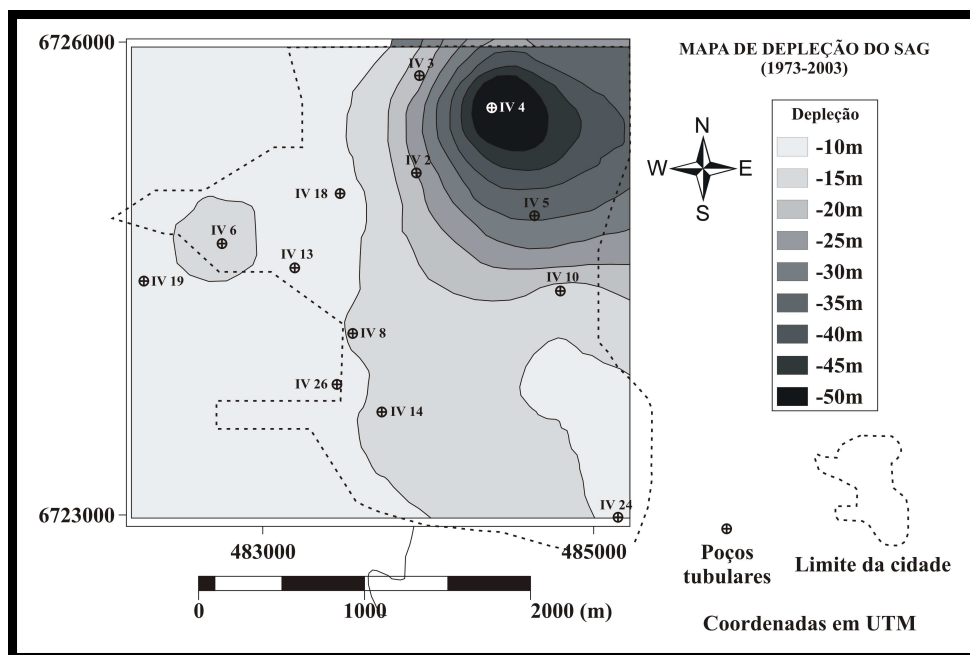


Figura 5.1.3. - Depleção da superfície potenciométrica do SAG em Ivoti. Heine et al., (2005).

A variação das reservas permanentes (**R_p**) foi avaliada conforme a proposição de Boscardin Borghetti et al., (2004), utilizando-se para isto as superfícies potenciométricas obtidas para os períodos 1973-1997 (**R_{p1}**) e 2003 (**R_{p2}**). Utilizou-se uma área-teste de 9.173.241 m², considerando-se uma porosidade efetiva de 17% e uma espessura saturada média estimada em 106m (1973-1997) e 62,6 m (2003). Os valores obtidos (Quadro 5.1.3) indicam, para a área-teste, uma redução de mais de 40% da reserva permanente em um período de 30 anos.

R_{p1}	165,30 hm ³
R_{p2}	97,62 hm ³
R_{p2}- R_{p1}	- 67,68 hm ³
100 (R_{p2}- R_{p1}) / R_{p1}	- 40,9 %

Quadro 5.1.3.- Variação das reservas hídricas permanentes em uma área de referência do SAG em Ivoti. (**R_{p1}**=período 1973-1997, **R_{p2}** = 2003, **R_{p2}- R_{p1}**= variação das reservas)

Estes indicadores mostram que há, sem dúvida, uma exploração excessiva do aquífero, do que resultam uma significativa depleção potenciométrica e a redução progressiva das

reservas hídricas subterrâneas. Apesar destas indicações, a questão da sustentabilidade permanece em aberto, pois não pode ser descartada a hipótese de que o uso atual venha a atingir um estágio futuro de sustentabilidade, mesmo com reserva permanente extremamente reduzida e superfície potenciométrica deplecionada. Esta questão remete a análise a modelos geológicos mais complexos, os quais considerem a geometria e heterogeneidades do aquífero, bem como permitam simulações numéricas do seu comportamento dinâmico, face às recargas naturais ou induzidas e as taxas atuais e futuras de extração.

Seguindo na análise de indicadores, uma estimativa preliminar do bombeamento sustentável pode ser feita a partir dos poços mais antigos. Os poços COR IV 2, COR IV 3, COR IV 4 e COR IV 6, com mais de 18 anos de operação, mostram as maiores depleções e um volume de bombeamento acumulado superior a $7,61\text{hm}^3$. Estes mesmos poços estão entre os de maiores taxas anuais de bombeamento, com vazões iguais ou superiores a $100.000\text{ m}^3/\text{ano}$ (COR IV 3, COR IV 4, COR IV 6, COR IV 14, e COR IV 15) sendo que os poços COR IV 14 e COR IV 15 têm período operacional igual ou inferior a 15 anos. Este comportamento sugere que as maiores depleções potenciométricas podem estar associadas às taxas de bombeamento superiores a $100.000\text{ m}^3/\text{ano}$ durante períodos operacionais superiores há 15 anos (Figura 5.1.4, Figura 5.1.5 e Figura 5.1.6), o que pode ser um limite de sustentabilidade do aquífero. Para os poços não cadastrados não há como averiguar este efeito, ou quanto podem também contribuir para a depleção da potenciometria.

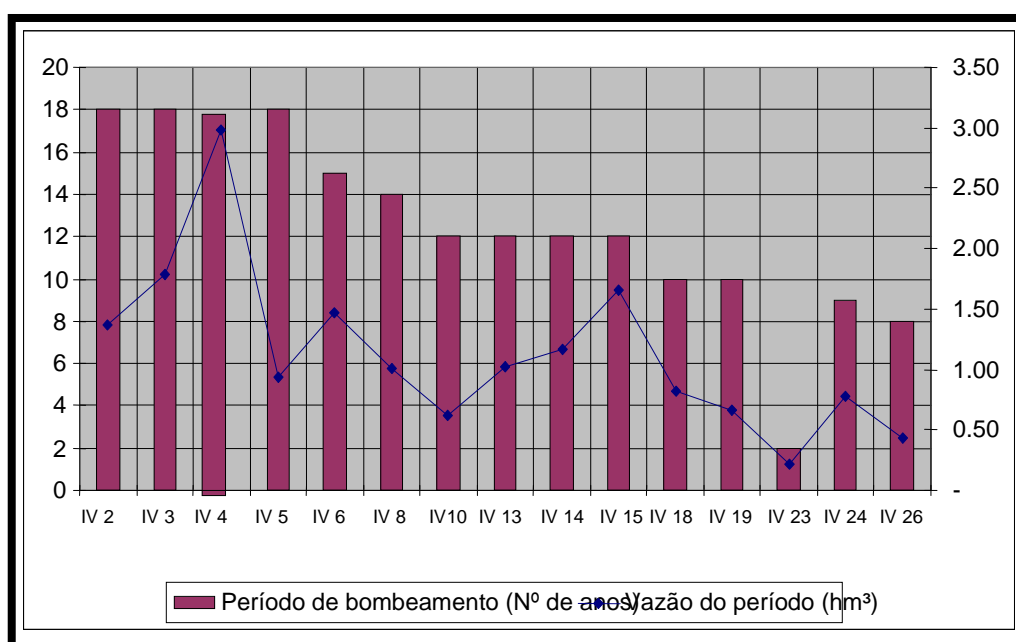


Figura 5.1.4.- Período de bombeamento e vazão acumulada de 15 poços. Fonte CORSAN, período 1997-2007.

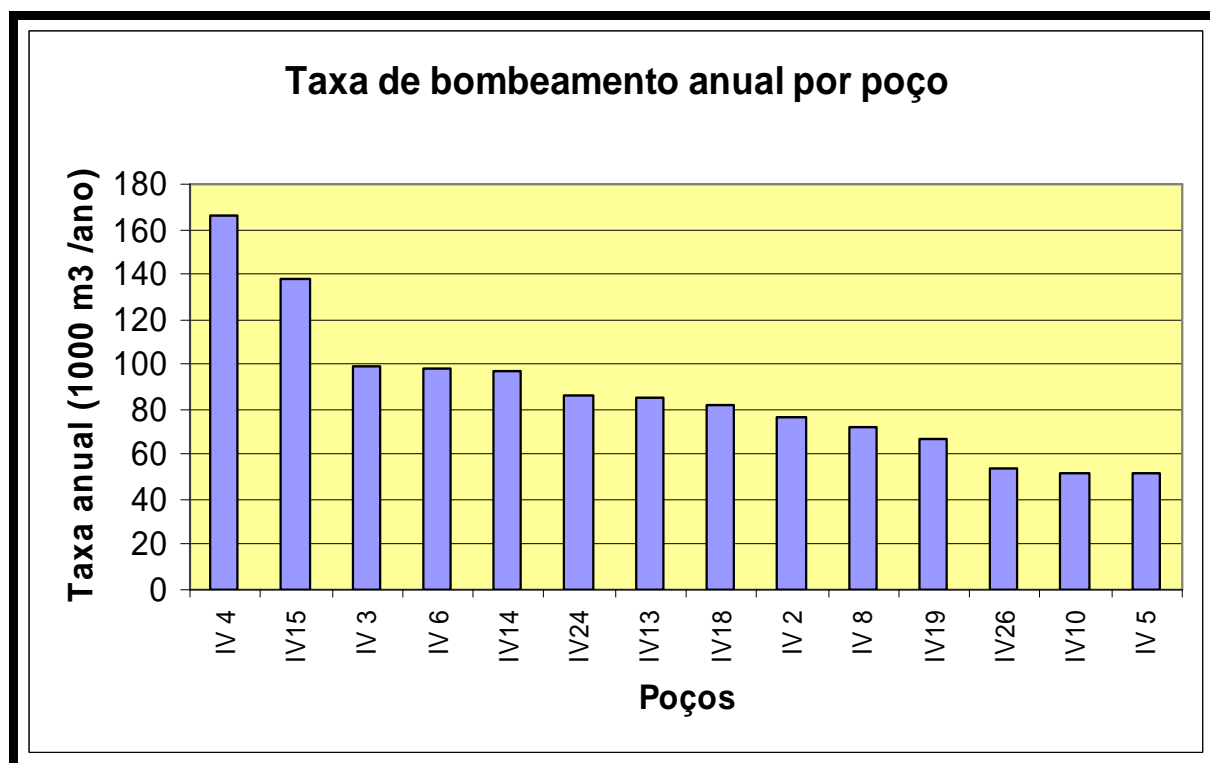


Figura 5.1.5.- Taxa de bombeamento anual de 14 poços. Fonte CORSAN período 1997-2007.

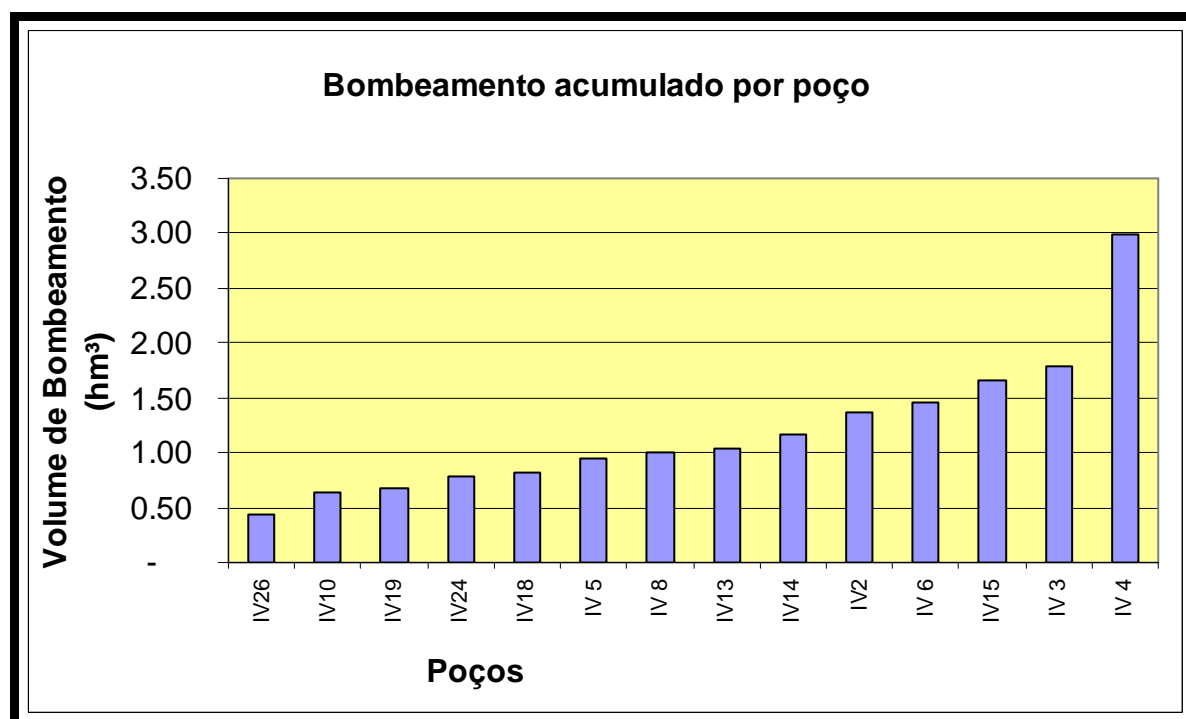


Figura 5.1.6.- Volume de bombeamento acumulado de 14 poços. Fonte CORSAN 1997-2007.

Por sua vez, tendo em vista a depleção generalizada da superfície potenciométrica, pode-se supor que tenha ocorrido uma redução do tempo de residência (**Tr**) e em conseqüente aumento da renovabilidade das águas subterrâneas. O tempo de residência, conforme proposta de Foster & Loucks (2006), foi obtido através da razão direta das reservas permanentes (**Rp**) e a recarga ativa do sistema aquífero (**Ra**), como abaixo indicado:

$$\mathbf{Tr = Rp / Ra = 119 \text{ anos} \quad (1)}$$

Esta taxa de renovação, conforme Rosa (1993), e OEA (2001), são típicas de águas subterrâneas “muito jovens” com alta renovabilidade. Provavelmente, a elevada renovabilidade do SAG em Ivoti é induzida pelo bombeamento excessivo. Entretanto, segundo Freeze & Cherry (1979), esta pode ser uma característica natural associada ao relevo íngreme. Uma das formas de verificar se há efeito do bombeamento sobre o tempo de residência (**Tr**), é a análise das variações hidroquímicas das águas subterrâneas.

5.1.1.2. – Variações Hidroquímicas

A variação da renovabilidade das águas subterrâneas devido ao bombeamento pode ser estimada a partir da análise temporal das variações hidroquímicas. Para este fim, utilizaram-se os teores de sólidos totais dissolvidos (STD), comparando-se os dados da primeira coleta de água durante a execução dos poços (1973-1997) com a reavaliação dos mesmos poços no ano de 2006 (Anexo V).

Os teores de STD, concordantemente com os indicadores anteriores, mostraram-se crescentes no mesmo sentido do fluxo subterrâneo (Figura 5.1.7 e Figura 5.1.8), ou seja de sudoeste para nordeste. Apesar de apresentarem o sentido de fluxo inalterado, há uma redução dos teores de STD do período 1973-1997 para o ano de 2006. Inexistindo outra causa provável, a redução dos teores de STD e do tempo de residência das águas subterrâneas no meio aquífero, pode ser atribuída ao uso do mesmo neste período.

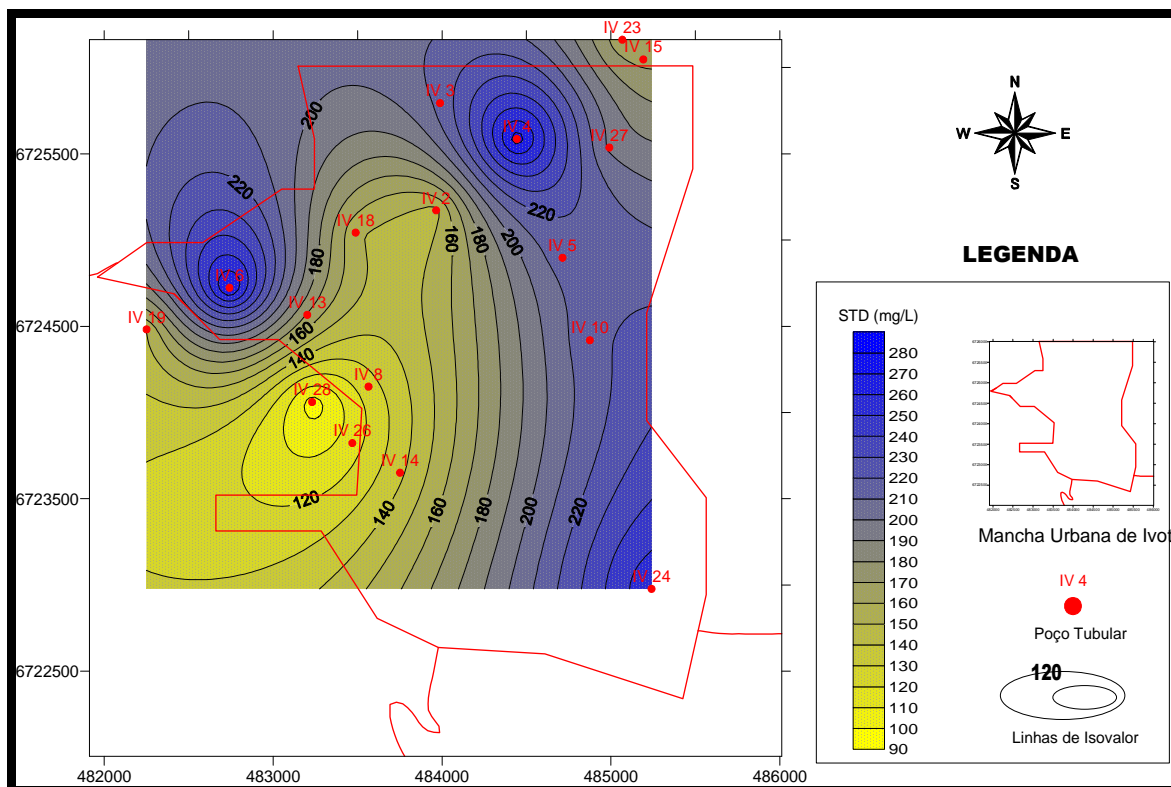


Figura 5.1.7.- Teores de STD (mg/L) por ocasião da perfuração dos poços (1973-1997).Fonte CORSAN.

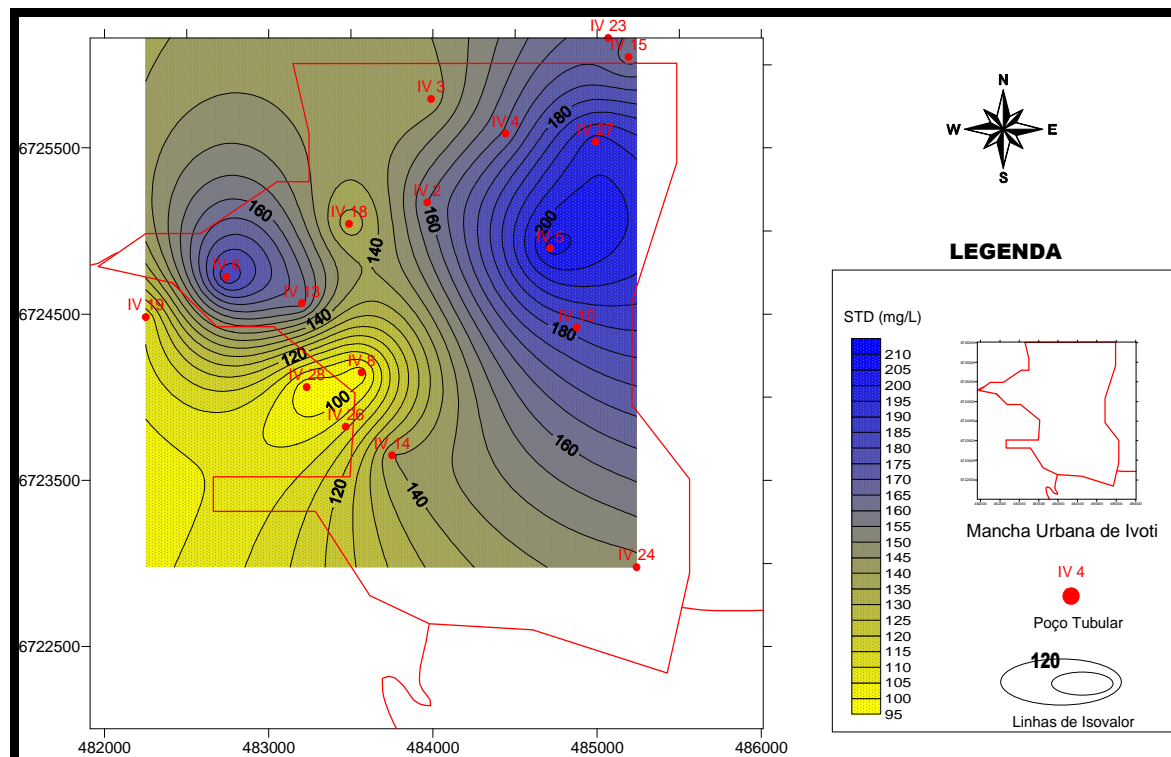


Figura 5.1.8.- Teores de STD (mg/L) em 2006. Fonte CORSAN.

As reduções de STD ao longo do tempo, tanto no espaço geográfico de forma geral, como por poços individuais, podem ser analisadas utilizando-se a relação $STD_{2006} - STD_{inicial}$, o que é expresso graficamente nas (Figura 5.1.9 e Figura 5.1.10). Na primeira figura, verifica-se uma redução geral dos valores de STD, porém com variações mais acentuadas em torno dos poços COR IV 3, COR IV 4, COR IV 6 e COR IV 24. Na (Figura 5.1.10), verifica-se que estes poços apresentam reduções $\Delta STD < -60\text{mg/L}$, o que é um comportamento bastante distinto dos demais poços.

Estes mesmos poços (COR IV 3, COR IV 4, COR IV 6), correspondem às zonas de maior depleção potenciométrica anteriormente identificadas, bem como apresentam as maiores taxas anuais e os maiores volumes acumulados de bombeamento. Estes dados indicam que reduções de STD maiores que 60mg/L , portanto um aumento da renovabilidade da água subterrânea ocorreu na área de influência de poços com taxas de bombeamento superiores a $100.000\text{ m}^3/\text{ano}$, para períodos operacionais superiores há 15 anos.

Surge aqui uma questão interessante, pois tendo-se constatado uma significativa redução das reservas permanentes (**Rp**), estimada na ordem de 40% para uma área-teste de $9.173.241\text{ m}^2$ (Quadro 5.1.4), poder-se-ia esperar que os poços com maiores vazões, por estarem “minerando” as reservas hídricas subterrâneas devido ao bombeamento excessivo, apresentassem teores de STD próximos aos valores originais. O que se observa é que mesmo em poços com maiores taxas de extração, as águas captadas por suas características hidroquímicas evidenciam um rejuvenescimento, fazendo crer que ocorram recargas na proximidade destes pontos de bombeamento.

Assim, nos poços onde se observam o rejuvenescimento das águas, pode indicar condições diferenciadas de recarga e fluxo subterrâneo. Assim condições de recarga nas proximidades dos poços de bombeamento, em locais do aquífero com porosidade primária, portanto recarga direta, ou em locais onde as condições anisotrópicas do aquífero, propiciam porosidade secundária por fraturas, as quais podem ter condutividade hidráulica maior que a da rocha sedimentar não fraturada. Nesta linha de raciocínio, haveria uma maior facilidade de circulação e renovação da água subterrânea.

Além dos poços de altas vazões (COR IV 3, COR IV 4, COR IV 6 e COR IV 24), onde o fenômeno de redução do parâmetro STD é mais característico, verifica-se que alguma diminuição de STD está presente em praticamente todos os poços. Isto indica que, embora espacialmente variável, devido a condições heterogêneas de condutividade hidráulica do sistema aquífero, há uma redução generalizada do tempo de residência (T_r) no período analisado.

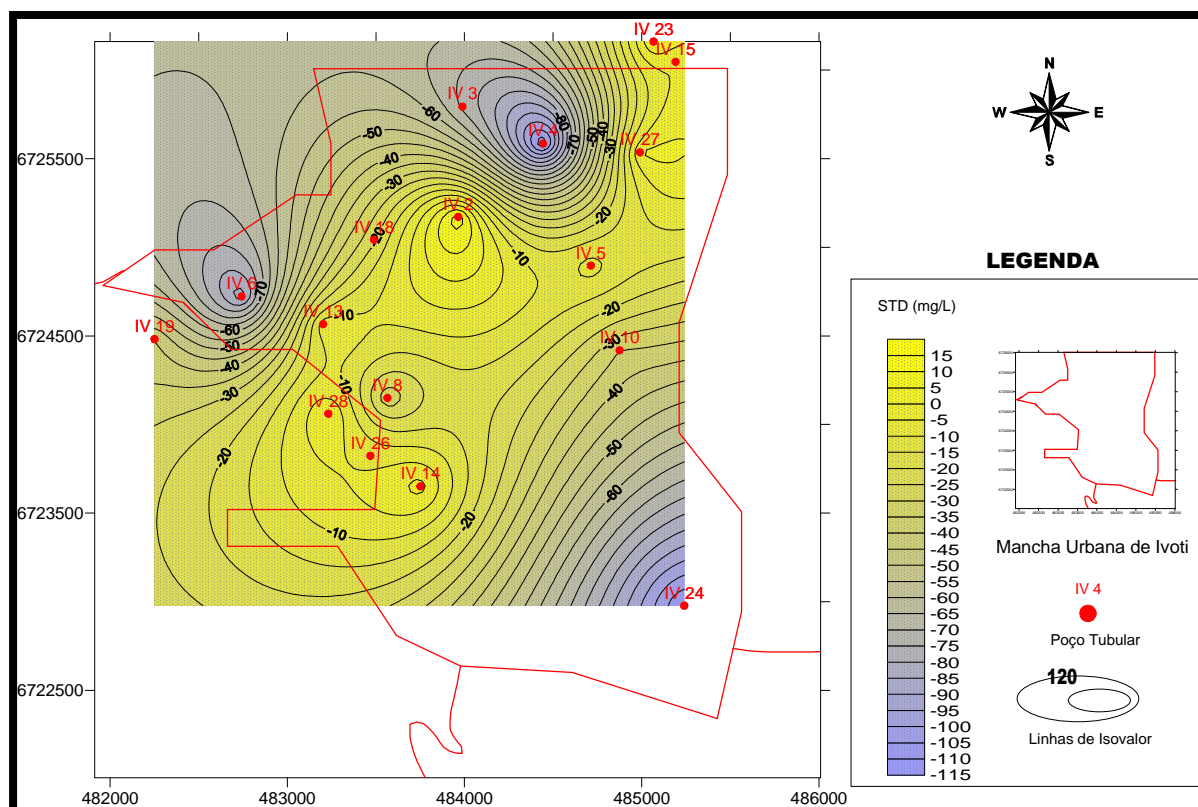


Figura 5.1.9.- Variação de STD com o tempo de bombeamento ($STD_{2006} - STD_{inicial}$).
Fonte: CORSAN.

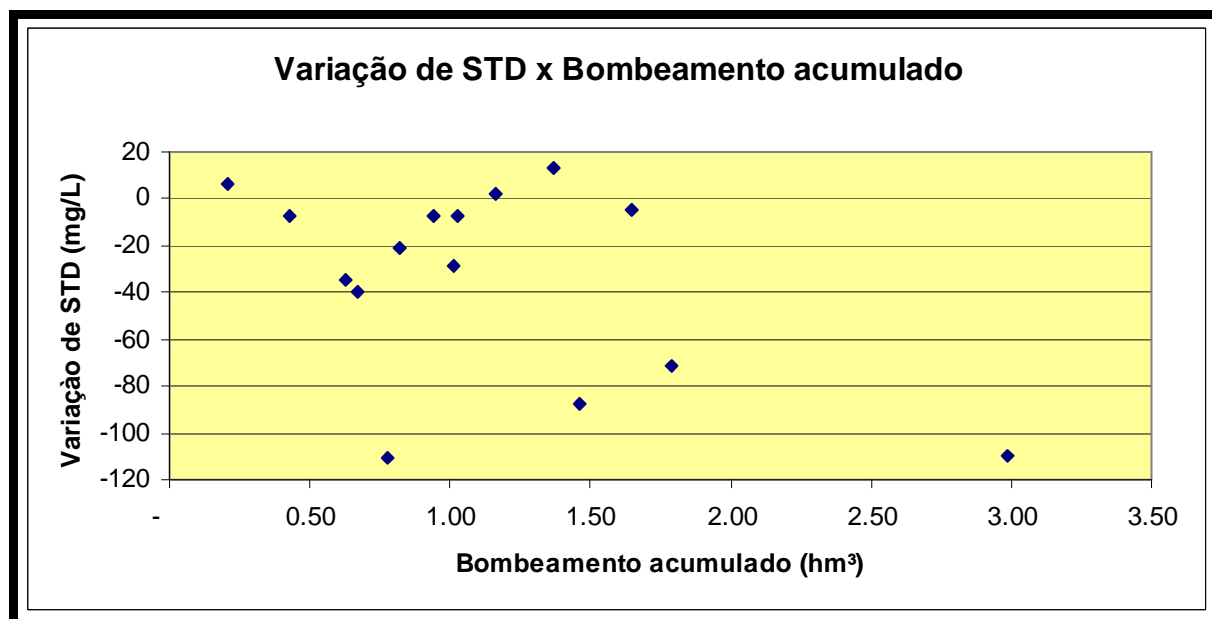


Figura 5.1.10.- Variação multitemporal dos STD (mg/L).(STD₂₀₀₆ – STD_{inicial}).

De forma geral, embora heterogeneamente distribuída ao longo do sistema aquífero, a redução de STD confirma a alta renovabilidade hídrica e a inalterabilidade do sentido de fluxo subterrâneo, características já anteriormente determinadas.

Além destas, outras indicações hidrogeológicas podem ser obtidas a partir do comportamento do parâmetro STD (Quadro 5.1.4). O comportamento do SAG como aquífero livre, conectado ou confinado pela Formação Serra Geral, conforme (Silva 1983; OEA 2001; Boscardin Borghetti et al., 2004; e Caraballo 2006), pode ser detectado a partir dos valores de STD.

Comportamento do SAG	STD (valores aproximados)	Tipo Hidroquímico
Aquífero livre	100 mg/L	bicarbonatada-magnésiana a calco-magnésiana
Aquífero com conectividade	200mg/L	bicarbonatada-cálcica a calco-magnésiana
Aquífero confinado	650 mg/L	bicarbonatada-sódica a cloro-sulfatada-sódica

Quadro 5.1.4.- Tipos hidroquímicos e valores de STD para o SAG em zona livre, conectado ou confinado pela Formação Serra Geral (Silva 1983; OEA 2001; Boscardin Borghetti et al., 2004; Caraballo 2007).

Os valores de STD do SAG em Ivoti (Figura 5.1.11), situam-se predominantemente entre 100 e 200 mg/L, estes correspondentes a aquíferos livres ou com alguma conectividade hídrica com o Aquífero Serra Geral. Praticamente todos os poços tiveram os teores de STD reduzidos para menos de 200 mg/L, ou seja, há uma tendência para o comportamento de aquífero livre com o tempo de bombeamento. Confirmando esta tendência, verifica-se, nas (Figura 5.1.7 e Figura 5.1.8), poucos locais com valores de STD >200 mg/L, os quais praticamente inexistem em 2006.

As águas subterrâneas do SAG - Ivoti utilizando a classificação de Piper (1944), são bicarbonatadas calco-magnesianas (Figura 5.1.12), como indicativo de aquífero livre ou com alguma conectividade, coerente com o apresentado por autores cujo resumo esta representada no (Quadro 5.1.4). Não há indicação hidroquímica de confinamento do aquífero.

A única exceção corresponde ao poço COR IV 12, próximo ao Arroio Feitoria. Este poço capta águas bicarbonatadas sódicas, com teores STD de 1200 mg/L, fora dos padrões físico-químicos de potabilidade, Portaria MS n.º 518/2004, BRASIL (2004).

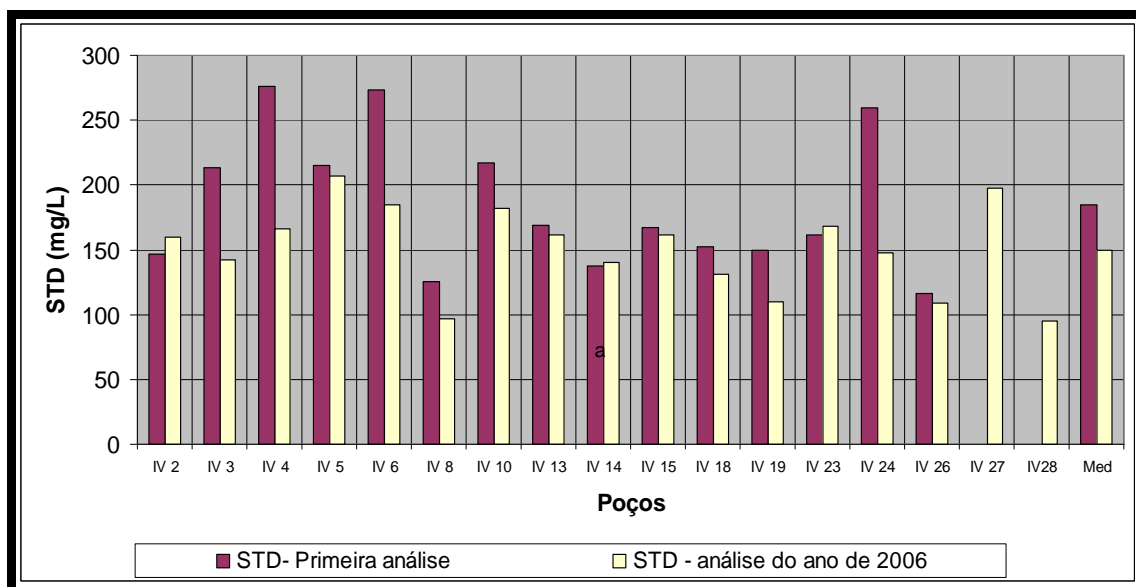


Figura 5.1.11. - Valores de STD dos poços no SAG em Ivoti – RS. Fonte CORSAN.

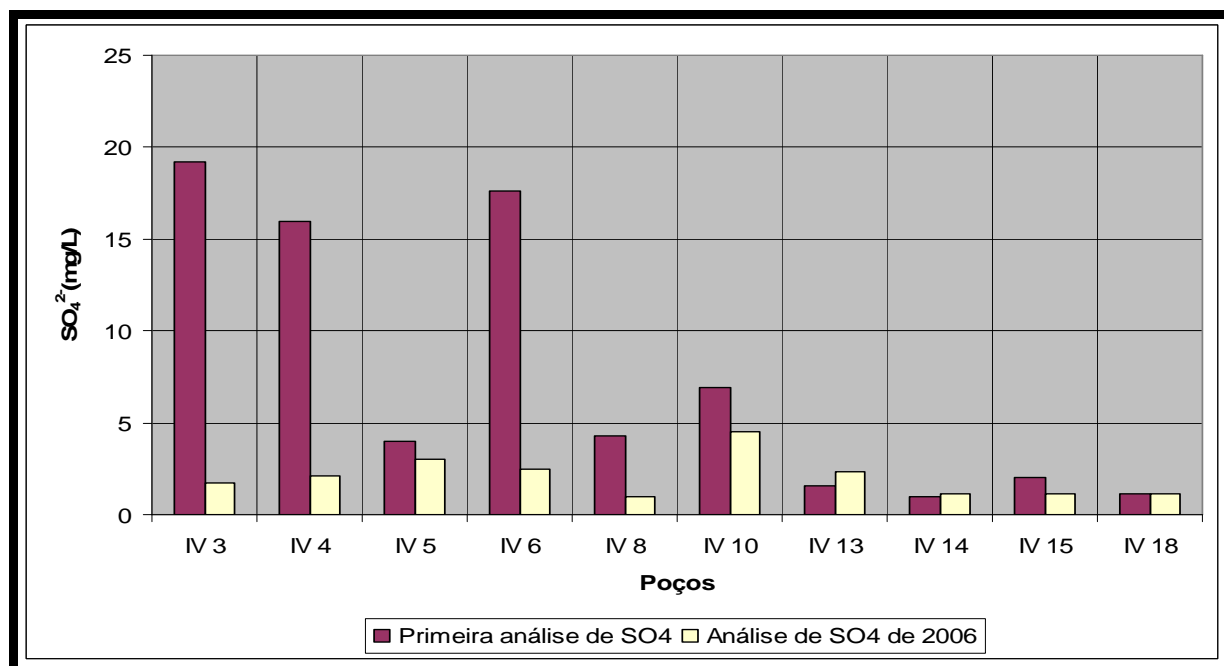


Figura 5.1.13. – Teores de SO₄²⁻ do SAG em Ivoti - RS. Fonte CORSAN.

5.1.1.3. Indicadores Operacionais

A depleção da superfície potenciométrica e a redução das reservas subterrâneas, refletidas na perda de carga hidráulica e alteração das condições iniciais de projeto, modificam o desempenho operacional dos poços e do próprio sistema de abastecimento urbano. Eventualmente, quando o nível dinâmico aproxima-se ou iguala-se a profundidade do grupo moto bomba submerso (GMBS), ocorre o colapso operacional dos poços tubulares, sendo necessária uma intervenção para restaurar a operacionalidade dos mesmos, Muñoz et al., (2003).

Esta situação verificou-se no poço COR IV 4, o qual, com vazão inicial de 70 m³/h para um nível dinâmico (ND) a 45m de profundidade em 1979, entrou em colapso operacional em 1990. Foi necessário o reposicionamento do GMBS para a cota -10m, com relação ao nível do mar. Atualmente este poço apresenta vazão de 20m³/h e nível dinâmico a 16m de profundidade em relação ao nível do mar, (Figura 5.1.14).

Um fato interessante, também observável na figura 5.1.14, é o declínio contínuo do nível estático (NE), e do nível dinâmico (ND), este aproximando-se paulatinamente do

profundidade em que se encontra o GMBS. Esta situação indica que as taxas de bombeamento continuam excessivas, podendo apresentar-se nova situação de colapso em poucos anos.

Uma análise de maior abrangência pode ser obtida utilizando-se a resposta do SAG – Ivoti, frente ao desempenho das taxas anuais de bombeamento de um período de observação de 10 anos (1993 – 2003). As vazões anuais totais dos poços da CORSAN (Figura 5.1.15) mostram distintas fases de comportamento ao longo do tempo, conforme o número de poços expandiu-se em atendimento ao crescimento da demanda por abastecimento.

Em um período inicial, as taxas anuais de bombeamento mostram-se crescentes até o ano de 1997, quando o número de poços foi aumentado em 20%. Desta data em diante, mesmo com o incremento do número de poços, a taxa de bombeamento anual do sistema de abastecimento é decrescente. Alguma melhora instantânea das taxas totais de bombeamento é propiciada quando novos poços entram em funcionamento, entretanto, estas não são sustentáveis por períodos superiores a 2 ou 3 anos, Heine et al., (2005).

Esse comportamento indica que as taxas atuais de bombeamento não são sustentadas pela recarga natural do sistema aquífero. Com esta situação de níveis potenciométricos extremante deprimidos, a água subterrânea continuando sob forte pressão para atendimento das demandas urbano-industrial, pode-se supor que as funções ambientais proporcionadas pelo aquífero através das descargas básicas devem estar severamente reduzidas, uma questão a ser simulada através de modelos matemáticos por sua complexidade.

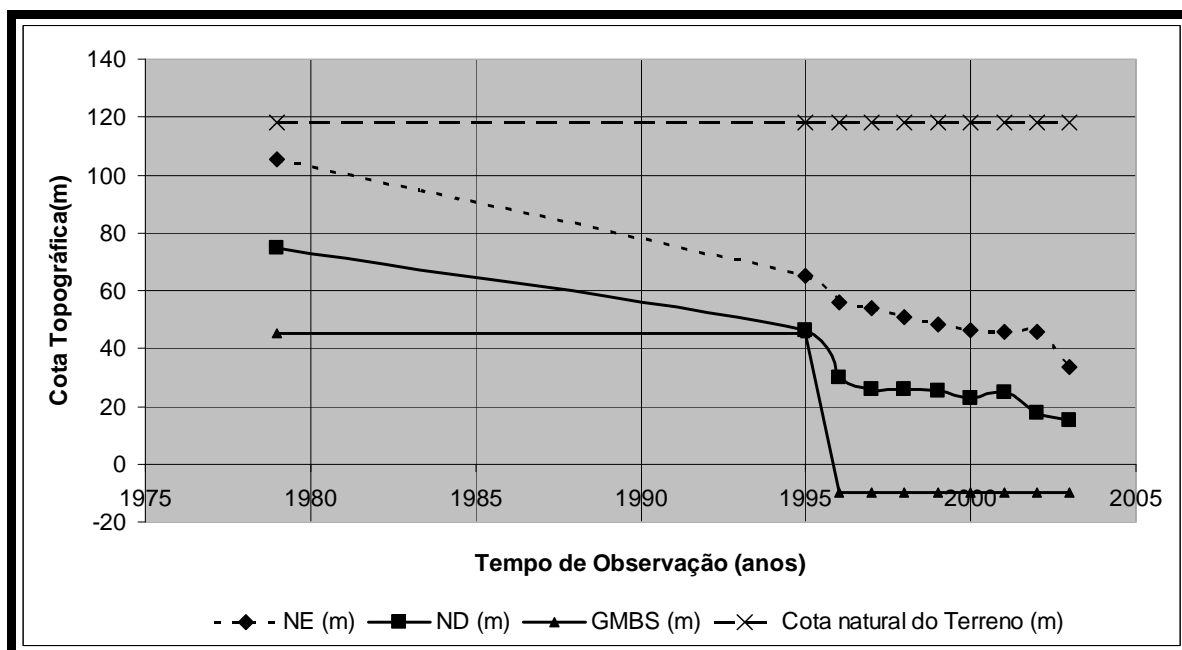


Figura 5.1.14.- Colapso operacional do poço COR IV 4, com aprofundamento do grupo moto bomba submerso de 45 m (1979), para -10 m (1990-1995). Heine et al., (2005)

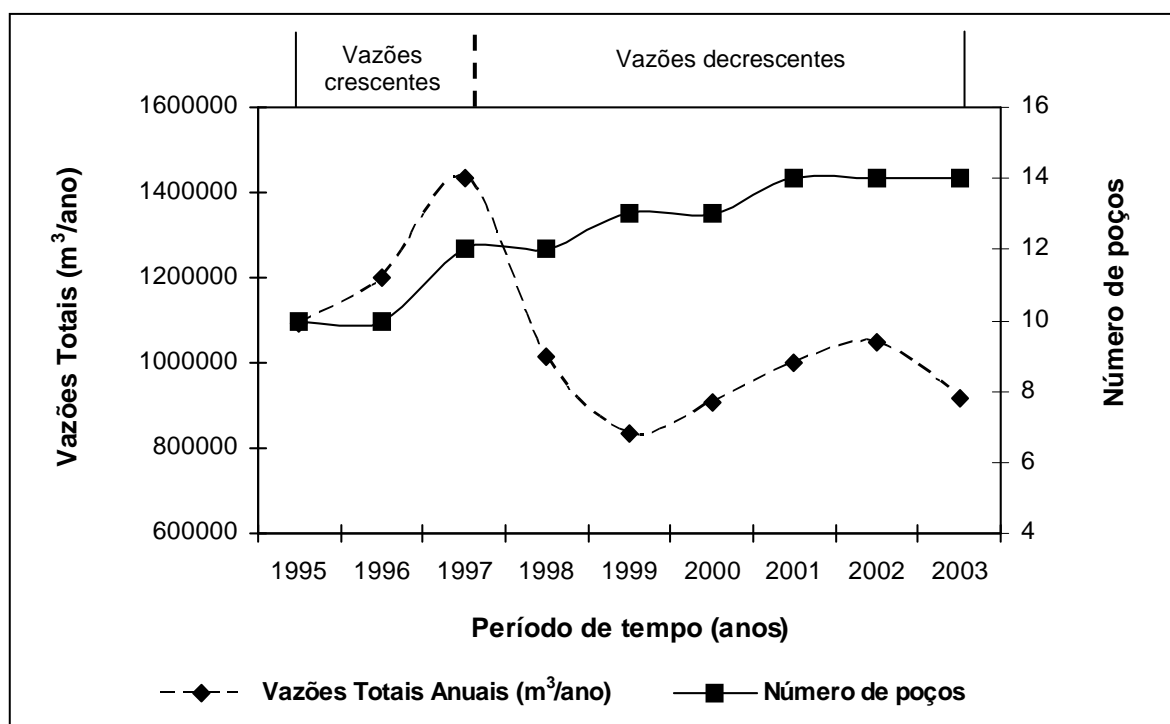


Figura 5.1.15. - Desempenho operacional do sistema de bombeamento SAG - Ivoti (1993 -2003). Heine et al., (2005)

5.1.1.4. Indicadores Integrados Sócioeconômicos e Ambientais

Os indicadores ambientais e operacionais apontam para uma situação de desequilíbrio, com redução dos tempos de residência e a depleção progressiva das reservas hídricas. Os dados até aqui analisados, basicamente informações espaciais ou temporais, de natureza física ou química, tem caráter histórico ou atual.

Uma análise de sustentabilidade mais abrangente, visando principalmente à previsibilidade e a construção de prognósticos integrados, é a verificação do equilíbrio das ações antrópicas atuais e futuras com a capacidade de suporte ambiental. Para isto é necessária uma integração de fatores, os quais são aqui designados como indicadores socioeconômicos e ambientais. Com esta abordagem, a avaliação de indicadores atende ao conceito de análise integrada do desenvolvimento sustentável, como proposto pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável em 1987, mais conhecida como Comissão de Brundtland, IBGE (2003). Assim, atendendo ao conceito amplo de sustentabilidade, são a seguir examinados aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A evolução populacional de Ivoti - RS (Figura 5.1.16), mostra um crescimento populacional contínuo desde 1970, com uma projeção de 23.929 habitantes para o ano de 2020 FEE (2005). Considerando estes dados, o volume a ser bombeado no período de 2000-2020 deverá ser 50% superior ao volume bombeado no período 1970-2000. Por outro lado, a expansão urbana poderá promover a impermeabilização parcial das atuais áreas de recarga do aquífero.

Uma avaliação dos efeitos da dinâmica urbana e industrial sobre a disponibilidade hídrica pode ser obtida através da avaliação simultânea de aspectos sociais, econômicos e ambientais. Isto foi realizado para o município de Ivoti - RS, através da proposição de Hansen (2001), modificada por Heine e Hansen (2006), a qual baseia-se na coleta de informações quantitativas e qualitativas dos aspectos citados, procedendo-se sua correlação com os recursos hídricos subterrâneos e superficiais. (Anexo IV).

As águas superficiais mostram baixos índices de quantidade e qualidade (Figura 5.1.17 e Figura 5.1.18), com impactos ambientais significativos, situação que tende a agravar-se com o aumento da demanda de abastecimento. Por sua vez, a baixa disponibilidade hídrica superficial deverá propiciar a utilização crescente das águas subterrâneas.

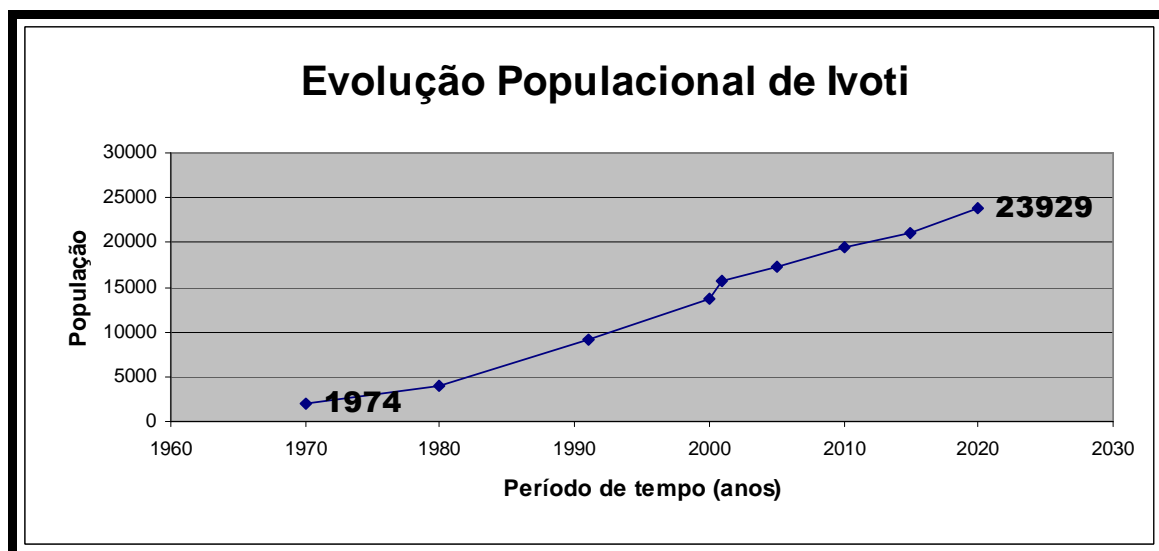


Figura 5.1.16.- Evolução populacional de Ivoti desde sua emancipação e sua projeção para o ano 2020 (IBGE, 2003; FEE, 2005).

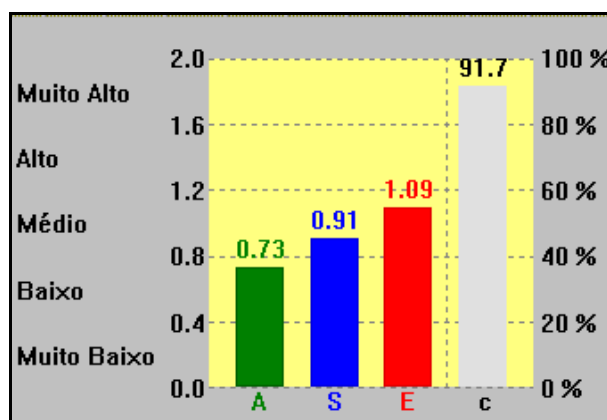


Figura 5.1.17.- Índices quantitativos integrados para águas superficiais. (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).

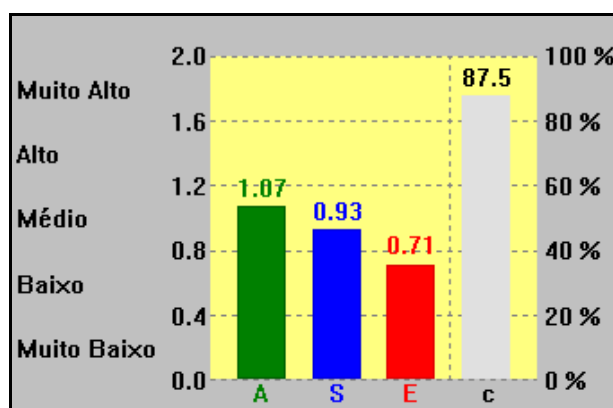


Figura 5.1.18.- Índices qualitativos integrados para águas superficiais. (A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).

Esta expectativa é perfeitamente compreensível quando se observam altos índices socioeconômicos e ambientais relativos à qualidade da água subterrânea (Figura 5.1.19). Por outro lado, a disponibilidade hídrica subterrânea (Figura 5.1.20) atinge apenas índices médios, podendo-se ainda prever que os mesmos irão cair significativamente com o aumento da demanda de abastecimento no período 2000-2020.

A análise destes resultados, em seu conjunto, revela uma forte alteração do meio natural sob a ação antrópica, indicando a necessidade de ações de gestão, tais como a reordenação do uso territorial, o estabelecimento de espaços a serem protegidos, como as áreas de recarga, ou ainda outros que necessitem de ações de mitigação. Intervenções mais enérgicas poderão ser necessárias, entre elas a recarga artificial do sistema aquífero.

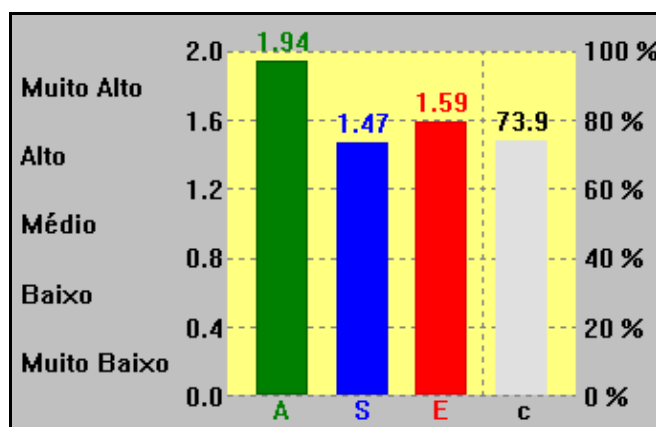


Figura 5.1.19.- Índices qualitativos integrados para as águas subterrâneas.
(A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).

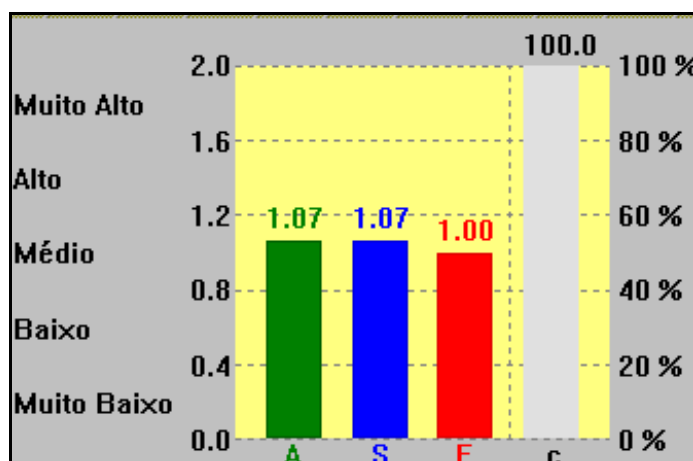


Figura 5.1.20.- Índices quantitativos integrados para águas subterrâneas.
(A= ambiental, S = social, E= econômico, C= percentual de respostas).

Uma visão geral das necessidades de medidas de gestão, conforme proposta de Hansen e Lanna (2001) é apresentada na (Figura 5.1.21). De posse dos dados ambientais, econômicos e sociais a partir de pesquisas bibliográficas e de campo, verificou-se o grau de alteração do meio natural sob a ação antrópicas, ao longo do tempo. A proposição de classificação dos índices de sustentabilidade (A, S, E), para cada indicativo através de classes de potencialidade versus vulnerabilidade permite definir Ivoti como uma cidade que apresenta vulnerabilidade ambiental média e potencialidade média, apresentando-se como uma comunidade em transformação migrando para transformação com proteção. Com referência a análise dos recursos hídricos superficiais o que se nota é que os índices que se referem à quantidade e qualidade estão apresentando vulnerabilidade alta e potencialidade muito baixa, claro sinal de existência de fragilidades. Com referência a recursos hídricos subterrâneos o que se nota na análise que se referem à quantidade os índices apresentam vulnerabilidade média e potencialidade migrando de baixa a muito baixa, e para a qualidade vulnerabilidade baixa e potencialidade muito alta, sinal que a qualidade da água subterrânea vem mantendo seu padrão de potabilidade, ao passo que as suas reservas necessitam de medidas urgentes de gestão, para evitar situação de superbombeamento.

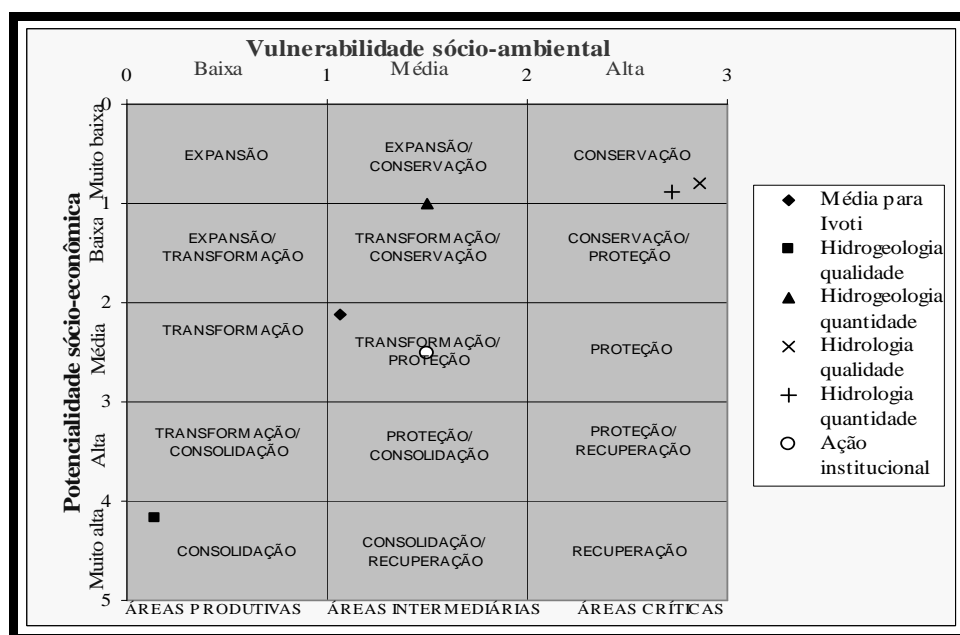


Figura 5.1.21.- Classes de vulnerabilidade ambiental e de potencialidade socioeconômica, modificado de Hansen e Lanna (2001).

No Quadro 5.1.5, está apresentado um resumo das observações, indicações e perspectivas obtidas através da análise de indicadores de gestão.

<p>Fatos Observados</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fluxo subterrâneo predominantemente horizontal ($i=2\%$); - Direção preferencial de fluxo de sudoeste para nordeste; - Detecção das zonas de recarga e descarga; - Mancha urbana nas zonas de recarga direta; - Grandes cones de depleção para poços na zona urbana; - Depleção geral da Superfície Potenciométrica em período de 30 anos; - Inversões localizadas do fluxo subterrâneo; - Redução dos teores de STD e SO_4^{2-}; - Águas bicarbonatadas calco-magnesianas; - Bombeamento excessivo caracterizado por $R \ll B_c + D_r$; - Redução da produtividade dos poços da CORSAN; - Colapso operacional de alguns dos poços da CORSAN.
<p>Indicações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recarga e descarga influenciadas pelo relevo íngreme; - Redução da reserva permanente (mineração do armazenamento); - Tempo de residência $T_r = 150$ anos; - Aumento da renovabilidade das águas subterrâneas; - Heterogeneidade do aquífero; - Possibilidade de alimentação superficial por porosidade secundária; - Reservatório com comportamento de aquífero livre; - Taxas de bombeamento de poços individuais, superiores a $100.000 \text{ m}^3/\text{ano}$, não são sustentáveis para períodos superiores a 15 anos;
<p>Perspectivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projeção populacional de 24.000 habitantes para 2020; - Aumento da demanda hídrica urbano-industrial; - Depleção das reservas no período 2000-2020 será 50% superior a ocorrida no período 1970-2000; - Diminuição das descargas básicas e da alimentação de nascentes; - Impactos no ecossistema superficial devido a redução da alimentação da rede de drenagem superficial; - Aumento da área urbana e da impermeabilização superficial, com decorrente redução da recarga do sistema aquífero; - Possível inviabilização do abastecimento público unicamente a partir da água subterrânea;

Quadro 5.1.5.- Observações, indicações e perspectivas obtidas através da análise de indicadores de gestão.

Com a relação ao modelo conceitual do sistema aquífero, são importantes a detecção da heterogeneidade do mesmo e o seu comportamento anisotrópico, e de zonas de recarga indiretas, bem como seu comportamento como aquífero livre ou com alguma conectividade com o Aquífero Serra Geral.

5.2.- Geologia e Condicionantes do Modelo Conceitual do SAG – Ivoti

A tectônica e a estratigrafia regionais, assim como a geologia superficial e de subsuperfície da área de estudo, são aqui analisadas enfatizando-se aspectos e detalhes relevantes para a elaboração do modelo geológico conceitual do SAG.

5.2.1. Tectônica e Compartimentação do SAG

A Bacia do Paraná, na qual se insere a área de estudo, teve sua evolução caracterizada por eventos tectônicos, os quais afetaram desde unidades Pré-Cambrianas (escudo) até unidades cretáceas como a Formação Serra Geral (Faccini 2000; Giardin & Faccini 2002). A fase de maior atividade tectônica, segundo estes mesmos autores, ocorreu do final do Permiano até o Cretáceo. Nesta mesma linha, (Zalan et al.,1991) citado em Machado (2005), identificaram um condicionamento da sedimentação da Bacia do Paraná através da movimentação de zonas de fraqueza orientadas predominantemente segundo NE e NW. Estes mesmos autores atribuem os lineamentos E - W à abertura do Oceano Atlântico no Triássico.

Uma compartimentação do SAG no Estado do Rio Grande do Sul, principalmente fundamentada em dados estruturais e estratigráficos, como também em aspectos hidroquímicos e de fluxo subterrâneo, é proposta por Machado (2005), o qual identifica quatro grandes blocos homogêneos (Figura 5.2.1), a saber:

- Bloco Oeste;
- Bloco Central-Missões;
- Bloco Leste;
- Bloco Norte-Alto Uruguai.

Conforme se observa (Figura 5.2.1), a área de estudo localiza-se no Bloco Leste, o qual teve sua gênese influenciada pela Dorsal de Canguçu – Falha Leão, Machado (2005). Admite-

se que tenham ocorrido fenômenos de soerguimento deste compartimento, seguidos de erosão ou não-deposição, os quais são responsáveis pela restrita abrangência estratigráfica atual deste compartimento do SAG.

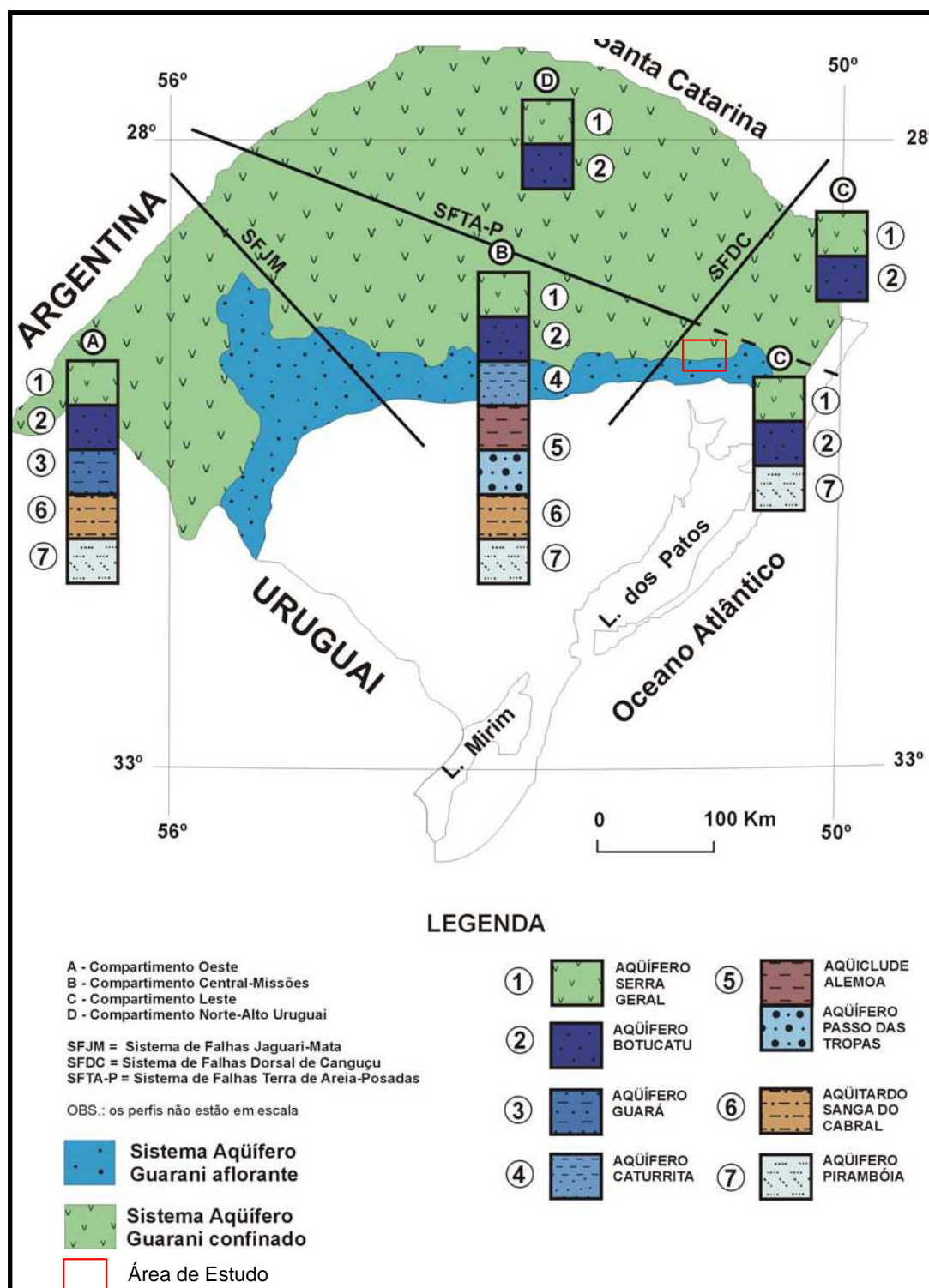


Figura 5.2.1.- Compartimentação do SAG no Estado do Rio Grande do Sul, segundo Machado (2005). A área de estudo está demarcada em vermelho no Bloco Leste.

Análises de lineamentos estruturais no Bloco Leste, principalmente com base na interpretação de fotos aéreas 1:60.000, foram conduzidas por Machado (2005) e Agrar und Hydrotechnik (1969, 1970). Os resultados obtidos por estes autores são apresentados a seguir:

- Bacia Hidrográfica do Rio Caí, com 996 medidas de Machado (2005)
- N 70° - 75° E => predominante
- N 35° - 40° E => secundário

Na parte sul da Bacia do Rio Caí, segundo este autor, nas proximidades do município de Montenegro, as orientações no intervalo N 70° - 75° E passam a ter caráter secundário, predominando então as direções N 45° - 50° E.

- Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos, com em 761 medidas de Agrar und Hydrotechnik (1969, 1970)
- N 60° - 70° E => predominante (máximo entre N 40 – 50° E)

Com vistas a obter dados para a área de estudo em Ivoti - RS, uma análise da tectônica regional foi conduzida com o uso de imagens de satélite. (Figura 5.2.2) Como resultado, observou-se que são mais freqüentes lineamentos com 10 a 15 km de extensão conforme a (Figura 5.2.3), cujas orientações predominantes segundo NE - SW (62%) e NW - SE. Esta constatação concorda com o padrão dos principais alinhamentos na Bacia do Paraná no levantamento executado por Gabaglia e Millani (1990).

A análise de lineamentos através de diagramas de roseta (Figura 5.2.4), considerando todos os lineamentos identificados na imagem de satélite mostra três sistemas predominantes:

- N10° - 60°E (61 %)
- N 40° - 70°W (34 %)
- E - W (5 %)

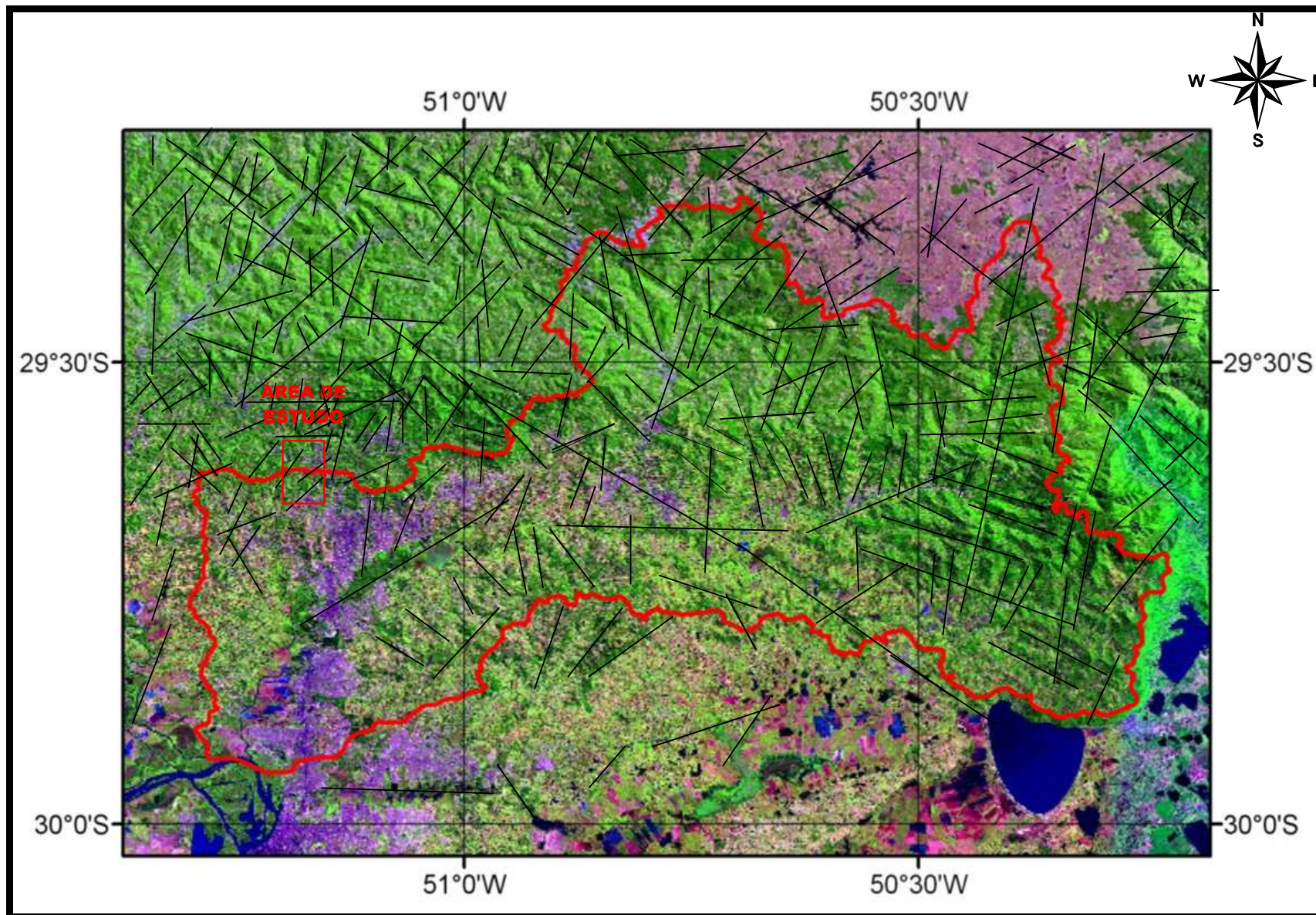


Figura 5.2.2.- Lineamentos estruturais da Bacia do Rio dos Sinos (composição colorida LANDSAT-TM 3/4/5).

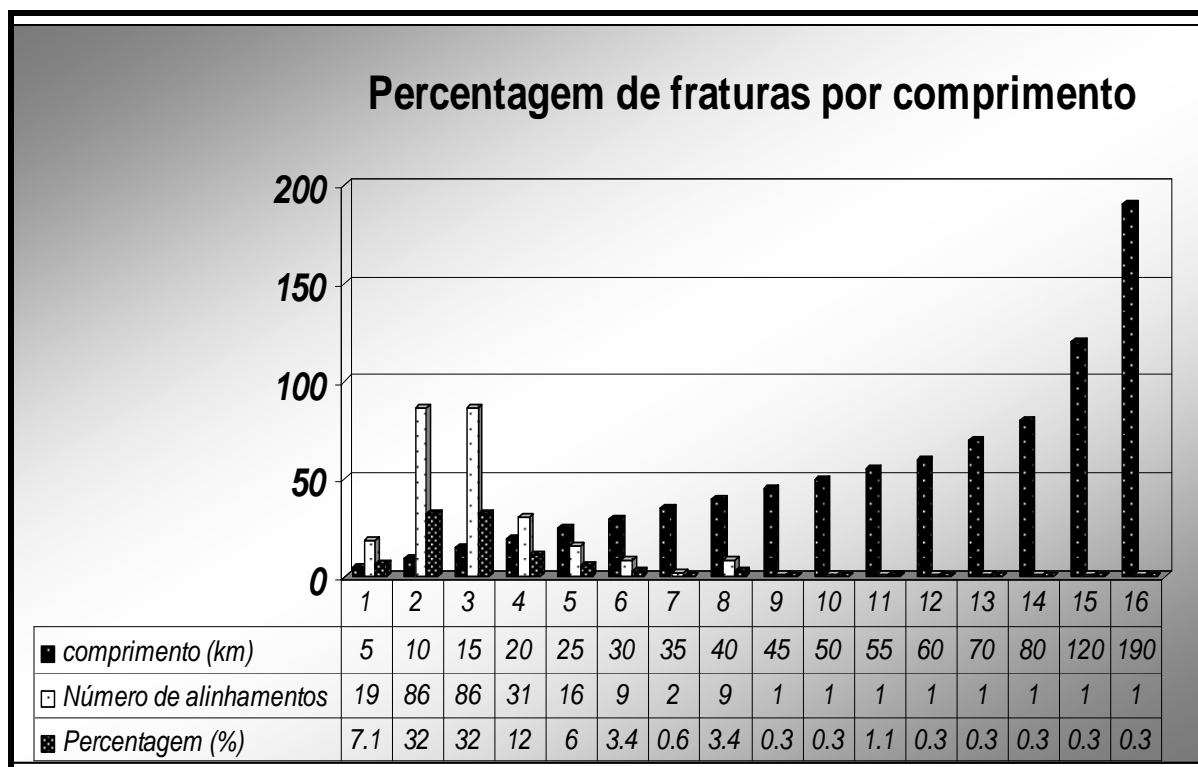


Figura 5.2.3.- Distribuição de freqüência dos lineamentos da Bacia do Rio dos Sinos em número de alinhamentos por intervalo de comprimento em quilômetros (km)

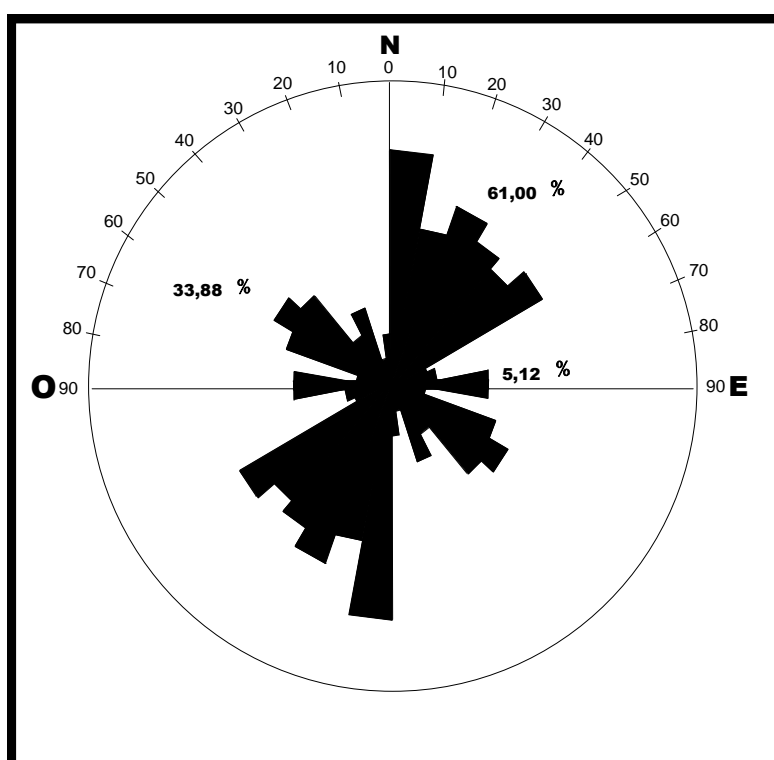


Figura 5.2.4.- Distribuição de freqüência do número de alinhamentos para a Bacia do Rio dos Sinos, representada através de diagrama de roseta.

Uma análise dos deslocamentos tectônicos na Bacia do Rio dos Sinos, promovidos ao longo dos lineamentos identificados na imagem de satélite, pode ser feita através da seção geológica regional E - W (Figura 5.2.5), elaborada a partir de perfis litológicos de dez poços tubulares da CORSAN.

Nesta seção verifica-se a ocorrência de rejeitos verticais de até 140m, correspondendo a zona mais deprimida ao município de Caraá, onde o topo do SAG situa-se na cota de -18m (poço ACH 1). Por sua vez, justamente na região da área de estudo em Ivoti – RS ocorre um alto estrutural, com o topo do SAG atingindo a cota 150m. Assim, a amplitude total de variação de cotas do topo do SAG nesta seção é de 168m, sendo menor que a espessura máxima do aquífero, esta última da ordem de 240m.

Em escala maior, utilizando o modelo 3D (Figura 5.2.6), com superposição dos perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN em Ivoti - RS verifica-se também uma grande variação de cotas do topo do SAG entre poços adjacentes. Estes dados sugerem que, além dos efeitos regionais já detectados, ocorreu também uma significativa movimentação vertical de blocos na área de estudo.

Quanto ao padrão de lineamentos da área de estudo, procedeu-se a interpretação de fotografias aéreas 1: 60.000, cujos resultados são apresentados no diagrama de roseta (Figura 5.2.7). Verifica-se a ocorrência das seguintes orientações principais:

- N 60° E
- N 32° W
- E - W

A carta de contorno estrutural do topo do SAG em Ivoti (Figura 5.2.8), elaborada a partir de dados de campo e dos perfis litológicos fornecidos pela CORSAN, mostram a ocorrência de blocos estruturais separados por lineamentos NE e NW, os quais apresentam significativa variação de cotas entre si.

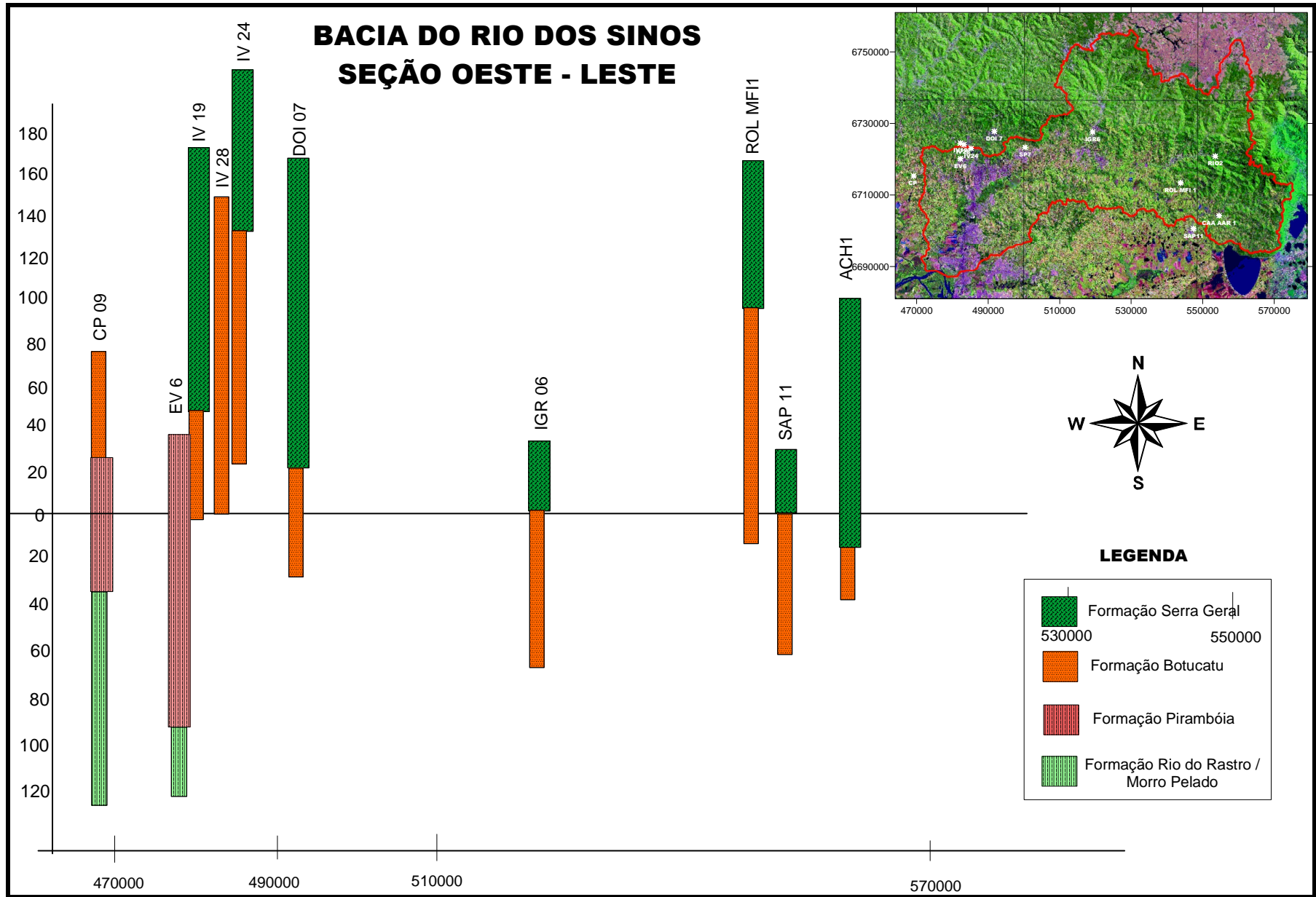


Figura 5.2.5.- Seção geológica regional E - W da Bacia do Rio dos Sinos. Fonte: perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN.

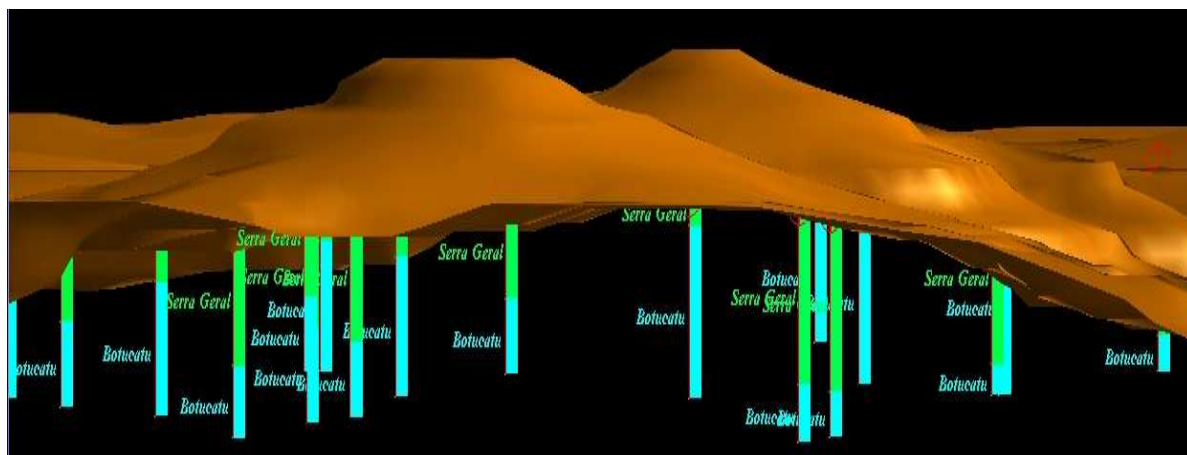


Figura 5.2.6.- Modelo geológico 3D do SAG em Ivoti - RS. (Software modelador = SURPAC. Fonte: perfis litológicos dos poços tubulares da CORSAN; Legenda =>VERDE = Formação Serra Geral; AZUL= Sistema Aquífero Guarani).

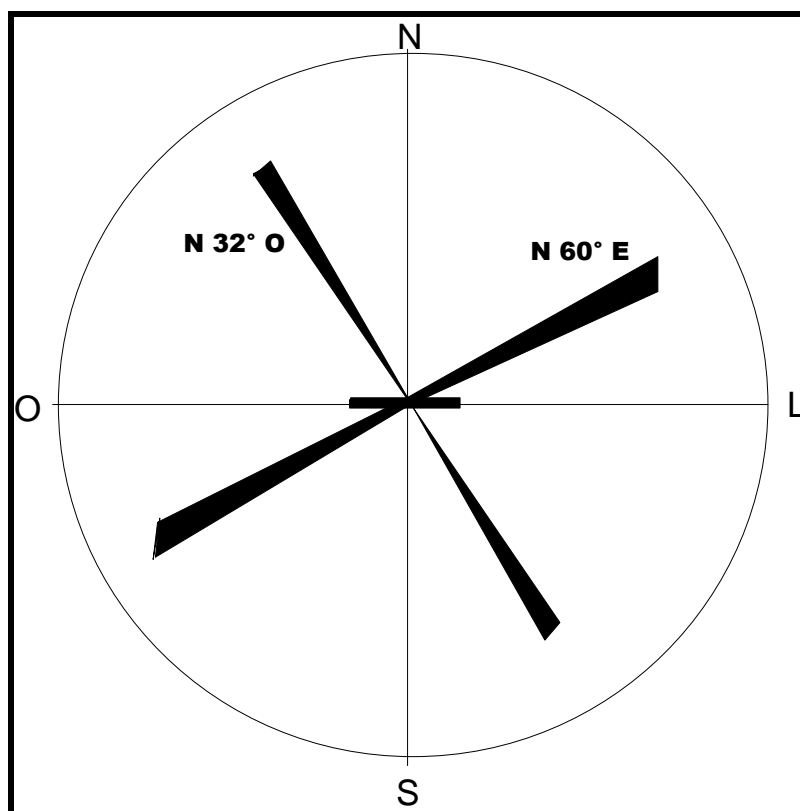


Figura 5.2.7.- Distribuição de freqüência de lineamentos da área de estudo representada na forma de diagrama de roseta (Dados = análise de fotografias aéreas 1:60.000).

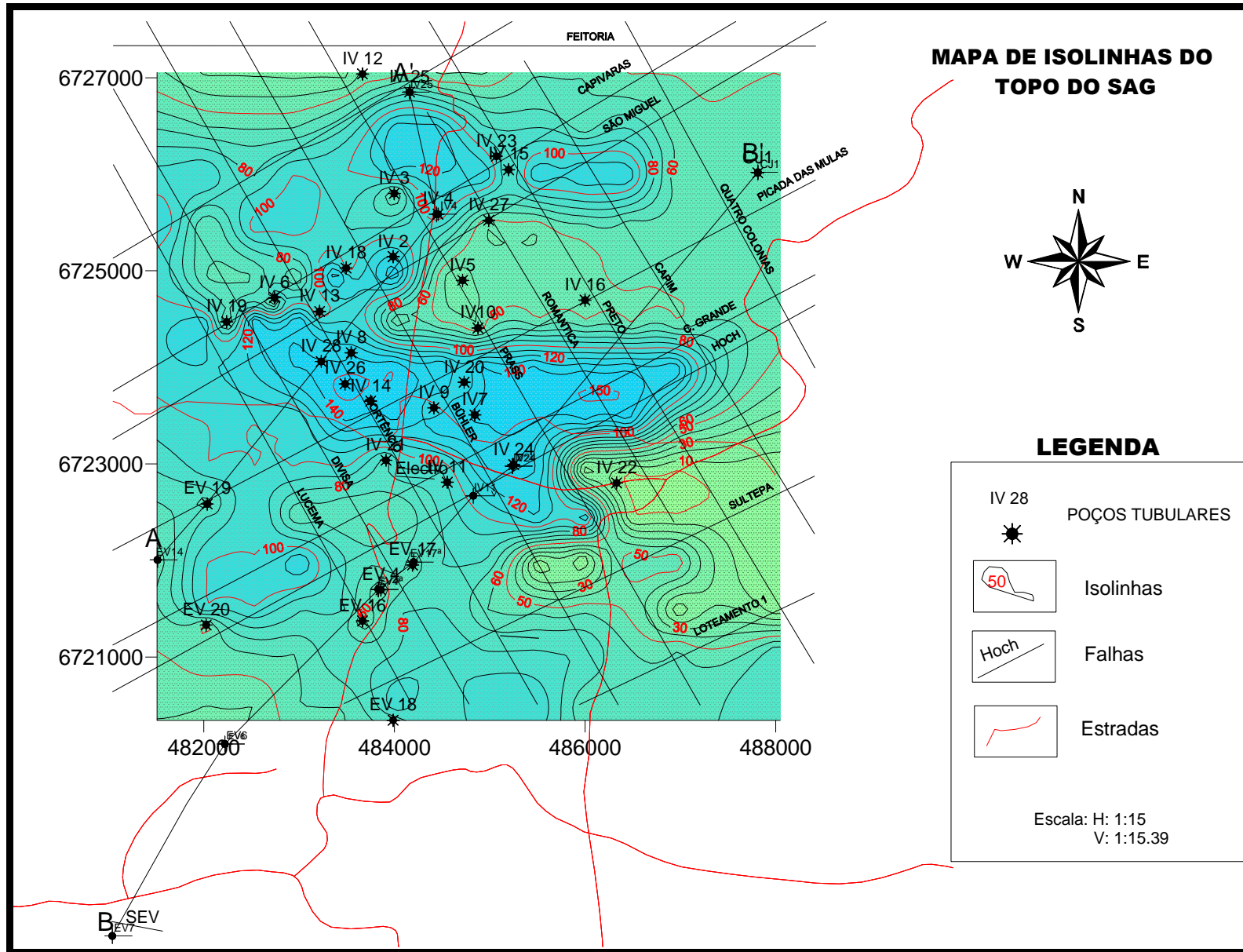


Figura 5.2.8.- Carta de contorno estrutural do topo do SAG em Ivoti.

5.2.2. Estratigrafia Regional e Local

A coluna estratigráfica da área de estudo encontra-se constituída por sedimentos aluvionares inconsolidados (Quaternário), rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (Cretáceo), arenitos eólicos das formações Botucatu (Jurássico) e Pirambóia (Permiano), assim como por pelitos da Formação Rio do Rasto (Permiano). Desta forma, considerando a coluna estratigráfica (Figura 5.2.9) proposta por CPRM (2008), constata-se a ausência das unidades Triássicas. Este hiato no registro estratigráfico pode ser atribuído à erosão ou mesmo a não sedimentação em decorrência do bloco Leste do SAG ter-se comportado como um alto estrutural. A seguir são caracterizadas, a partir de dados regionais e locais, as unidades estratigráficas da área de estudo:

- **Sedimentos Recentes (Quaternário)**

Os sedimentos inconsolidados quaternários encontram-se depositados na calha do Arroio Feitoria e arroios das cidades de Estância Velha e Ivoti. Esse pacote sedimentar é constituído por areias, siltes e argilas em combinações diversas, encontrando-se predominantemente saturado e com níveis de água próximos da superfície. Não há uma avaliação da espessura destes sedimentos.

- **Formação Serra Geral (Cretáceo)**

A Formação Serra Geral, segundo Schneider et al., (1974), resultante de intenso vulcanismo fissural, iniciado quando ainda perduravam as condições desérticas de sedimentação da Formação Botucatu, tem sua idade radiométrica atribuída ao Cretáceo Inferior (120-130 M.a.). Na área de estudo esta formação está representada por rochas basálticas de cor cinza a cinza clara (Figura 5.2.10), com horizontes vesiculares e intercalações com arenitos eólicos lenticulares.

São ainda observadas intrusões, como diques e *sills* de diabásio, freqüentemente fortemente alterados. O contato entre a Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu são discordantes (Figura 5.2.11), podendo apresentar metamorfismo térmico dos arenitos, fenômeno que pode variar desde alguns centímetros até mais de um metro de espessura.

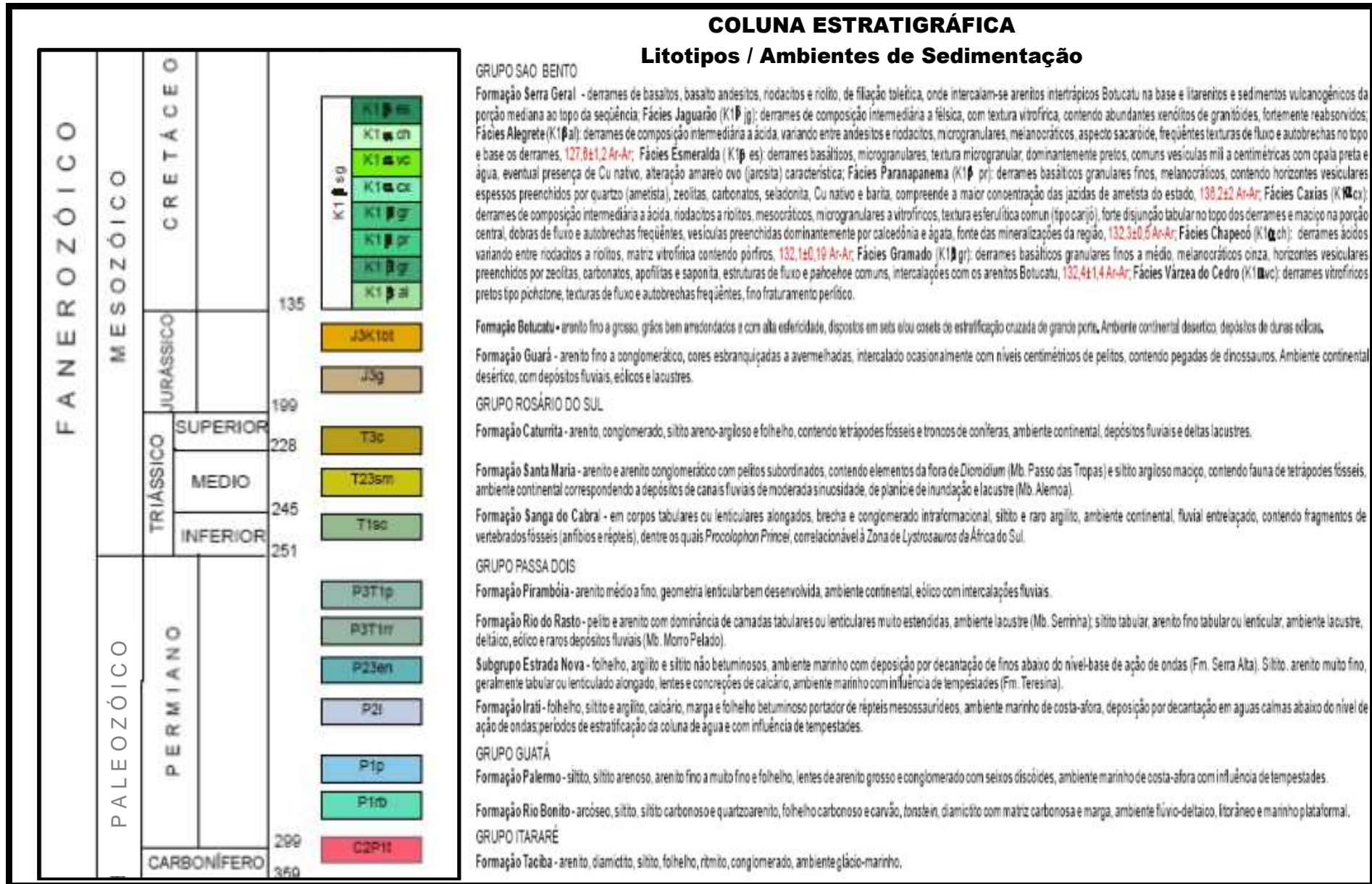


Figura 5.2.9.- Coluna Estratigráfica, litotipos e ambientes de sedimentação. Modificado de CPRM (2008).



Figura 5.2.10.- Rochas basálticas da Formação Serra Geral em Ivoti - RS, (coordenadas de campo UTM= 483747/6722471).

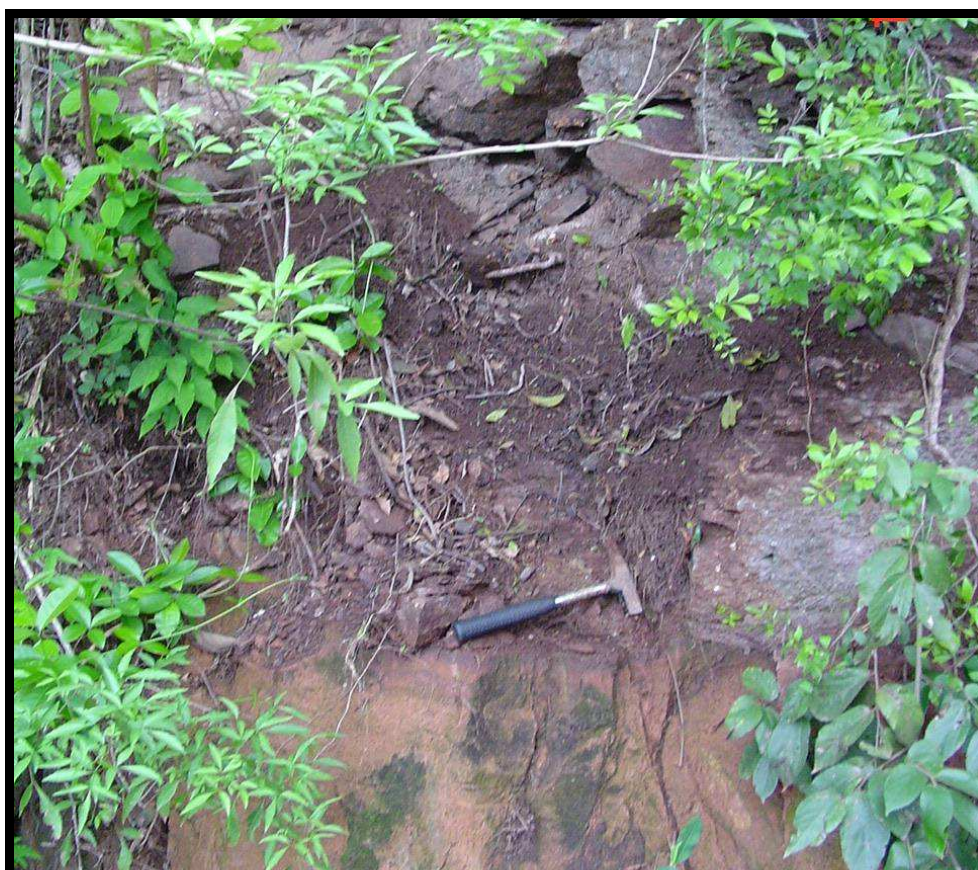


Figura 5.2.11.- Contato entre a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu em Ivoti – RS, (Coordenadas de campo UTM= 484959/6719762).

As rochas basálticas apresentam comumente textura afanítica, sendo que no topo e base dos derrames predomina a textura amigdaloidal. Os derrames basálticos apresentam um grande desenvolvimento de juntas verticais e horizontais, estas últimas principalmente na parte basal Schneider et al., (1974).

- **Formação Botucatu (Jurássico)**

A Formação Botucatu designa os arenitos que constituem a serra de mesmo nome no Estado de São Paulo (Campos, 1889), incluindo originalmente os sedimentos atualmente pertencentes à Formação Pirambóia Schneider et. al., (1974). A Formação Botucatu é constituída por um pacote homogêneo de arenitos finos a grossos, avermelhados bimodais, com grãos arredondados na fração grossa e subangulares a arredondados na fração fina Caetano-Chang, Wu (1992). No Estado do Rio Grande do Sul, segundo CPRM (2008), esta formação é composta por arenitos médios a finos, bimodais, com deposição continental eólica e com estratificação cruzada de grande porte e laminação plana paralela, as quais são características na área de estudo, (Figura 5.2.12).

As estratificações cruzadas são de médio a grande porte, atingindo 15m de altura, representando paleodunas de ambiente essencialmente desértico Scherer et al., (2000). Os dados de paleocorrentes no Rio Grande do Sul, segundo (Bigarella & Salamuni 1961; Faccini 1989; e Scherer 1998), indicam um sentido de transporte para o nordeste, sugerindo a existência de uma área-fonte a W - SW, possivelmente o retrabalhamento de um amplo sistema de leques aluvionais nas encostas das cadeias de montanhas ao longo da borda do Gondwana.

A melhor referência cronológica para esta unidade provém das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, datadas em 132 Ma pelo método Argônio/Argônio ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$), por (Renne, 1992, 1996; e Turner et al., 1994). Esta idade corresponderia ao fim da deposição da Formação Botucatu no Rio Grande do Sul, Scherer et al., (2000).

- **Formação Pirambóia (Permiano)**

A Formação Pirambóia é constituída por arenitos finos, argilosos e micáceos, siltosos com estratificação cruzada e laminação plano paralela, cuja gênese é atribuída a ambiente continental eólico, CPRM (2008). Na área de estudo, esta formação caracteriza-se pela granulometria fina, cimento carbonático em amostras de calha, cores avermelhadas e laminações plano-paralelas, (Figura 5.2.13).



Figura 5.2.12.- Formação Botucatu em Ivoti - RS com estratificação cruzada de grande porte, próxima ao contato com a Formação Serra Geral. (coordenadas de campo UTM= 477407/6727701).

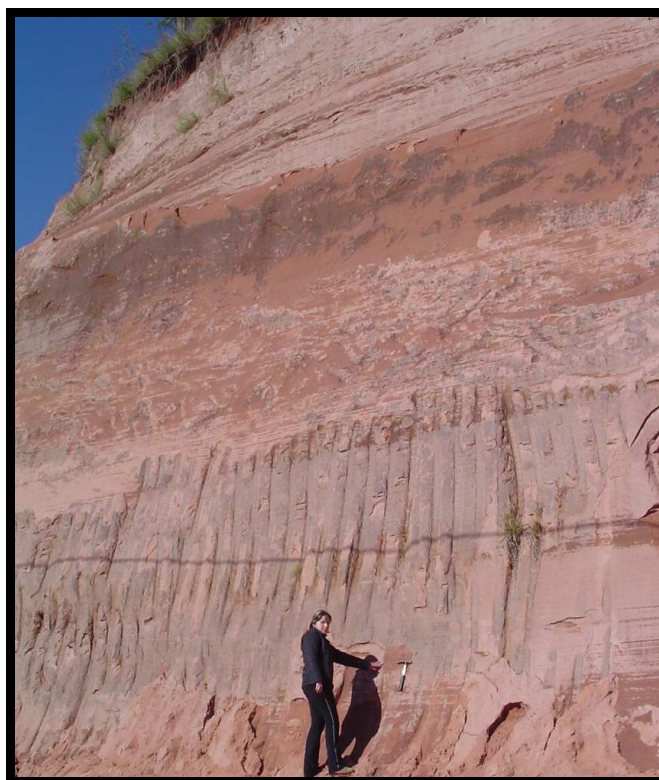


Figura 5.2.13.- Formação Pirambóia no município de Lindolfo Collor - RS (coordenadas de campo em UTM= 480382/6724446).

Os arenitos da Formação Pirambóia, segundo Schneider et al., (1974), apresentam granulometria média a muito fina, coloração variando de esbranquiçada a amarelada ou avermelhada, bem como grãos polidos subangulares a subarredondados. Ocorrem também intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos.

Alguns autores, como Lavina et al., (1993), encontraram que a Formação Pirambóia, juntamente com a parte inferior da Formação Sanga do Cabral, correspondem a uma mesma unidade litoestratigráfica, esta depositada do final do Permiano ao início do Triássico.

A coluna estratigráfica do SAG na área de estudo (Figura 5.2.14), constituída pelas unidades Botucatu e Pirambóia, portanto com a ausência do registro Triássico correspondente às formações Sanga do Cabral, Santa Maria, e Caturrita, tiveram a sua espessura total avaliada em 240m (poços COR IV-28 e COR CP-09).

Em alguns poços no Vale do Rio dos Sinos (Figura 5.2.15), a Formação Pirambóia atinge 100m de espessura, entretanto, há uma grande variação de espessuras do conjunto Botucatu/Pirambóia, a distâncias relativamente pequenas.

Uma visão das variações de espessura do SAG, na Bacia do Rio dos Sinos pode ser obtida pela correlação de poços tubulares dos quais foram recuperados as perfilagens geofísicas. Tomando com Datum a base da Formação Pirambóia Goldberg (2005). As espessuras observadas, com variações significativas a curtas distâncias, podem estar associadas ao paleo-relevo e a movimentações dos blocos tectônicos do Permiano ao Cretáceo.

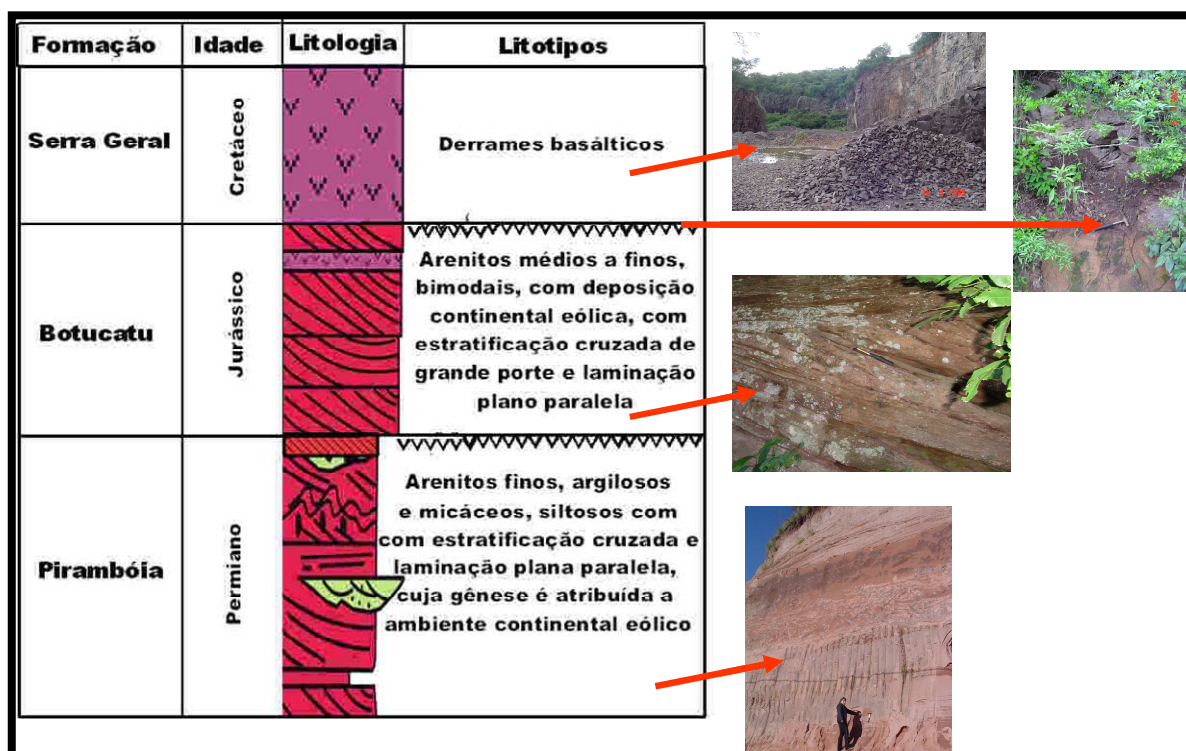


Figura 5.2.14.-Coluna estratigráfica da área de estudo em Ivoti - RS. Modificada de (Faccini, 2000 e Giardin & Faccini, 2002).

SEÇÃO ESQUEMÁTICA DA GEOLOGIA DA BACIA DO RIO DOS SINOS

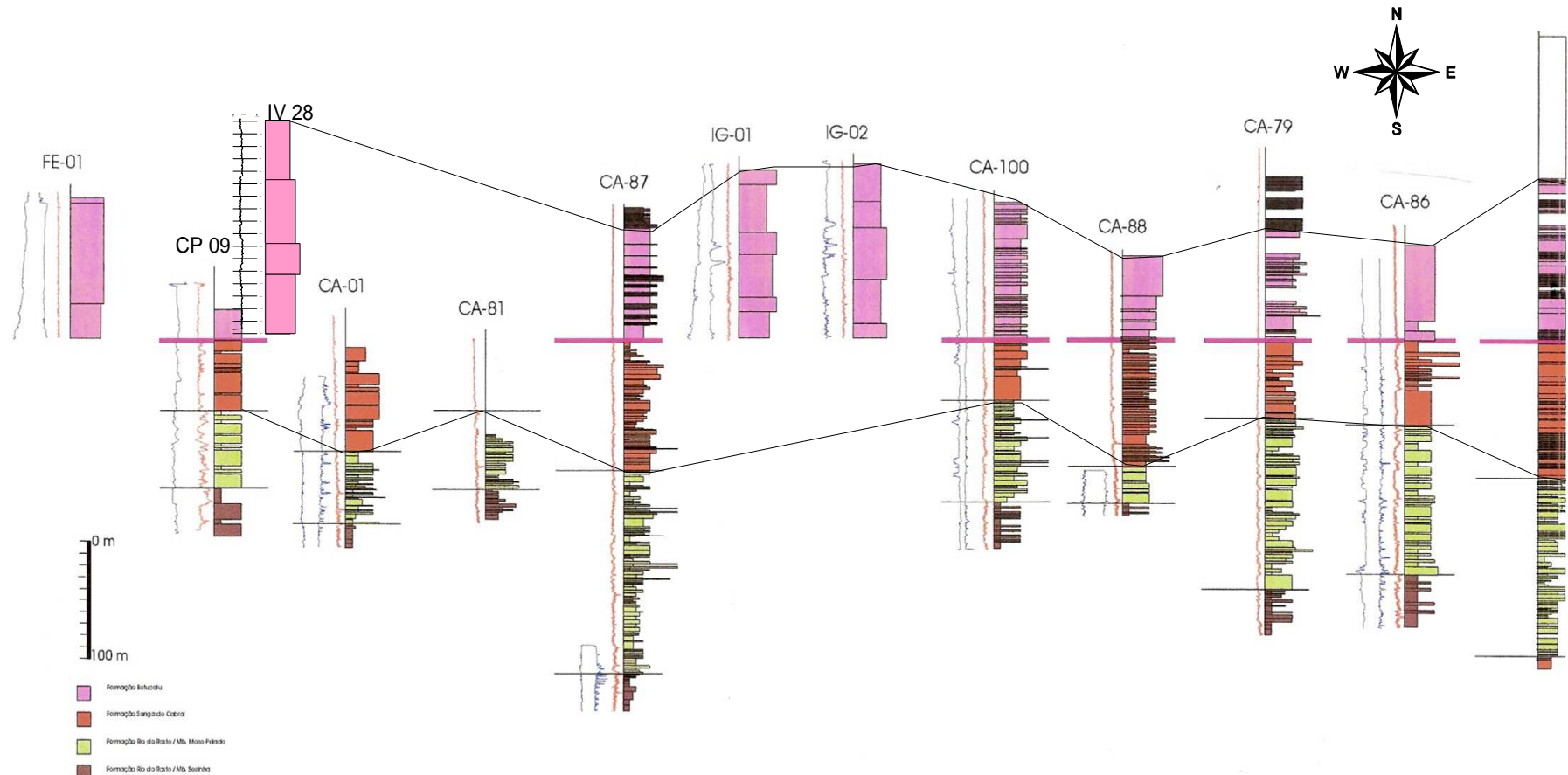


Figura 5.2.15.- Seção Geológica E -W da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, observando-se as variações de espessura das formações Botucatu e Pirambóia. Modificada de Goldbeg (2005).

5.2.3. Mapeamento Geológico na Área de Estudo

A Carta Geológica foi elaborada com as informações descritas no corpo deste Capítulo, e complementada por trabalhos de mapeamento geológico. No município de Ivoti, predominam na superfície as rochas efusivas da Formação Serra Geral e secundariamente arenitos da Formação Botucatu, ao passo que no município de Estância Velha nesta mesma situação foram mapeadas predominantemente as formações Botucatu e Pirambóia e alguns topos de morros com cobertura da Formação Serra Geral.

- **Mapeamento em Ivoti.**

Em Ivoti a ocorrência da Formação Botucatu, topo do SAG, foi mapeado em duas janelas estratigráficas, e nas encostas, junto aos vales dos Arroio Feitoria ao norte e Arroio Portão e Preto ao sul, onde em geral os afloramentos estão em região íngreme, junto a cortes de estradas.

A situação topográfica de contato entre a Formação Serra Geral e a Formação Botucatu, é bastante variável, em alguns afloramentos como na Pedreira Hoch e Pedreira da SULTEPA, este se verifica a uma cota de 50 metros acima do nível do mar, ao passo que em outros locais como nas janelas estratigráficas a Formação Botucatu a altitude é de 120 metros, cercanias do poço COR IV 4 ou de 140 metros como na região do poço COR IV 28.

Nos afloramentos do SAG, em Ivoti, as características mais marcantes que a Formação Botucatu apresenta são: coloração avermelhada, estratificação cruzada de grande porte, areias apresentando bimodalidade, pouco friáveis, com grãos bem arredondados, polidos e bem selecionados.

Estas características de campo foram confirmadas nas leituras das curvas granulométricas representativa dos afloramentos selecionados, onde areias são de médias a fina. Nas descrições das amostras de calha, dos poços tubulares da CORSAN, se caracterizam por apresentar areias médias a finas, bom arredondamento, boa seleção e bimodalidade.

- **Mapeamento em Estância Velha**

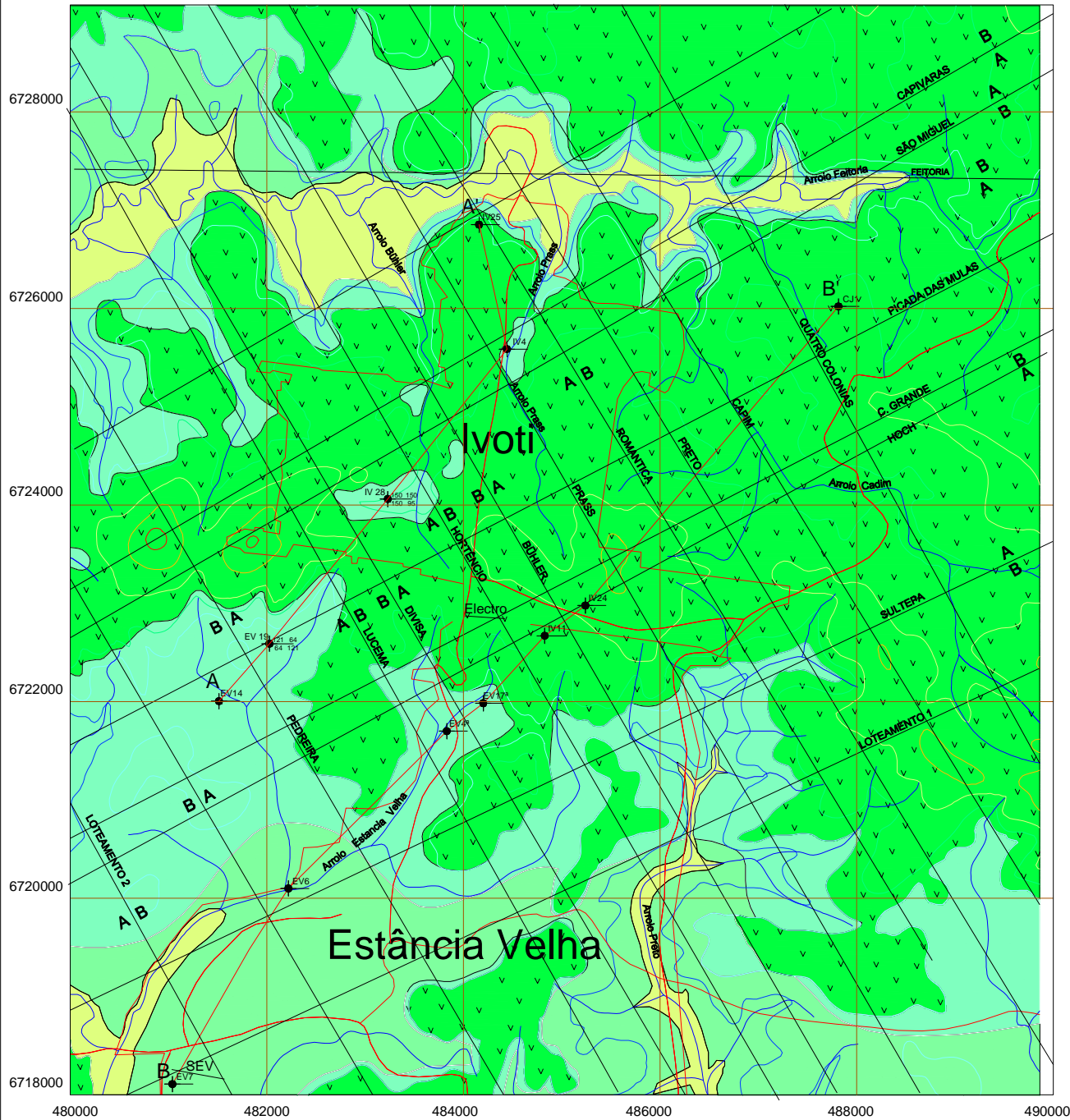
No município de Estância Velha, os afloramentos visitados ora apresentam características de arenitos da Formação Botucatu ora da Formação Pirambóia.

As situações de contato entre a Formação Botucatu com a Formação Pirambóia, em análise de campo foram de difícil detecção. Utilizou-se como Datum o contato com a Formação Serra Geral para identificar os afloramentos pertencentes à Formação Botucatu, que por sua vez confirmaram as características descritas em Ivoti.

Nos afloramentos descritos como Formação Pirambóia, as características mais marcantes foram à coloração rosa clara a muito clara, granulometria de arenitos finos, mal selecionados, muito friáveis, com intercalações camadas de argilitos e siltitos.

As leituras das curvas granulométricas identificaram areias de média a fina, silto-argilosas. Nas amostras de calha dos poços tubulares da CORSAN, as descrições se apresentam areias finas, mal selecionadas, por vezes silto-argilosa, com ocorrência de micas e cimento carbonático.

MAPA GEOLÓGICO



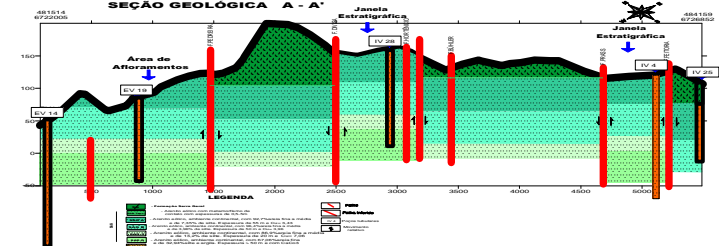
LEGENDA

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | Limite Geológico | | Drenagens |
| | Curvas topográficas | | Rodovias |
| | Falha definida | | Perímetro urbano |
| | Falha inferida | | Localização do caminhamento Geofísico Eletroresistividade |
| | Movimento dos blocos
A - Bloco alto
B - Bloco baixo | | Localização da SEV - Sondagem Elétrica Vertical |
- A — A' Localização da Seção Geológica

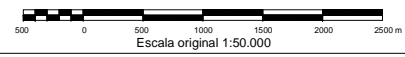
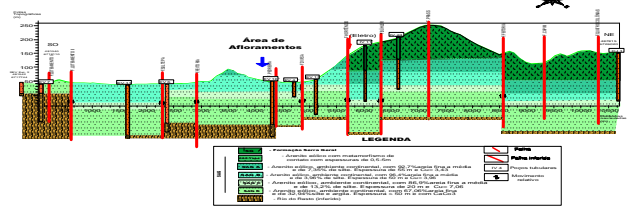
COLUNA ESTRATIGRÁFICA

- Sedimentos colúvio-aluvionais formada por areias finas a muito finas silto argilosas. Ambiente continental fluvial.
- Formação Serra Geral - derrames basálticos de cor cinza com horizontes vesiculares intercalações com os arenitos do Botucatu.
- Formação Botucatu - Arenitos de fino a grosso, de cor rosa, grãos bem arredondados e alta esfericidade disposta em sets de estratificação cruzada de grande porte. Ambiente continental eólico.
- Formação Pirambóia - Arenitos de médios a finos, de cor rosa claro, geometria lenticular. Ambiente continental eólico.

SEÇÃO GEOLÓGICA A - A'



SEÇÃO GEOLÓGICA B - B'



5.2.4.- Geologia de Sub-superfície do SAG em Ivoti

A investigação geológica de subsuperfície foi procedida com vistas a individualização de unidades hidroestratigráficas, as quais tenham relevância para a modelagem conceitual do sistema aquífero. Para esta finalidade utilizou-se técnicas de perfilagem geofísica, análises granulométricas e seções geológicas construídas a partir de poços tubulares.

A perfilagem geofísica do poço COR IV 28 (Figura 5.2.17), tanto por raio gama como por potencial espontâneo (SP), permitiu distinguir quatro horizontes estratigráficos com distintas respostas geofísicas. As técnicas de geofísica utilizadas permitem estimar a espessura e características da rocha, tais como composição granulométrica e porosidade, conforme apresentado no Quadro 5.2.1.

Camadas	Características granulométricas	Espessuras(m)
A	Sem leitura	55
B	Proporção areia /silte + argila = 72% / 28%	50
C	Proporção areia / silte + argila = 55% / 45%	25
D	Proporção areia /silte + argila = 65% / 35%	> 50

Quadro 5.2.1.- Quatro camadas do SAG em Ivoti, detectados por perfilagem geofísica do poço COR IV 28, com indicação de espessuras e características granulométricas.

A sobreposição dos horizontes geofísicos ao perfil litológico do poço COR IV 28 (Figura 5.2.18) mostra que os horizontes “B” e “D” identificados por sua maior proporção de areia pelas técnicas geofísicas, correspondem coincidentemente aos níveis mais grosseiros determinados pelas amostras de calha durante a perfuração.

No perfil litológico citado, os horizontes “B” e “D” foram caracterizados como arenitos com granulometria média a grossa ou fina a grossa. Estes mesmos horizontes foram caracterizados nas amostras de calha por suas cores vermelhas ou amarelados, enquanto os horizontes “A” e “C” apresentam tons marrons ou bruno - avermelhados

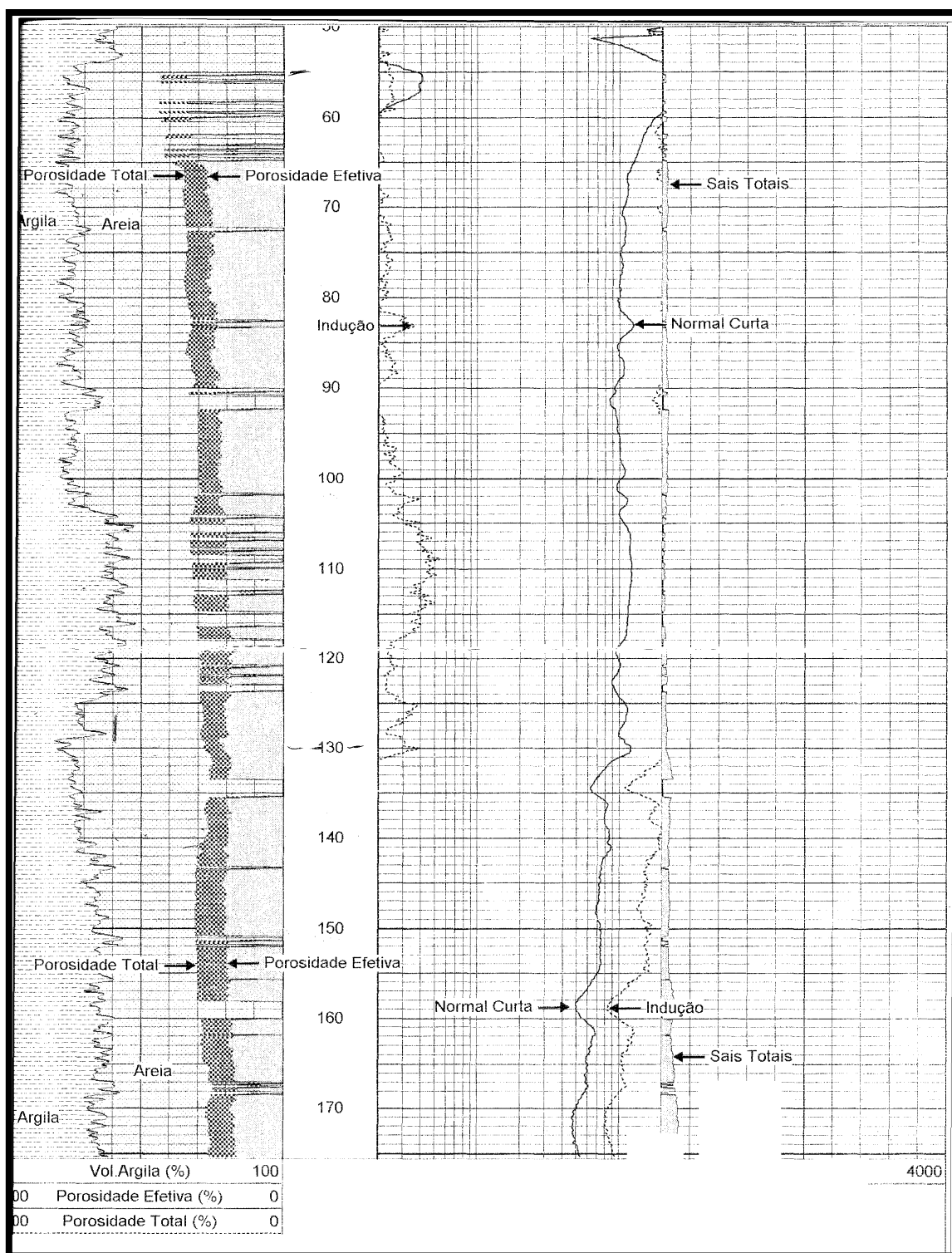


Figura 5.2.17.- Perfilagem geofísica por raio gama e potencial espontâneo (SP) do Poço COR IV-28, com estimativa de argilosidade, sólidos dissolvidos, porosidade efetiva e total
Fonte: HIDROLOG.

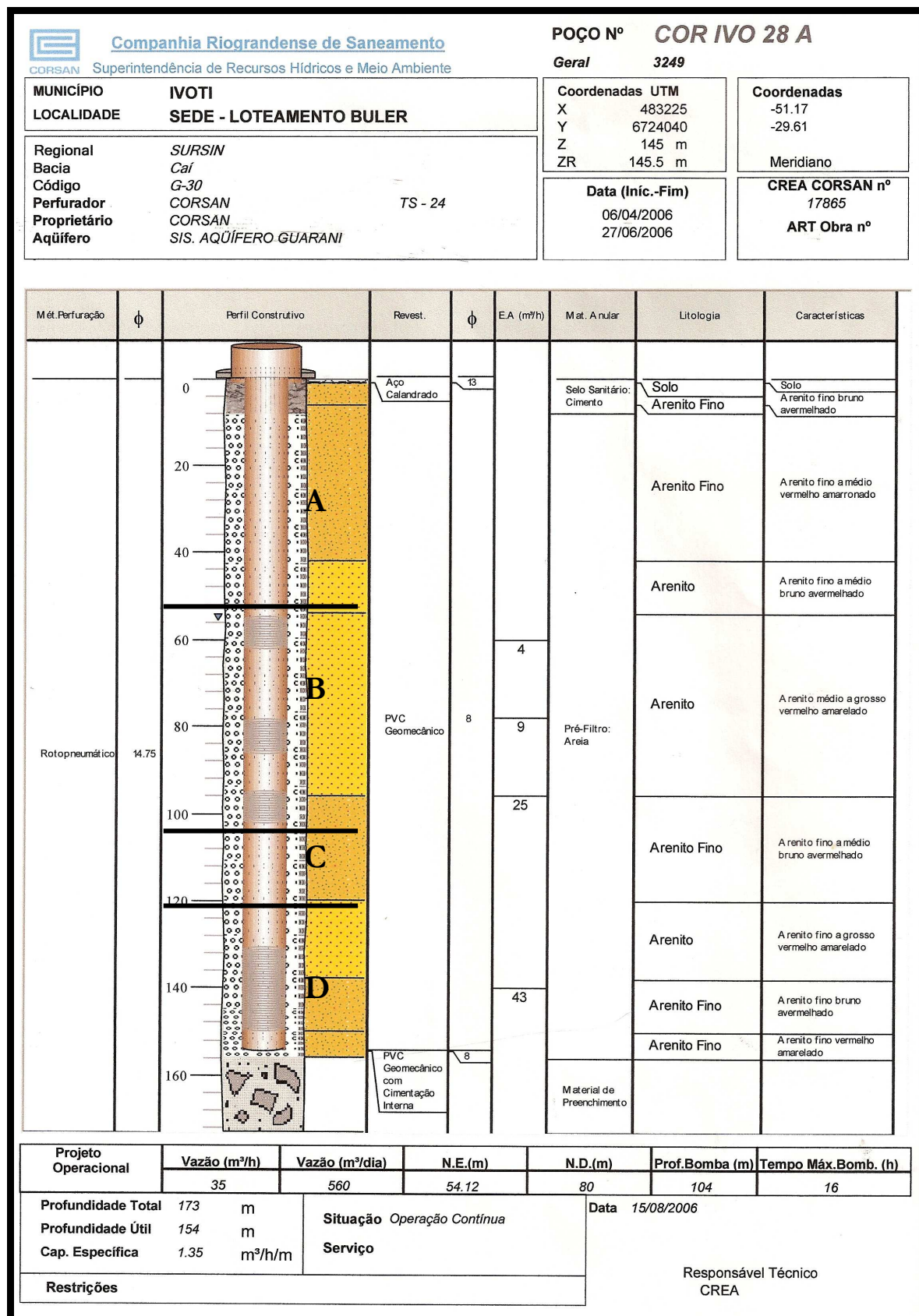


Figura 5.2.18.-Perfil litológico do poço tubular COR IV 28 com separação dos distintos horizontes detectados pela perfilagem geofísica. Fonte: CORSAN.

Buscando-se caracterizar granulométricamente os horizontes detectados por geofísica e pela descrição de amostras de calha, procedeu-se a coleta e análise granulométrica de quatro amostras de rocha sedimentar, conforme indicado no Quadro 5.2.2.

Horizonte	Cota (m)	Coordenadas UTM	Observações
A	145	483231/6724061	Topo da coluna estratigráfica local Afloramento da Formação Botucatu Janela estratigráfica Próximo ao poço COR IV - 28
B	90	486265/6727309	Afloramento próximo da Pequena Central Elétrica
C	40	482154/6726361	Afloramento Próximo do Arroio Bühler
D	20	481434/6718348	Afloramentos em Estância Velha

Quadro 5.2.2.- Localização das amostras para ensaios granulométricos

Admite-se que estas amostras correspondam aos horizontes geofísicos A, B, C e D. As curvas granulométricas obtidas (Figura 5.2.19, Figura 5.2.20, Figura 5.2.21 e Figura 5.2.22) mostram boa seleção do tamanho de partícula, com uma predominância geral da fração areia fina, principalmente nas amostras “A” e “B”. Teores da fração silte+argila da ordem de 15% são encontrados na amostra “C”, passando para 30% na amostra “D”. Esta situação caracteriza um aumento do tamanho de partícula da base para o topo do pacote sedimentar. Uma comparação dos resultados laboratoriais e estimativas geofísicas, apesar do pequeno número de amostras, é apresentada no (Quadro 5.2.3), verificando-se uma proximidade de valores para a amostra “D”.

Amostras / Horizonte	Espessura (m)	GRANULOMETRIA %				Coeficiente de uniformidade
		Geofísica		Laboratório		
		Finos	Areia	Finos	Areia	
A	55	-	-	7,35	92,65	3.23
B	50	28	72	3,96	96,04	3.43
C	20	40	60	13,2	86,8	7.06
D	> 50	35	65	32,94	67,06	sc

Quadro 5.2.3.- Comparação das características granulométricas de ensaios laboratoriais e técnicas geofísicas. (as amostras mais uniformes apresentam os menores valores do coeficiente de uniformidade)

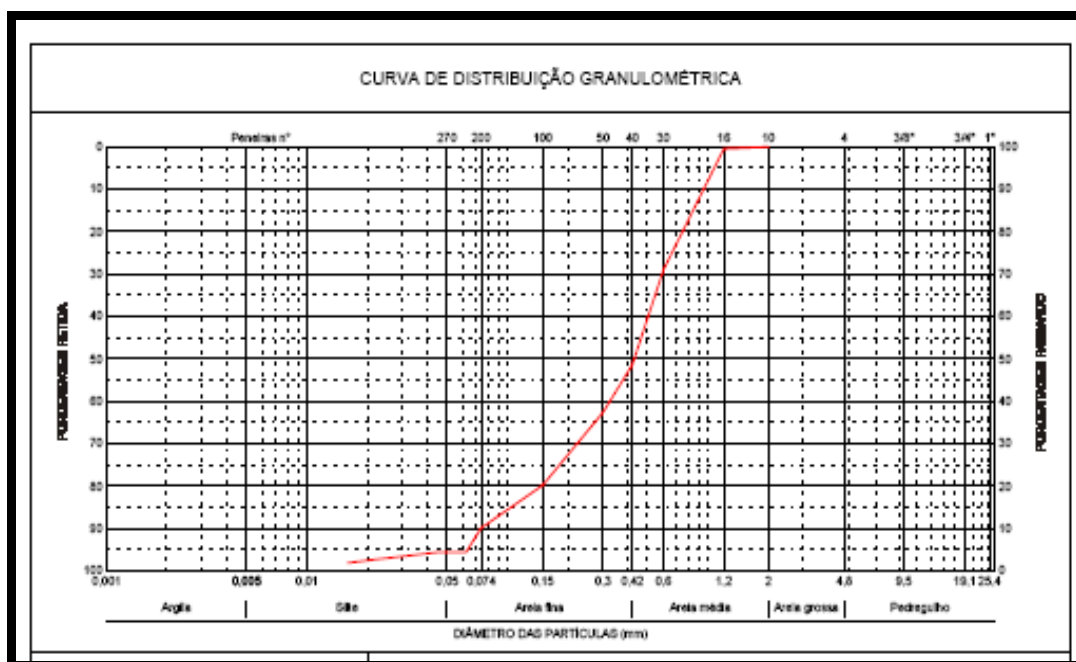


Figura 5.2.19.- Curva granulométrica da amostra A.

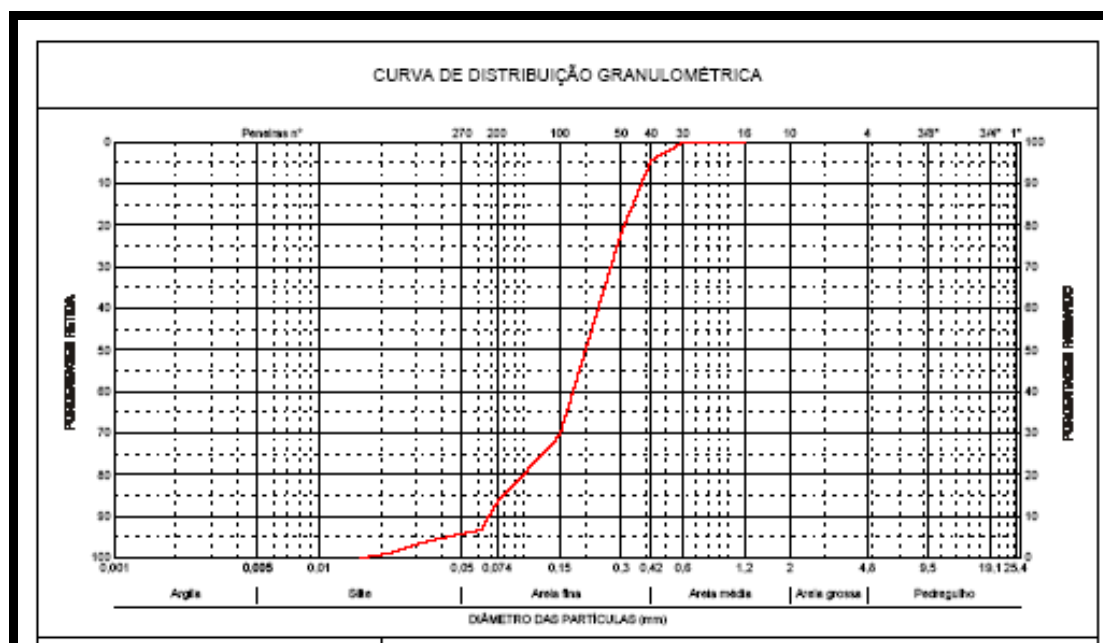


Figura 5.2.20.- Curva granulométrica da amostra B.

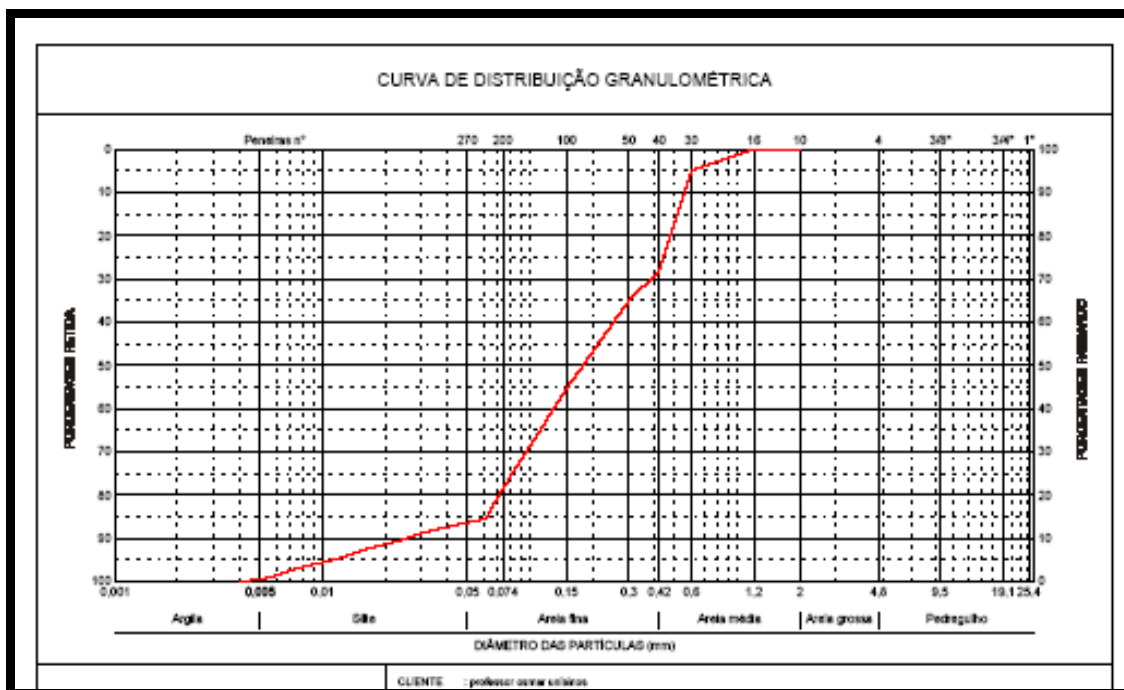


Figura 5.2.21.- Curva granulométrica da amostra C.

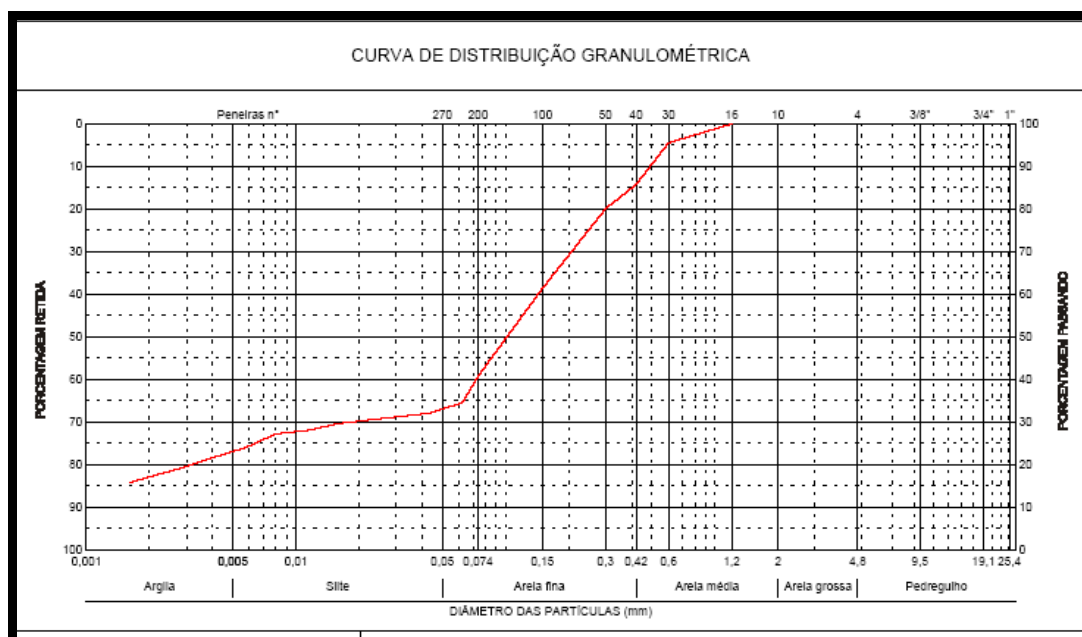


Figura 5.2.22.- Curva granulométrica da amostra D.

O coeficiente de uniformidade (Cu), definido por Hazen (1911), através da razão de tamanhos de partículas d_{60} / d_{10} , mostrou valores crescentes com o aumento da fração silte+argila (Quadro 5.2.4), variando de 3,23 na Formação Botucatu para 7,06 na Formação Pirambóia.

Esta relação é observável para um conjunto maior de amostras (Quadro 5.2.4), com valores de uniformidade variando de 3,0 a 9,2.

Amostr as	Coordenadas UTM	Cota (m)	Camada	d60/d10
102	487930/6727687	110	A	3,38
104	486265/6727309	65	B	3,5
106	481434/6718348	30	D	*
108	483231/6724061	130	A	3,0
110	482154/6726361	50	C	5,0
112	482692/6726334	50	C/D	9,2
116	483603/6720415	105	A	3,5
118	483492/6720799	50	C	5,0
120	484240/6719636	50	C	6

Quadro 5.2.4. - Coeficientes de uniformidade para amostras coletadas em Ivoti.

“*” fração silte+argila > 30% ; $d_{10} < 0,1 - 3,0$ mm, faixa limite indicada por Hazen (1911).

As amostras coletadas na Formação Botucatu (102,104, 108, e 116), situadas em janelas estratigráficas ou próximas ao contato com a Formação Serra Geral, apresentam coeficiente de uniformidade entre 3,3 e 3,5. Este resultado concorda com a proposição de (Hazen, 1911), segundo o qual coeficientes menores que 5,0 correspondem a materiais arenosos bem selecionados, características que deveriam resultar em maior porosidade e permeabilidade. Por sua vez, amostras coletadas na Formação Pirambóia apresentam coeficientes de uniformidade iguais ou superiores a 5,0 denotando o aumento da fração silte+argila e, conseqüentemente uma redução da porosidade e permeabilidade da rocha.

A partir destes resultados, pode-se identificar cinco camadas com distintas características. A identificação de cada um destes intervalos foi feito utilizando-se um esquema de códigos conforme Kostic et al., (2005), conforme descrição abaixo.

➤ **Formação Serra Geral – SG.** Rochas vulcânicas com espessuras desde poucos metros (poço COR IV 26) até mais de 150m (poço COR IV 22). A circulação de água subterrânea é condicionada pela porosidade secundária (fraturas);

➤ **SAG-topo** – Arenito com metamorfismo térmico, espessuras de 0,2 m até 5m, ocorrente no contato com a Formação Serra Geral – Topo do SAG em Ivoti.

➤ **SAG-A** – arenito com espessura em torno de 55m, constituído por 92,65% de areia média a fina, e de 7,35% de silte, $Cu = 3,23$;

➤ **SAG-B** – arenito com espessura em torno de 50m, constituído por 96,04% de areia fina a média, e de 3,96% da porção silte, $Cu = 3,43$;

➤ **SAG-C** – arenito com espessura em torno de 20m, constituído por 86,9% de areia fina a média, e de 13,2% de silte+argila, $Cu = 7,06$;

➤ **SAG-D** – arenito com espessura superior a 50m, constituído por 67% areia fina, e de 22% argila e 11% de silte, Cu sem cálculo, com cimentação carbonática.

Uma síntese destes resultados, incluindo fotografias e curvas granulométricas, esta apresentada de forma sintética na (Figura 5.2.23).

Utilizando-se do ordenamento conforme descrito acima, procedeu-se a elaboração das seções geológicas apresentadas nas (Figura 5.2.24; e Figura 5.2.25), as quais comprovam a ocorrência de falhamentos com rejeitos de dezenas de metros. Estes falhamentos promovem o soerguimento do topo do SAG, criando eventualmente janelas estratigráficas, as quais passam a atuar como áreas de recarga direta do SAG em Ivoti.


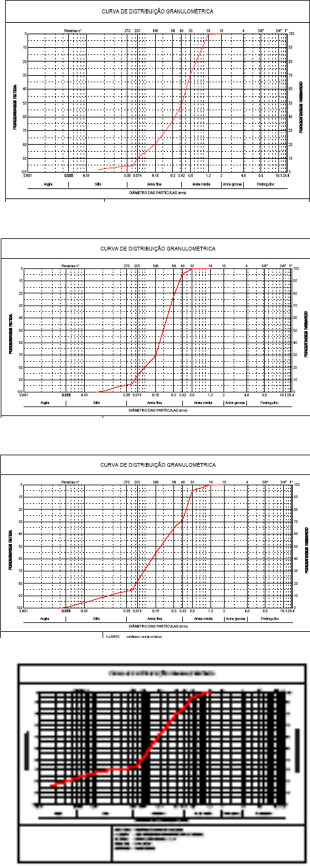
	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA ACUMULADA	CAMADAS DO SAG
		<p data-bbox="885 302 1284 358">Formação Serra Geral - SG Rocha basáltica muito fraturada</p> <p data-bbox="1061 448 1189 481">SAG - topo Espessura de 0,2m a 5,0m, muito duro, com metamorfismo de contato ou cimentação silicosa em lâmina delgada, freqüentemente sotoposto a horizonte argiloso derivado da alteração da rocha basáltica sobrejacente.</p> <p data-bbox="1077 728 1173 761">SAG - A Espessura 55m, arenito com granulometria areia média a fina, com $Cu = 3,23$</p> <p data-bbox="1077 974 1173 1008">SAG - B Espessura de 50m, arenito com granulometria média a fina a média, $Cu=3,43$</p> <p data-bbox="1077 1220 1173 1254">SAG - C Espessura de 20 m, arenito com granulometria areia fina siltosa, $Cu=7,06$</p> <p data-bbox="1077 1433 1173 1467">SAG - D Espessura > 50m arenito com granulometria areia fina argilo-siltosa, cimento carbonático.</p>

Figura 5.2.23.- Síntese do ordenamento das quatro camadas que formam o arcabouço do SAG em Ivoti.

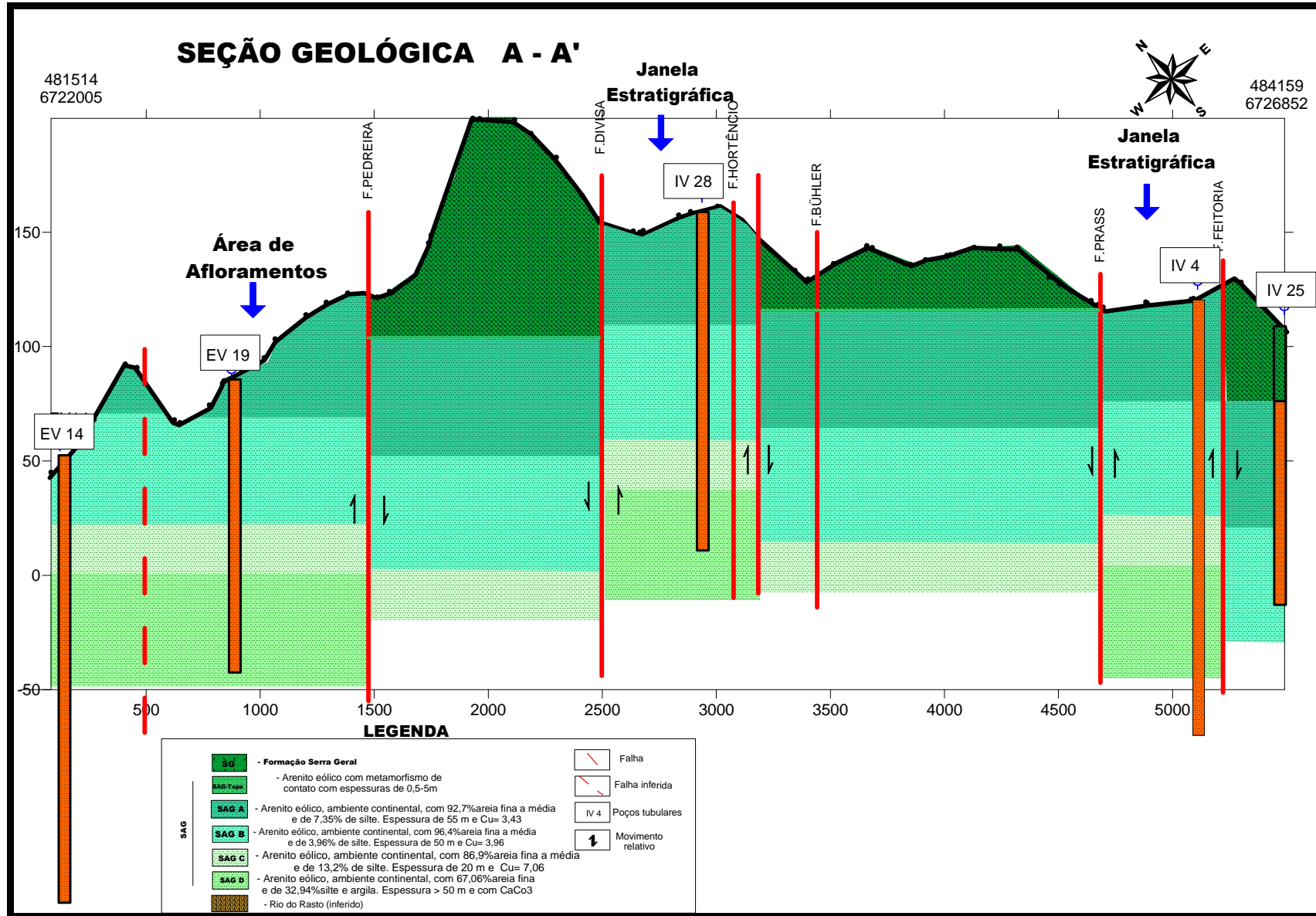


Figura 5.2.24.- Seção Geológica NE -SW do SAG em Ivoti. Na Falha Hortêncio foi executado caminhamento elétrico.

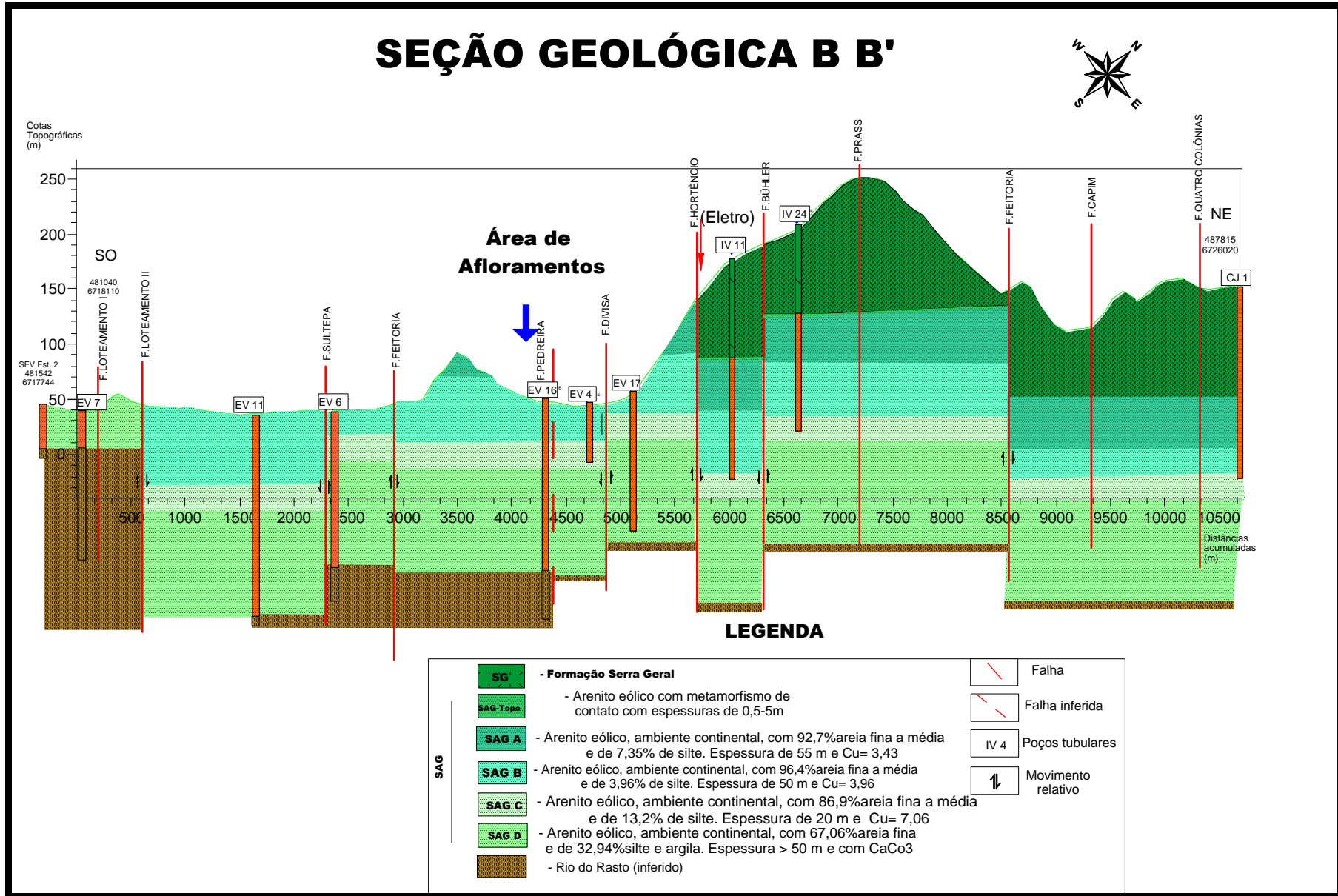


Figura 5.2.25.- Seção Geológica NE-SW, do SAG em Ivoti com detalhe da janela estratigráfica, localização do poço COR IV 28..

5.2.5. Análise dos Condicionantes de Recarga no SAG - Ivoti

Alguns aspectos geológicos são aqui analisados, principalmente com vistas à construção do modelo conceitual do SAG - Ivoti.

A recarga é fator importante na concepção dos modelos conceitual e numérico, podendo as mesmas ocorrer de forma direta nas janelas estratigráficas, ou indiretas localizadamente através das regiões onde ocorrem os falhamentos.

5.2.5.1.- Superfície de Contato do Topo do SAG com a Formação Serra Geral

Os contatos entre a Formação Botucatu e as efusivas basálticas da Formação Serra Geral caracterizam-se pelo metamorfismo térmico dos arenitos, efeito que se verifica em espessuras desde poucos centímetros até cinco metros, no topo do SAG. O arenito torna-se endurecido, por vezes até vítreo, com presença comum de cimentação ferruginosa.

Para a avaliação das características do topo do SAG, no que se refere às condições recarga, desta região, selecionou-se um afloramento no ponto de levantamento de campo de número 116 (E 483603 e N 6720367 – UTM), cuja seção geológica é apresentada na figura 5.2.26. Neste ponto foram coletadas amostras de arenito a distintas profundidades a partir da superfície de contato (Quadro 5.2.5), as quais foram submetidas à análise petrográfica.

Amostra	Cota topográfica (m)	Lâmina delgada
116-A	105	116-A
116-B	104,95	116-B
116-C	104,85	116-C

Quadro 5.2.5. – Identificação e cotas topográficas das amostras de arenito coletado próximo ao contato com a Formação Serra Geral (ponto 116).

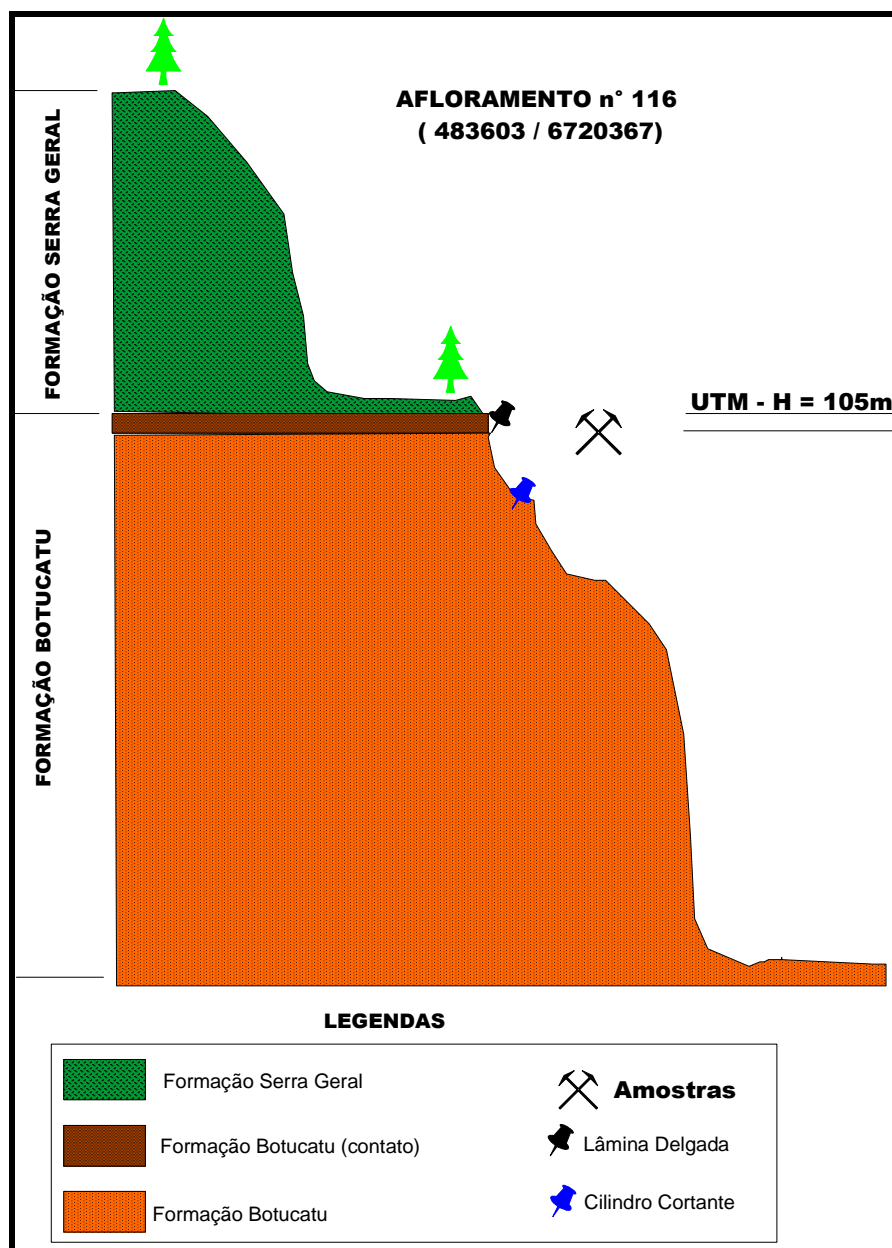


Figura 5.2.26.- Seção geológica no contato das formações Botucatu e Serra Geral, com indicação da amostragem de campo (ponto 116, coordenadas UTM= 483603; 6720367).

O resultado da análise petrográfica (Quadro 5.2.6) indica a presença de crescimento secundário de quartzo e feldspato, bem como a presença de cimentação intergranular por caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro. As observações de campo, associadas aos dados petrográficos, caracterizam o arenito de contato como um horizonte onde a porosidade é praticamente inexistente.

Lâmina	Descrição petrográfica
116-A	Arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e bem arredondada. Arenito feldspático composto por quartzo mono e policristalino, feldspato potássico e plagioclásio, e fragmentos de rocha plutônica granítica, sedimentar (argilito), vulcânica e subordinadamente metamórfica de baixo grau. Acessórios: epidotos. Os constituintes diagenéticos consistem de cutícula de hematita, crescimentos secundários de quartzo e feldspato, e caulinita intergranular. Lâmina não impregnada. Figura 5.2.27 e Figura 5.2.28
116-B	Muito similar a 116A. Os constituintes diagenéticos incluem também agregados de pirita microcristalina intergranular e substituindo grãos. Lâmina não impregnada. Figura 5.2.29 e Figura 5.2.30
116-C	Arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e bem arredondada. Arenito feldspático composto por quartzo mono e policristalino, feldspato potássico e plagioclásio, e fragmentos de rocha plutônica granítica, sedimentar (argilito), vulcânica e subordinadamente metamórfica de baixo grau. Acessórios: epidotos. Os constituintes diagenéticos consistem de cutícula de hematita, crescimentos secundários de quartzo e feldspato, caulinita intergranular e cimento de óxido/hidróxido de ferro (limonita?) telodiagenético. A caulinita se concentra preferencialmente nas lâminas mais grossas e a limonita nas mais finas. Lâmina não impregnada. Figura 5.2.31 e Figura 5.2.32.
116-D	Arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e bem arredondada. Arenito feldspático composto por quartzo mono e policristalino, feldspato potássico e plagioclásio, e fragmentos de rocha plutônica granítica, sedimentar (argilito), vulcânica e subordinadamente metamórfica de baixo grau. Acessórios: epidotos. Os constituintes diagenéticos consistem de cutícula de hematita e hematita substituindo grãos, crescimentos secundários de quartzo e feldspato, caulinita intergranular e pirita microcristalina substituindo grãos. Lâmina não impregnada. Figura 5.2.33 e Figura 5.2.33.

Quadro 5.2.6.- Descrições petrográficas de amostras de arenito da Formação Botucatu no contato com a Formação Serra Geral. Ponto 116. (coordenadas UTM= 483603; 6720367)

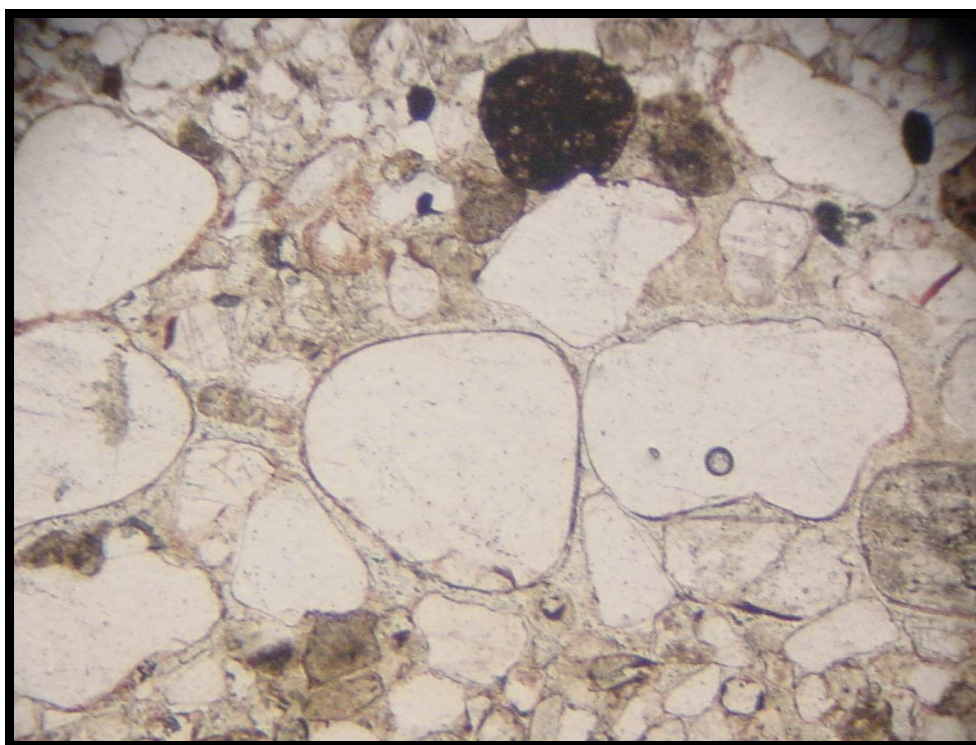


Figura 5.2.27.- Fotomicrografia da amostra 116A no contato com a Formação Serra Geral. Arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e bem arredondada. O diâmetro do grão ao centro é 0,6 mm.

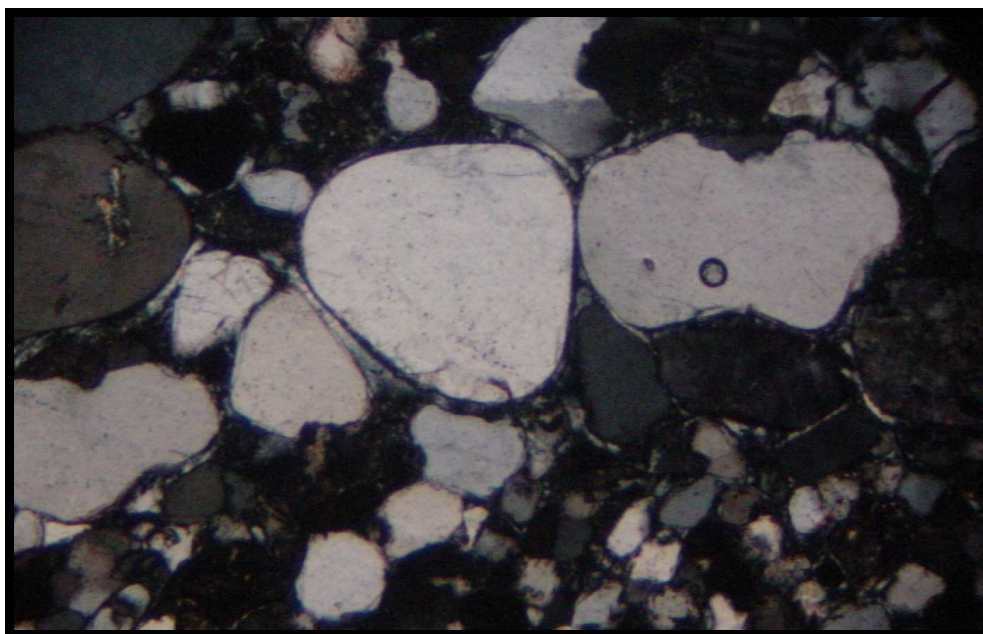


Figura 5.2.28.- Fotomicrografia da amostra 116A em nicóis-cruzados.

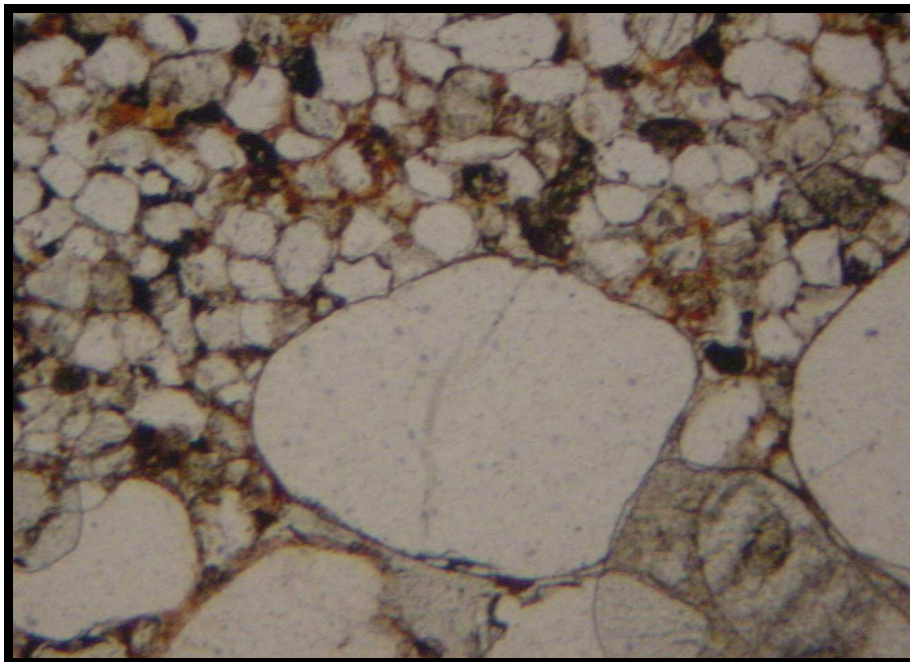


Figura 5.2.29.- Fotomicrografia da amostra 116 B mostrando um arenito bimodal (areia grossa / areia fina) com laminação plano-paralela, bem selecionada e com bom arredondamento dos grãos, os quais são envolvidos por cimentação ferruginosa. Observação: Amostragem da face de avalanche “grain-flow”.

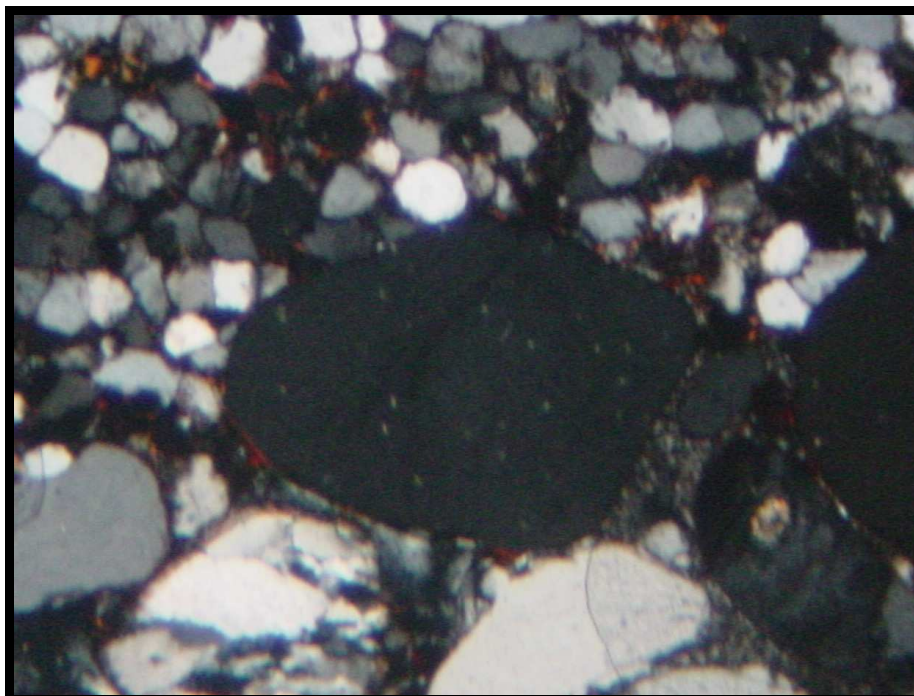


Figura 5.2.30.- Fotomicrografia da amostra 116 B em nicóis cruzados. A cimentação ferruginosa intergranular é observável em cores marrom-avermelhadas.

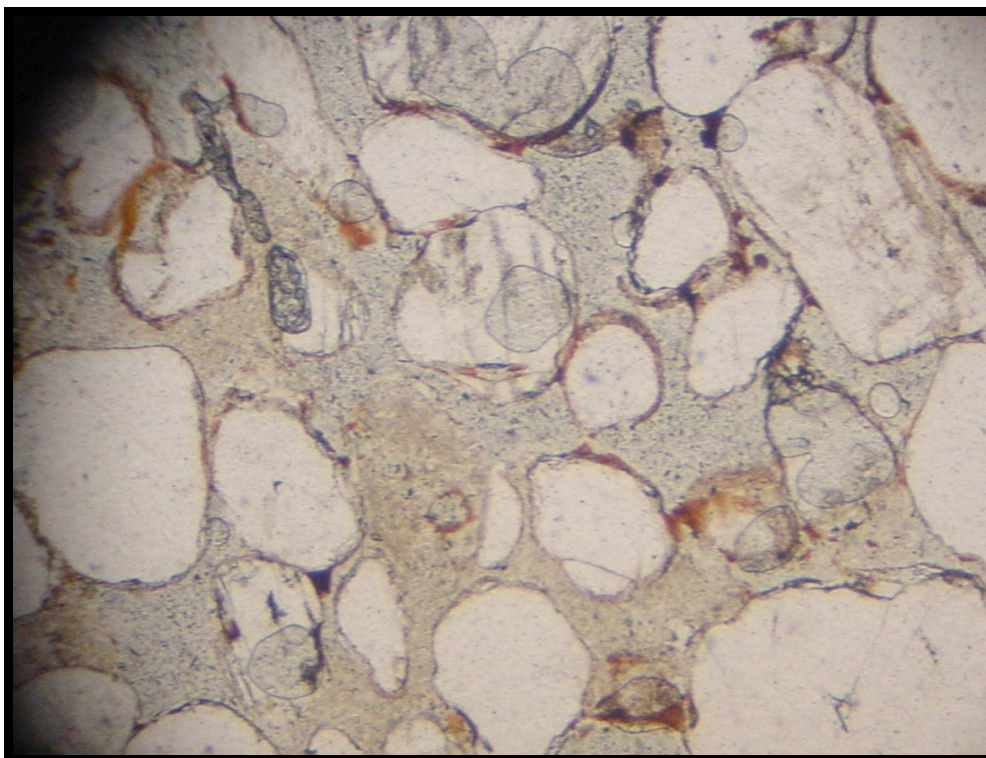


Figura 5.2.31.- Fotomicrografia da amostra 115 C, mostrando um arenito com grãos de feldspato, com constituintes diagenéticos, cutícula de hematita, e crescimentos secundários de quartzo e feldspato, caulinita intergranular e cimento de óxido/hidróxido de ferro (limonita?) telodiagnético.

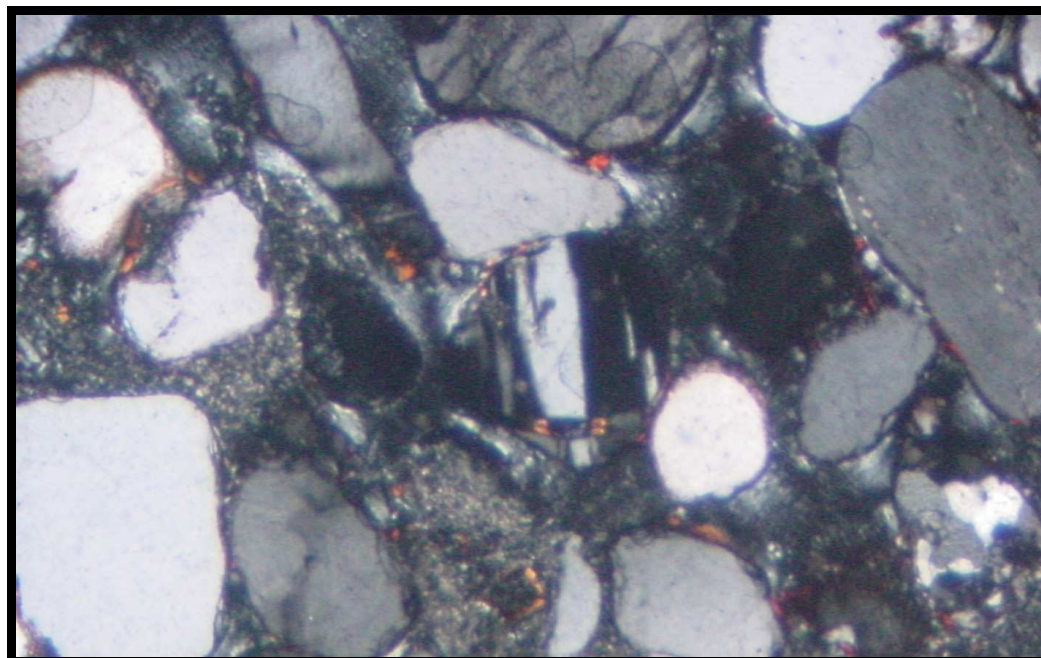


Figura 5.2.32.- Fotomicrografia da amostra 115 C em nicóis cruzados Os pontos em vermelho são de cimentação por óxidos e hidróxidos de ferro.

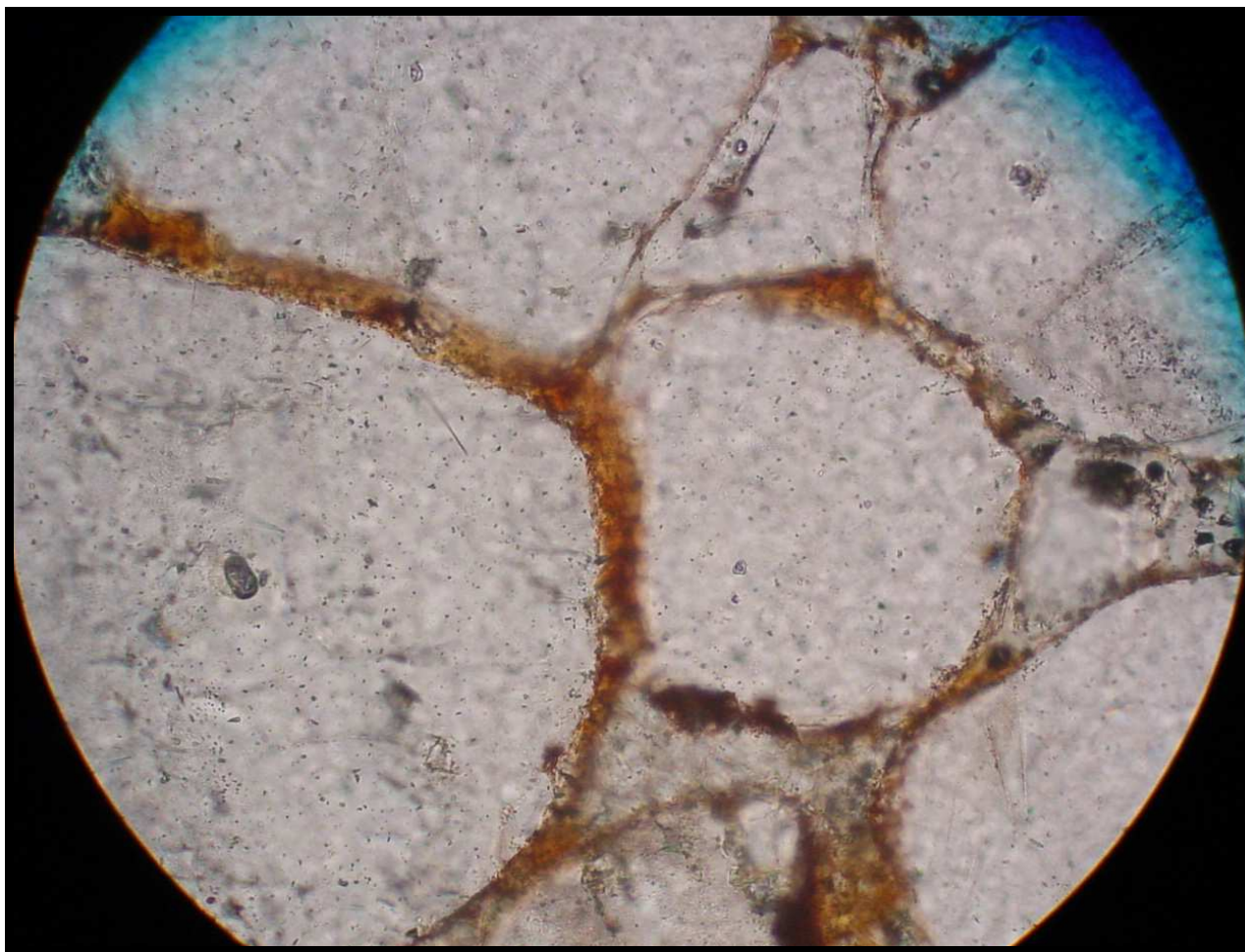


Figura 5.2.33. - Fotomicrografia com maior detalhe da amostra 115 C. Observando-se a cimentação intergranular de hematita, em vermelho. Diâmetro do grão no centro da lâmina 0,12mm.

5.2.5.2.- Lineamentos Tectônicos do SAG / Formação Serra Geral

A área de estudo como foi mencionado anteriormente, está na borda da Bacia do Paraná, tendo sido submetida a esforços distensivos, resultando em uma série de fraturas, como as identificadas por interpretação de fotografias aéreas. Tendo em vista, que a Formação Serra Geral que capeia o SAG - Ivoti não possui porosidade primária, ainda tendo em vista estar SAG - Topo submetido a metamorfismo de contato, torna-se importante identificar nos lineamentos tectônicos zonas com porosidade secundárias, propícias à recarga por infiltração.

Para este fim, elegeu-se uma região da carta geológica onde ocorre o cruzamento de dois lineamentos (UTM 484012 – 6722845), selecionando-se a Falha Hortêncio para execução de levantamento geofísico por caminhamento geolétrico. Admitiu-se, de acordo com Gallas (2003), que os locais de intenso fraturamento, devido a alteração promovida pelas

águas de infiltração, comportam-se como zonas de baixa resistividade, estas encaixadas em um “*background*” mais resistivo.

Na seção geofísica (Figura 5.2.34.), detectou-se uma a zona de baixa resistividade na estaca de número 140, que coincidente com o alinhamento estrutural inferida por fotointerpretação (Falha Hortêncio), cuja largura da zona de falha pode ser estimada em 30m. Outras zonas de baixa resistividade podem ser observadas, como da estaca 240m, não identificadas na fotointerpretação preliminar. Estes resultados estão de acordo com o modelo geométrico citado por Gallas (2003) para detecção de falhamentos, indica também que os lineamentos individuais maiores podem estar associados a estruturas de falhas múltiplas, com uma largura total maior que a falha obtida por fotointerpretação. Finalmente, admite-se que estas estruturas sejam propícias à recarga do SAG, por criar zonas de porosidade secundária.

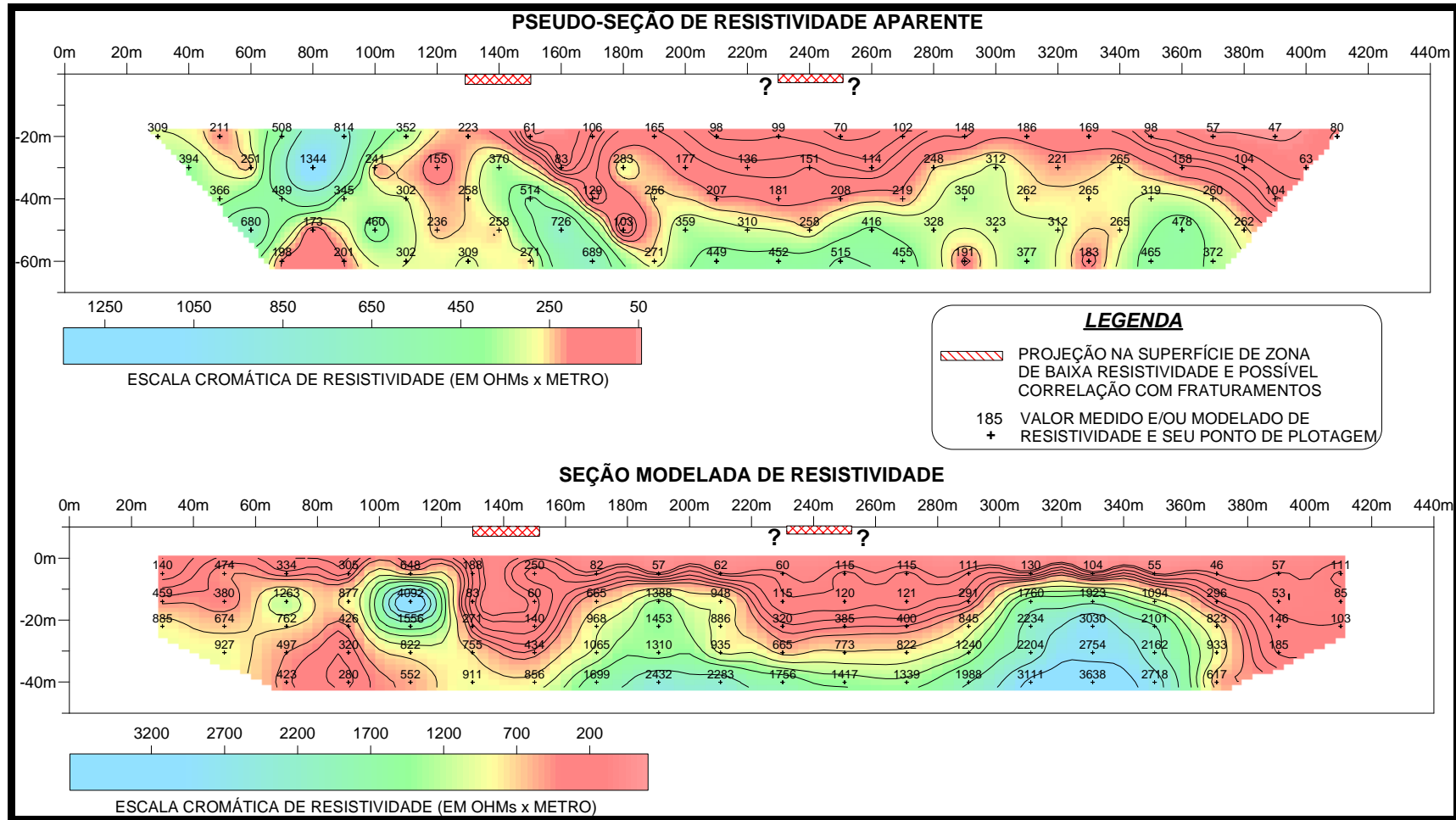


Figura 5.2.34.– Seções de geofísica obtidas em caminhamento elétrico executado em Ivoti lineamentos (UTM 484.012 – 6.722.845). Na estaca 140 localiza-se a Falha Hortêncio, para a qual se verifica uma zona de baixa resistividade em profundidade.

No Quadro 5.2.7, está sendo apresentado um resumo dos fatos observados, das indicações e perspectivas obtidas através da análise geológica do SAG em Ivoti.

<p>Fatos observados</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tectônica atuante com movimentação vertical de blocos; identificado em fotos aéreas, imagens de satélite, seções geológicas, seções geolétricas e seções regionais, - Espessuras do SAG - Ivoti de aproximadamente 150m, identificados nos Perfis Litológicos, Perfilagem Geofísica, Seções Geológicas, e Seções Regionais; - Quatro horizontes diferentes identificados na Perfilagem Geofísica do poço COR IV 28, -Em Ivoti a Formação Serra Geral capeia quase que a totalidade da área do município, a exceção de duas janelas estratigráficas; - O topo do SAG - Ivoti apresenta arenitos com constituintes diagenéticos como cutículas de hematita, crescimentos secundários de quartzo e feldspato, caulinita intergranular e cimento de óxido/hidróxido de ferro.
<p>Indicações</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O SAG - Ivoti apresenta áreas propícias às recargas diretas (janelas estratigráficas); - O SAG - Ivoti apresenta zonas de porosidade secundária, com condições propícias para recarga através na Formação Serra Geral; -O arcabouço do SAG - Ivoti está constituído por pelo menos quatro camadas de variadas espessuras, e distribuição granulométrica entre areias médias a finas / silte / argila;
<p>Perspectivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Boas condições de recarga do SAG - Ivoti, em decorrência da existência das zonas de porosidades primárias e secundárias; - Propriedades Físicas propícias para armazenamento e circulação de água subterrânea; - Aquífero heterogêneo;

Quadro 5.2.7.- Observações, indicações e perspectivas decorrentes da análise geológica do SAG em Ivoti.

5.3. - Modelagem Conceitual e Numérica do SAG em Ivoti

5.3.1. Modelagem Conceitual

Para elaboração do modelo conceitual do SAG em Ivoti - RS foram considerados aspectos geológicos, hidrogeológicos, balanço hídrico, e ações antrópicas com influência sobre o sistema aquífero, como enunciado a seguir:

- Estrutura geológica, geometria, estratigrafia e heterogeneidades do reservatório;
- Atributos das estruturas geológicas e camadas estratigráficas, bem como suas respectivas propriedades hidrogeológicas;
- Recargas do aquífero, interação do reservatório com o sistema hídrico superficial e as condições de contorno para modelamento; e
- Ações antrópicas relacionadas à extração de água subterrânea.

Estes aspectos, com base nos resultados geológicos e elementos resultantes da análise de indicadores, são a seguir analisados com vistas à elaboração do modelo conceitual do aquífero. Uma síntese da concepção adotada, associando fatores geológicos, hidrogeológicos, recargas e ações antrópicas, aos respectivos elementos conceituais, são apresentadas no (Quadro 5.3.1.1).

Uma visão integrada desta concepção, bem como a verificação da adequação de alguns conceitos, é permitida pelas seções hidrogeológicas (Figura 5.3.1.1 e Figura 5.3.1.2). Nestas, observam-se o escalonamento dos blocos justapostos e o comportamento do nível de água subterrâneo, confirmando a atuação das janelas estratigráficas, afloramento do SAG, como áreas de recarga direta. A principal zona de recarga direta em Ivoti - RS, que corresponde à área da janela estratigráfica onde situa-se o poço COR IV 28.

A variação dos níveis potenciométricos, conforme se observa nas seções hidrogeológicas, torna evidente que houve a depleção dos níveis de água do aquífero, como já identificado pela análise de indicadores. Em grande parte dos blocos do SAG os níveis de água encontram-se muito abaixo do contato com a Formação Serra Geral, configurando, conforme Cleary (1989), comportamento de reservatório com nível livre.

No poço COR IV 4 se observa que ocorreu a inversão de fluxo da água subterrânea. Este bloco, devido à inversão, passa a receber recarga de blocos vizinhos, o qual, por estarem capeados pela Formação Serra Geral, indica a ocorrência de recarga, nas zonas de falha.

Fatores geológicos, hidrogeológicos, ou antrópicas	Elementos conceituais
Estrutura Geológica	<ul style="list-style-type: none"> • Predominam falhamentos segundo as orientações NE e NW; • A estrutura do sistema aquífero, devido à ocorrência de falhamentos NE e NW com deslocamentos verticais significativos, caracteriza-se pelo escalonamento do SAG em blocos justapostos; • Alguns blocos isolados, devido ao escalonamento estrutural, constituem janelas estratigráficas;
Geometria, estratigrafia e heterogeneidades	<ul style="list-style-type: none"> • A espessura média do SAG foi estimada em 120 m; • O reservatório caracteriza-se como um aquífero granular, constituído por quatro horizontes com distintas granulometrias e porosidades; • Os horizontes constituintes do reservatório são assumidos como tabulares e lateralmente contínuos; • As características granulométricas e de porosidade são consideradas homogêneas para cada horizonte; • A base do SAG é balizada pelo topo da Formação Rio do Rasto; • O topo do SAG é limitado pelo contato com a Formação Serra Geral;
Atributos das camadas hidroestratigráficas	<ul style="list-style-type: none"> • O SAG comporta-se como um aquífero poroso, constituído por quatro horizontes que apresentam diferentes granulometrias, e respectivas propriedades hidrogeológicas; • O aquífero sedimentar superpõe-se um sistema de falhamentos NE e NW, o que pode aumentar ou reduzir a condutividade hidráulica original do SAG; • O contato do SAG com a Formação Serra Geral, devido ao metamorfismo térmico e/ou cimentação posterior, tem baixa a muito baixa condutividade hidráulica;
Recargas e direção de fluxo	<ul style="list-style-type: none"> • Recargas diretas ocorrem nas zonas de porosidade primária, principalmente nas janelas estratigráficas; • Recargas indiretas ocorrem nas zonas de porosidade secundária falhamentos NE e NW; • Recargas indiretas podem ocorrer a partir da infiltração da rede de drenagem superficial, ou drenância da Formação Serra Geral; • O fluxo é predominantemente horizontal com sentido geral de sudoeste para nordeste; • Devido aos níveis potenciométricos atuais, o SAG apresenta comportamento de aquífero não confinado pela Formação Serra Geral; • A descarga pode ocorrer ao longo das drenagens superficiais, como também nas encostas em áreas de afloramento do SAG; • Os falhamentos NE e NW, podem aumentar a porosidade primária, e criar vias preferenciais do fluxo subterrâneo; poços localizados em zonas de falha podem ter maiores condutividades hidráulicas;
Ações antrópicas	<ul style="list-style-type: none"> • Taxas de bombeamento muito elevadas causando depleção dos níveis de água do aquífero; • Colapso operacional dos poços tubulares do abastecimento público;

Quadro 5.3.1.1. - Fatores geológicos, hidrogeológicos e ações antrópicas e respectivos elementos conceituais para a modelagem do SAG - Ivoti.

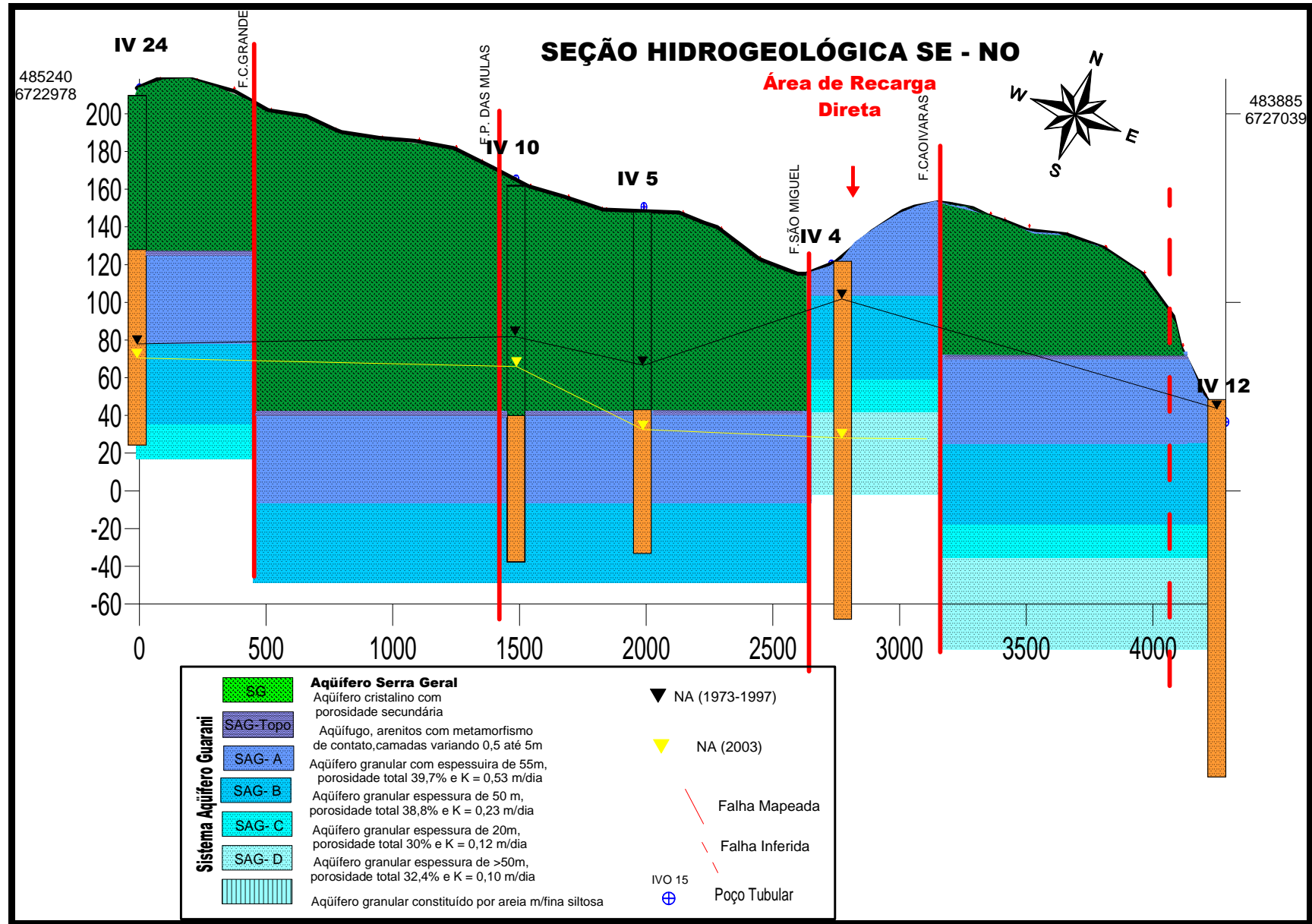


Figura 5.3.1.1. - Seção Hidrogeológica SE – NW do SAG em Ivoity, com níveis potenciométricos relativos à data da conclusão do poço (preto) e de 2003 (amarelo). Fonte: CORSAN.

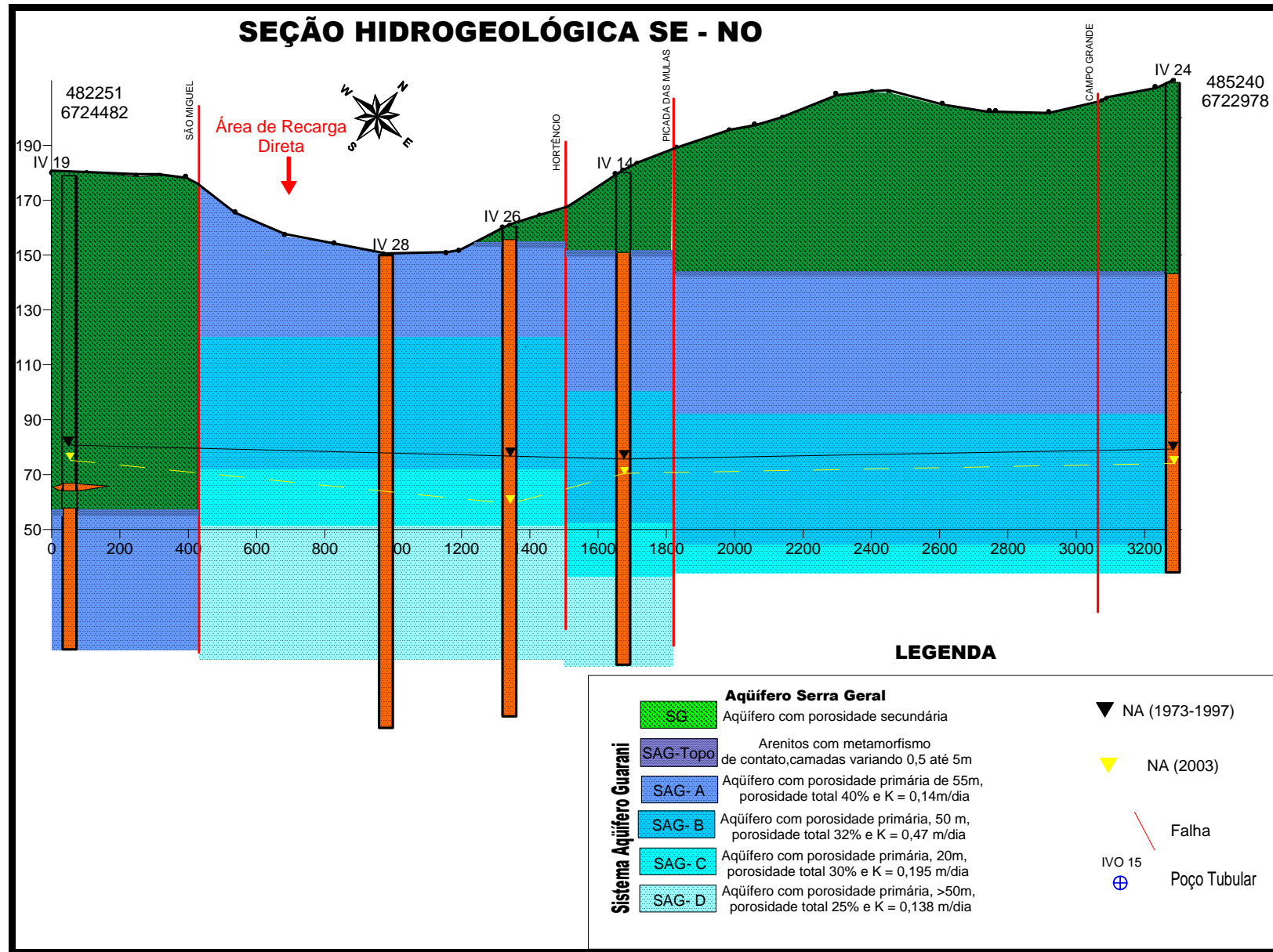


Figura 5.3.1.2.- Seção Hidrogeológica SE–NW, do SAG em Ivoity, com níveis potenciométricos relativos à data de perfuração (preto) e de 2003 (amarelo). Fonte: CORSAN.

5.3.2.- Quantificação e Análise Paramétrica para Modelagem Numérica

5.3.2.1.- Porosidades e Condutividades Hidráulicas para os Horizontes Hidroestratigráficos

A porosidade dos horizontes hidroestratigráficos, representando a razão do volume de vazios intergranulares em relação ao volume total das rochas sedimentares, é fator determinante das propriedades hidrogeológicas do SAG. Algumas porosidades relativas a materiais geológicos, citados por Freeze & Cherry (1979), são apresentados no (Quadro 5.3.2.1).

Material Geológico	Faixa de valores de Porosidade (η %)
• Depósitos Inconsolidados	
Cascalhos	25-40
Areias	25-50
Siltes	35-50
Argilas	40-70
• Rochas	
Basalto Fraturado	5-50
Karst	5-50
Arenitos	5-30
Argilitos, Folhelhos	0-20

Quadro 5.3.2.1.- Porosidades dos materiais geológicos, segundo Freeze & Cherry (1979).

Verifica-se que a porosidade total dos arenitos pode atingir 30%. Aspectos como o arredondamento e a seleção dos grãos, como identificado na análise petrográfica, resultam em elevados valores de porosidade primária das rochas sedimentares, refletindo-se em um aumento da sua condutividade hidráulica (K). Portanto, poder-se-ia estimar que as porosidades do SAG devem situar-se próximas aos limites máximos indicados por estes autores.

Por sua vez, horizontes com elevado conteúdo da fração argila, embora tenham porosidade total elevada, apresentam baixa condutividade hidráulica. Além disto, quanto menor o tamanho das partículas, maior é sua retenção específica (Sr), a qual é definida por Meinzer (1923), como a quantidade de água retida em relação ao total do volume da rocha.

Em contrapartida, a vazão específica (S_y) representa o volume de água que a rocha pode drenar por gravidade. A soma destes dois volumes corresponde à porosidade total.

$$\eta (\%) = S_y + S_r$$

Argilas com porosidade de 50% apresentam retenção específica da ordem de 48%, restando apenas 2% de água que pode ser drenada por gravidade. Estes termos são associados aos conceitos de porosidade total e de porosidade específica. Valores típicos de vazão específica, citados por (Meinzer, 1923) in Fetter (2001), são apresentados no (Quadro 5.3.2.2).

Vazão Específica (%)			
Material	Máxima	Mínima	Média
Argila	5	0	2
Areia argilosa	12	3	7
Areia fina	28	10	21
Areia média	32	15	26
Areia grossa	35	20	27
Areia com seixos	35	20	25
Cascalho fino	35	21	25
Cascalho médio	26	13	23
Cascalho grosso	25	12	22

Quadro 5.3.2.2.- Vazão específica conforme a granulometria dos materiais geológicos, segundo (Meinzer,1923). Fonte: Fetter (2001).

A condutividade hidráulica, a qual exprime a facilidade com que um aquífero exerce sua função de condutor hidráulico, depende do espaço de vazios, os quais devem estar interconectados para propiciar boas condições de circulação da água subterrânea. Este parâmetro, proposto pelo engenheiro francês Henry Darcy, em 1956 (Fetter 2001; Feitosa et al., 1997; Driscoll 1989; Frezze & Cherry 1979; Rebouças 1976; Tood 1967), corresponde a um tensor de condutividade hidráulica, cujo sinal negativo indica fluxo da água no sentido dos potenciais decrescentes, como a seguir apresentado:

$$q = Q/A = - K \Delta h/L$$

onde:

- q é um vetor velocidade,
- Q/A é a razão da vazão pela área transversal ao fluxo.
- K é o tensor de condutividade hidráulica (m/s ou cm/s)
- $\Delta h/L$ é o gradiente de carga hidráulica.

Valores comuns de condutividade hidráulica e permeabilidades são apresentados no Quadro 5.3.2.3, verificando-se a inter-relação entre estes parâmetros.

Material	Permeabilidade (Darcy)	Condutividade Hidráulica (cm/s)
Argilas	$10^{-6} - 10^{-3}$	$10^{-9} - 10^{-6}$
Silte, areias siltsosas, areias argilosas	$10^{-3} - 10^{-1}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areias siltsosas, areias finas	$10^{-2} - 1$	$10^{-5} - 10^{-3}$
Areias bem selecionadas	$1 - 10^2$	$10^{-3} - 10^{-1}$
Cascalhos bem selecionados	$10 - 10^3$	$10^2 - 1$

Quadro 5.3.2.3.- Permeabilidades e condutividades hidráulicas para materiais sedimentares. Fetter, (2001).

De acordo com Fetter (2001), a permeabilidade é função do tamanho dos poros. Quanto menor o tamanho do grão, maior é a área de contato dessa superfície com a água, como também maior a fricção e a resistência ao fluxo, reduzindo assim a permeabilidade da rocha.

De acordo com a proposição de Norris & Fidlern (1965), segundo os quais a permeabilidade é proporcional ao tamanho de partícula para sedimentos bem selecionados, como é o caso do SAG em Ivoti - RS, buscou-se caracterizar a granulometria dos horizontes hidroestratigráficos, conforme apresentado no (Quadro 5.3.2.4). Observa-se uma tendência de aumento do tamanho das partículas para o topo da seqüência sedimentar.

Camadas	Porosidade	Espessuras(m)
A	Sem leitura	55
B	Proporção areia /finos = $72\% / 28\% = 2,57$ Porosidade total = 35% Porosidade efetiva = 30%	50
C	Proporção areia /finos $55\% / 45\% = 1,22$ Porosidade total = 30% Porosidade efetiva = 20%	20
D	Proporção areia /finos $65\% / 35\% = 1,85$ Porosidade total = 30% Porosidade efetiva = 18%	> 50

Quadro 5.3.2.4. Proporção areia / finos e porosidades estimadas por perfilagem geofísica para os horizontes hidroestratigráficos identificados no poço COR IV 28.

As curvas granulométricas mostram a predominância de areias finas, surgindo à fração argila (23%) apenas na base da seqüência estratigráfica, horizonte SAG D (Anexo I). Este comportamento concorda com a tendência observada de aumento do tamanho das partículas para o topo do aquífero.

Utilizando-se amostras coletadas em campo, estimou-se a porosidade através da composição granulométrica com o triângulo de classificação, (Johnson,1967), conforme apresentado na Figura 5.3.2.1. Os resultados indicam uma composição predominantemente arenosa. Com estas mesmas amostras diretas, realizou-se a determinação da porosidade (Quadro 5.3.2.5.), conforme proposição de Fetter (2001), observando-se uma aproximação e correlação com os valores de porosidade obtidos com o triângulo de (Johnson, 1967).

Uma avaliação integrada das porosidades obtidas indiretamente por perfilagem geofísica, com as estimativas a partir da granulometria (Johnson, 1967), bem como determinadas por amostragem do material geológico Fetter (2001), é apresentada no Quadro 5.3.2.6.

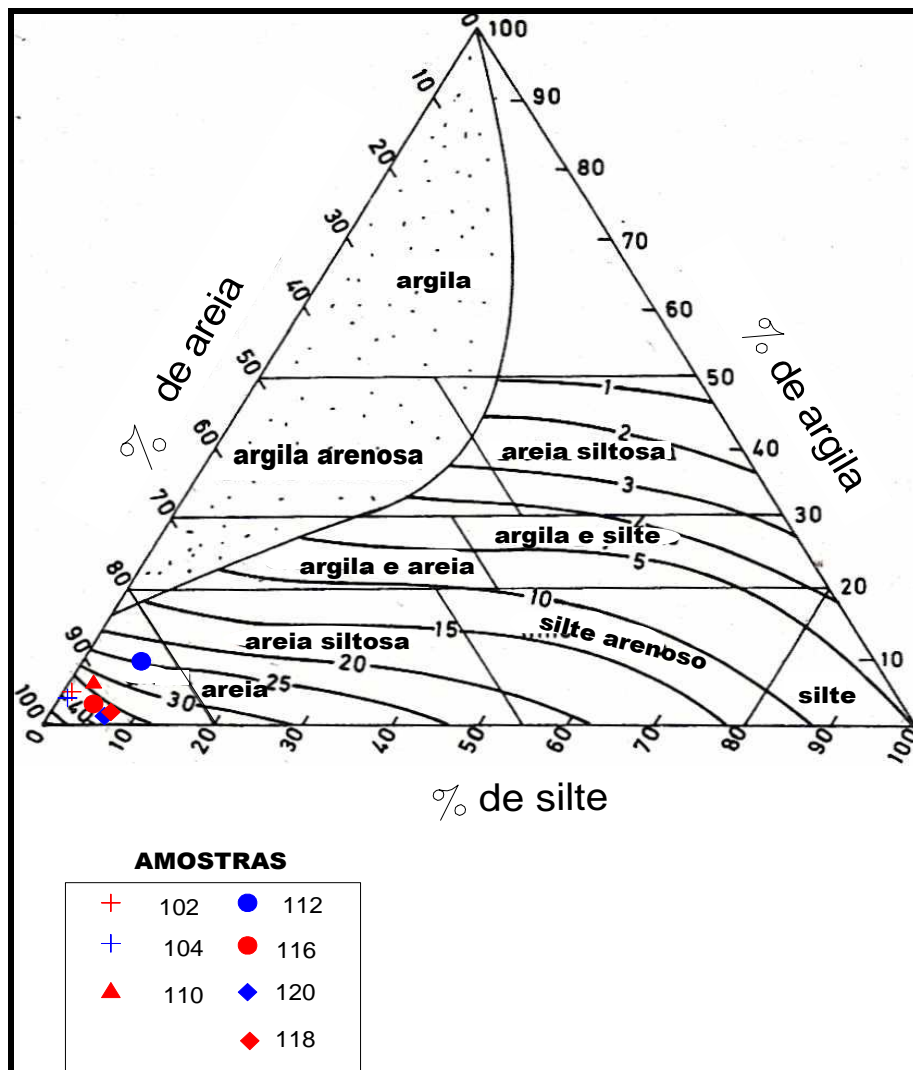


Figura 5.3.2.1.- Porosidades para sedimentos inconsolidados, utilizando o triângulo de (Johnson, 1967), para amostras do SAG coletadas em Ivoti - RS.

Amostra	(Johnson,1967) η %	Volume do conteúdo de água, Fetter (2001) η %
102	40 %	-
104	40%	32,4
106	-	-
108	39 %	39,7%
110	30%	-
112	25%	-
114	-	35,60%
116	38%	38,86%
118	38%	32,4%
120	38%	32.4%

Quadro 5.3.2.5.- Estimativas de porosidade total do SAG em Ivoti.

Unidades do SAG	Espessuras (m)	Porosidade Total (η %)		
		Estimada por Perfilagem Geofísica	Estimada por granulometria (Johnson, 1967)	Determinada por Volumetria (Fetter, 2001)
A	55	-	40%	40 %
B	50	35%	40 %	32,4 %
C	20	30%	27,5 %	32,4 %
D	50 ou mais	30%	-	-

Quadro 5.3.2.6.- Porosidades totais estimadas e/ou determinadas para os horizontes do SAG em Ivoti.

Uma comparação dos métodos geofísicos com os métodos diretos, considerando os horizontes hidroestratigráficos, é apresentada no (Quadro 5.3.2.7). Observa-se um aumento do teor de argila com a profundidade, estimando-se, portanto, uma redução da porosidade efetiva.

Horizonte	Espessura (m)	GRANULOMETRIA (%)				POROSIDADE (%)			
		Geofísica		Direto		Geofísica		Granulometria	Direto
		Finos	Areia	Finos	Areia	Total	Efetiva	(Johnson, 1967)	(Fetter, 2001)
A	55	0	0	7.35	92.65	0	0	40	40
B	50	28	72	3.96	96.04	32	22	40	32.4
C	20	40	60	13.2	86.8	30	20	27.5	32,4
D	> 50	35	65	32.94	67.06	25	17.5	0	0

Quadro 5.3.2.7.- Estimativas e determinações diretas da granulometria e porosidade dos horizontes hidroestratigráficos do SAG em Ivoti.

Os parâmetros de condutividade hidráulica, transmissividade e coeficiente de armazenamento, para o SAG - Ivoti, foram calculados pela equação de não equilíbrio de (Theis, 1935), pela equação modificada de não equilíbrio de (Cooper & Jacob, 1946) in Driscoll (1989), e pela equação de recuperação, com dados dos ensaios de bombeamento dos poços da CORSAN (Quadro 5.3.2.8). Os valores obtidos mostram uma variação de condutividade hidráulica de 10^{-3} cm/s a 10^{-5} cm/s, (Figura 5.3.2.2.), próprias de um meio físico composto de areias médias a finas / areias siltsas, conforme descrito por Fetter (2001).

Modificações dos parâmetros hidráulicos, em decorrência de depleção potenciométrica, foram observadas para estes poços nos últimos 34 anos. Os valores iniciais, conclusão do poço, e de reavaliação em 2003 são também apresentados no (Quadro 5.3.1.8).

Para o Aquífero Serra Geral, foi estabelecida a condutividade hidráulica de $K = 8,6 \times 10^{-3}$ m/dia, valor referência utilizado em modelagem por Rodríguez et al., (2007).

	ID	UTM-E (m)	UTM-N (m)	UTM-H (m)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)	MBS (m)	H-MBS (m)	T (m ² /h)	K (cm/s)	S	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)	MBS (m)	H-MBS (m)	T (m ² /h)	K (cm/s)
Data					PROJETO								AVALIAÇÃO 2003								
1973	IV 2	483965	6725172	145.5	67.58	77.92	79	66.5	100	45.5	1.24	2.9 E-4	0.004	87.25	58.25	100	45.5	132	13.5	0.77	2.13 E-4
1979	IV 3	483988	6725794	150.6	81.87	68.73	87.43	63.2	104	46.6	4.357	1.27 E-3	0.979	99.15	51.45	104	46.6	126	24.6	2.04	7.5 E-4
1979	IV 4	484443	6725586	120	14.74	105.26	45	75	90	30	3.42	6.6 E-4	0.092	74.52	45.48	104	16	130	-10	0.678	1.6 E-4
1986	IV 5	484713	6724897	153.6	76.00	77.6	108	51	110	43.6	0.296	1.2 E-4	0.002	106.7	46.9	127	26.6	140	13.6	0.467	1.9 E-4
1986	IV 6	482742	6724723	164.5	85.60	78.90	99.71	64.8	115	49.5	1.134	3.6 E-4	0.006	101	63.5	115	49.5	125	39.5	1	3.7 E-4
1987	IV 8	483565	6724150	140	63.46	76.54	104	36	132	8	0.671	1.86 E-4		74.45	65.55	99.82	40.2	140	0	0.472	1.31 E-4
1990	IV 10	484875	6724419	165	83.62	81.38	128	37	130	35	0.26	9.7 E-5	0.017	98.1	66.9	131.5	33.5	160	5	0.239	8.8 E-5
1991	IV 13	483202	6724566	145	65.44	79.56	90	55	120	25	1.594	5.5 E-4		68.95	76.05	92	53	125	20	0.605	1.9 E-4
1991	IV 14	483751	6723651	174	97.86	76.14	120	54	130	44	1.943	6.5 E-4	0.11	110.8	63.2	118.22	55.8	130	44	0.808	3.2 E-4
1992	IV 15	485191	6726047	130	64.89	65.11	98.82	31.2	140	-10	1.951	4.1 E-4	0.007	91.46	38.54	124.89	5.11	140	-10	0.508	1.3 E-4
1997	IV 18	483489	6725043	143	73.05	69.95	145	-2	162	-19	0.31	8.2 E-5		78.89	64.11	136.96	6.04	160	-17	0.258	9.8 E-5
1997	IV 19	482251	6724482	177	97.40	79.6	120	57	132	45	0.876	4.5 E-4	0.058	101	76	114.47	62.5	135	42	0.89	4.5 E-4
1997	IV 23	485067	6726161	115.3	75.68	39.62	100	15.3			0.56	1.6 E-4	0.0005								
1997	IV 24	485240	6722978	206	130.30	75.7	145	61	174	32	1.94	9.7 E-4		137.2	68.8	150.34	55.7	175	31	0.837	4.75 E-4
1997	IV 26	483469	6723823	170	93.26	76.74	111.1	58.9	130	40	1.61	4.8 E-4		98.5	71.5	109.75	60.3	140	30	1.06	3.36 E-4

Quadro 5.3.2.8.- Parâmetros hidráulicos dos poços tubulares em Ivoti - RS. Fonte: CORSAN 2003.

(MBS= grupo motobomba submersa; T= Transmissividade; K= Condutividade hidráulica; S= coeficiente de armazenamento).

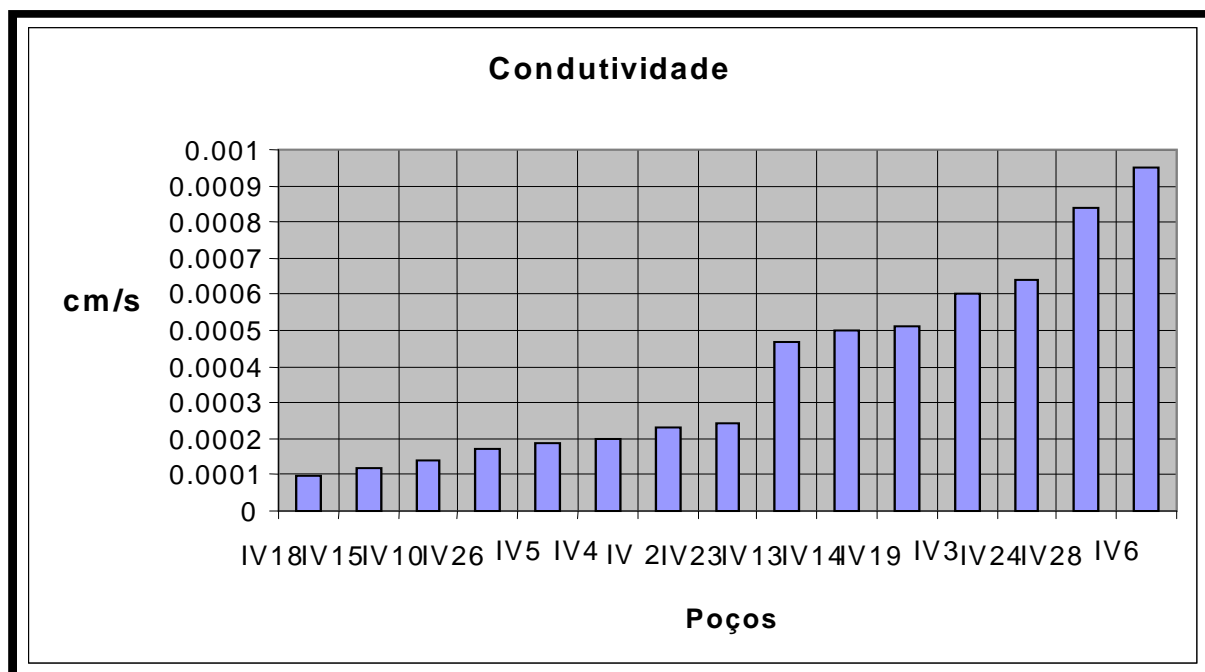


Figura 5.3.2.2.- Condutividade hidráulica (cm/s) dos poços de Ivoti. Fonte CORSAN 2003.

As características hidrogeológicas do SAG objeto de modelo numérico estão dispostos no (Quadro 5.3.2.9). Obedecendo a uma ordenação hidroestratigráfica do topo para a base, está constituída pelo Aquífero Serra Geral, e pelas cinco camadas identificadas para o Sistema Aquífero Guarani em Ivoti, detalhando as legendas adotadas, tipo de aquífero, espessura das camadas, porosidade e condutividade hidráulica.

LEGENDA	DESCRIÇÃO	ESPESSURA (m)	η % Total	K (m/ dia)
S G	Aqüífero Serra Geral - circulação da água em porosidade secundária	Inexistente até > de 150	secundária por fratura	* 0,0086
SAG-TOPO	SAG - TOPO Região com metamorfismo de contato com a Formação Serra Geral	< 0,20 até 5	secundária por fratura	*0,0086
SAG - A	SAG - A Camada com porosidade primária, composta de arenitos de ambiente continental, constituído de 92,7% de areia fina a média de de 7,35% de silte. Cu = 3,43	55	40	0,14
SAG - B	SAG - B Camada com porosidade primária, composta de arenitos de ambiente continental, constituído de 96,4% de areia fina a média de de 3,96% de silte. Cu = 3,96	50	32	0,47
SAG - C	SAG - C Camada com porosidade primária, composta de arenitos de ambiente continental, constituído de 86,9% de areia fina a média de de 13,2% de silte. Cu = 7,06	20	30	0,195
SAG - D	SAG - D Camada com porosidade primária, composta de arenitos de ambiente continental, constituído de 67,06% de areia fina e de 32,94% de argilosiltoso. Com cimento da CaCO ₃	> 50	25	0,138

Condutividade hidráulica (K) atribuída Rodriguez et al., (2007).

Quadro 5.3.2.9.- Características hidrogeológicas, adotados para modelo numérico do SAG – Ivoti.

5.3.2.2.- Extração de Água Subterrânea

Uma primeira análise dos valores de extração de água por bombeamento, a serem considerados no modelo numérico, pode ser obtida a partir dos poços da CORSAN, conforme apresentado no (Quadro 5.3.2.10).

Poço	Coordenadas			Projeto de Operação				Reavaliação 2003		
	UTM E	UTM N	Cota	Data	Vazão	NE	ND	Vazão	NE	ND
IV 2	483965	6725172	145.5	1973	21	67,58	79	10	87,15	100
IV 3	483988	6725794	151	1976	25	81,87	87,43	10	99,1	104
IV 4	484443	6725586	120	1979	70	14,51	45	20	74,52	104
IV 5	484713	6724897	153.6	1986	10	76,15	108	9,5	106,68	127
IV 6	482742	6724723	165	1986	15	85,6	104	14	101	115
IV 8	483565	6724150	140	1988	16	63,46	104	16	74,45	99,82
IV 10	484875	6724419	165	1990	10	83,62	128	8	98,1	131,5
IV 13	483202	6724566	145	1991	12	65,44	90	12	68,95	88,77
V 14	483751	6723651	174	1991	20	97,86	120	6	110,79	118,22
IV 15	485191	6726047	130	1992	30	64,9	98.82	17	91,46	124,89
IV 18	483489	6725043	143	1997	18	73	145			
IV 19	482251	6724482	182	1997	18	97,4	120	18	78,89	136,96
IV 20	484731	6723846	184	1997	18	97,4	120	12	100,97	114,47
IV 23	485067	6726161	115	1997	26	75,38	100			
IV 24	485240	6722978	206	1997	18	130,3	145	11	137,18	150,34
IV 26	483469	6723823	170	1997	12	93,21	111	12	98,5	109,75

Quadro 5.3.2.10.- Vazões de projeto dos poços da CORSAN, com respectivos valores de reavaliação de 2003.

Entretanto, conforme banco de dados (Anexo V) em julho de 2008 estavam cadastrados 190 pontos de captação dentro da área de estudo. O que se constata, ao longo destes anos de monitoramento, é uma depleção potenciométrica generalizada, com colapso operacional dos poços da CORSAN. Com base nestes dados, supõe-se que a vazão total de bombeamento do aquífero seja bastante superior à vazão unicamente dos poços da CORSAN.

5.3.2.3.- Balanço Hídrico e Estimativas de Recarga

Executou-se o cálculo do balanço hídrico de (Thornthwaite, 1948), cujos resultados são apresentados no Quadro 5.3.2.11. Para este fim foram utilizados registros históricos para a região de estudo (Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Agrônomicas, Rio Grande do Sul, 1989), relativos aos dados de precipitação e temperatura em um período de 43 anos de observação.

A magnitude da recarga é influenciada pelo relevo, taxas de infiltração dos solos e rochas, volume, distribuição e intensidade das precipitações, uso do solo e cobertura vegetal. A precipitação anual média é de 1434 mm / ano, com um razoável excedente hídrico no período de inverno

Balanço Hídrico									
Localidade	Ivoti, RS.			Versão 2007			Método	Thornthwaite, 1948	
Latitude	-29,60			Altitude	180,00		CAD (mm)	75	
Anemômetro	10,00			Período	1931-1974		Bordadura	5,00	
Tempo	T. máxima	T. mínima	T. média	Umidade Relativa	Evaporação	Precipitação	Insolação	Vento	Porcentagem de luz solar (p).
Meses	°C	°C	°C	%	mm	mm	horas dia-1	m s-1	
Jan	40,7	10,3	24,6	72,0	140,8	131,0	8,1	1,5	0,26
Fev	39,8	10,2	24,2	74,0	123,2	122,0	7,5	1,5	0,26
Mar	37,8	8,1	22,9	76,0	106,9	114,0	6,7	1,5	0,27
Abr	35,7	5,3	19,3	78,0	91,1	115,0	6,8	1,4	0,28
Mai	34,4	1,9	16,6	79,0	69,7	120,0	5,6	1,5	0,29
Jun	31,9	-1,5	14,8	83,0	57,4	134,0	4,8	1,7	0,29
Jul	32,1	-1,9	14,2	80,0	57,0	113,0	4,7	1,8	0,29
Ago	34,9	0,9	15,4	77,0	71,1	120,0	5,3	1,9	0,28
Set	37,9	2,2	17,4	78,0	92,0	140,0	5,9	2,0	0,28
Out	38,2	4,1	19,2	75,0	116,9	128,0	6,8	1,8	0,27
Nov	39,4	6,5	21,2	72,0	133,5	90,0	7,8	1,7	0,26
Dez	39,3	8,2	23,0	68,0	151,8	107,0	8,4	1,6	0,25
Média	36,8	4,5	19,4	76,0	100,4	119,5	6,5	1,7	0,27
Total/Ano	-	-	-	-	1104,5	1434,0	2374,1	-	-
Tempo	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	Disponibilidade Hídrica
Meses	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Jan	135,0	-4,0	-20,5	57,1	-3,2	134,2	0,8	0,0	0,99
Fev	112,4	9,6	0,0	66,7	9,6	112,4	0,0	0,0	1,00
Mar	104,6	9,4	0,0	75,0	8,3	104,6	0,0	1,1	1,00
Abr	66,1	48,9	0,0	75,0	0,0	66,1	0,0	48,9	1,00
Mai	46,8	73,2	0,0	75,0	0,0	46,8	0,0	73,2	1,00
Jun	34,4	99,6	0,0	75,0	0,0	34,4	0,0	99,6	1,00
Jul	33,1	79,9	0,0	75,0	0,0	33,1	0,0	79,9	1,00
Ago	41,4	78,6	0,0	75,0	0,0	41,4	0,0	78,6	1,00
Set	55,5	84,5	0,0	75,0	0,0	55,5	0,0	84,5	1,00
Out	75,2	52,8	0,0	75,0	0,0	75,2	0,0	52,8	1,00
Nov	94,6	-4,6	-4,6	70,5	-4,5	94,5	0,1	0,0	1,00
Dez	118,8	-11,8	-16,4	60,3	-10,2	117,2	1,6	0,0	0,99
Média	76,5	43,0	-3,5	-	-	76,3	0,2	43,2	-
Total/Ano	917,9	516,1	-41,5	-	-	915,4	2,5	518,6	-
Aferição									
ETP=ETR+DEF	917,9	P=ETR+EXC	1434,0	P-ETP=EXC-DEF	516,1	Σ ALT	0,0	P=ETP+(P-ETP)	1434,0

Quadro 5.3.2.11.- Balanço Hídrico utilizando cálculo de (Thornthwaite, 1948), a partir de dados obtidos em um período de 43 anos de observação meteorológica.

Apesar da razoável precipitação anual, vários fatores concorrem para a redução da recarga do SAG em Ivoti, tais como o capeamento extenso pela Formação Serra Geral, a qual não favorece a infiltração, o relevo com escarpas íngremes e elevado escoamento superficial. Sobre este último fator, Freitas (1998), cita que terrenos com mais de 18% de declividade são desfavoráveis para a infiltração, o que é caso de uma significativa área de afloramento do SAG – Ivoti.

De forma geral, as taxas de recarga são maiores nas regiões planas bem arborizadas, nos aquíferos livres, e mais lentos e limitadas em região de relevo acidentado, sem cobertura vegetal e sujeitas a prática de uso e ocupação que favorecem a formação de enxurradas Rebouças et al., (2002).

5.3.3.- Modelagem Numérica

A modelagem numérica do SAG foi usada por ser uma ferramenta que organiza os dados hidrogeológicos, hidrológicos e de quantificações, reproduzindo um sistema aquífero com a maior fidelidade possível, para o conhecimento das previsões e respostas de reservatórios quando submetidos a taxas de bombeamento.

O programa escolhido foi o MODFLOW, desenvolvido pelo U. S. Geological Survey (McDonald and Harbaugh, 1988). Para facilitar o emprego desse programa, foi utilizada uma versão “amigável”, denominada Visual MODFLOW Pro 3.0, desenvolvida por Waterloo Hydrogeology Inc. O referido programa foi utilizado para simular o movimento de águas subterrâneas através de um meio poroso, mediante a solução das equações de fluxo de um algoritmo numérico do tipo de diferenças finitas.

A área modelada, centrada na cidade de Ivoti, e tem uma superfície de 51.499.370 m² (Figura 5.3.3.1), estando compreendida pelas seguintes coordenadas UTM:

- 480.000m – 490.000 m
- 6.721.980m – 6.727.920 m

5.3.3.1.- Estrutura e Discretização do Modelo Estacionário

Para a simulação do modelo matemático estacionário, a derivada da carga com relação ao tempo deve ser eliminada, o que pode ser feito tornando o coeficiente de armazenamento igual à zero.

Para discretização do modelo estacionário (Figura 5.3.3.2), utilizou-se de uma malha bi-dimensional, com células de espaçamento constante medindo aproximadamente 124,02 m x 139,67 m, para as cinco camadas em profundidade, estas correspondendo aos horizontes hidroestratigráficos da Formação Serra Geral e do SAG e suas respectivas espessuras. A camada superior da malha reproduz a superfície do terreno, modelo numérico do terreno (MNT), e a camada inferior correspondente à base do modelo, aqui foi definida como sendo a cota -30m, uma vez que nenhum dos poços está captado água nesta profundidade. As (Figuras 5.3.3.3 e figura 5.3.3.4), representam seções E -W e N - S, onde se pode observar com maior detalhe as cinco camadas e suas respectivas espessuras.

Além destes elementos, foram ainda considerados os falhamentos NE e NW e os sedimentos recentes ao longo das drenagens. Para as condições de contorno da primeira camada, foram consideradas ativas as células limitantes aos arroios, e inativas as células nos limites secos do modelo, ou seja, neste caso considerou-se um fluxo lateral nulo. Cada camada foi subdividida em 4.661 células, sendo 2.973 ativas e 1.688 inativas. Ao todo o modelo numérico teve 14.685 células ativas.

Foram discretizadas sete zonas de condutividade hidráulica (Figura 5.3.3.5), sendo uma para o Aquífero Serra Geral, quatro para as camadas definidas no SAG, a quinta para os sedimentos recentes nas calhas das drenagens e duas correspondentes às linhas de falha

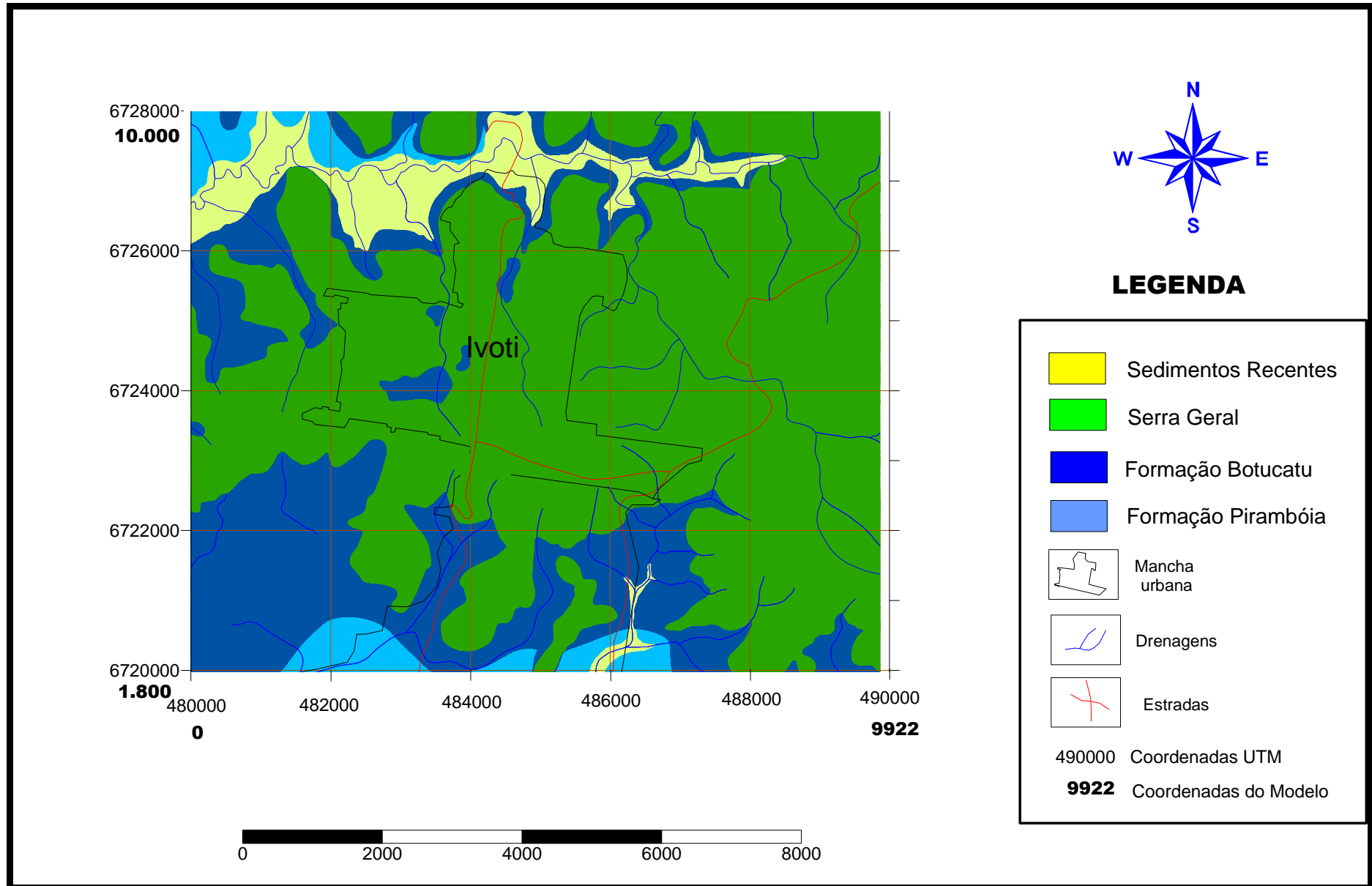


Figura 5.3.3.1.- Área do modelamento para o regime estacionário.

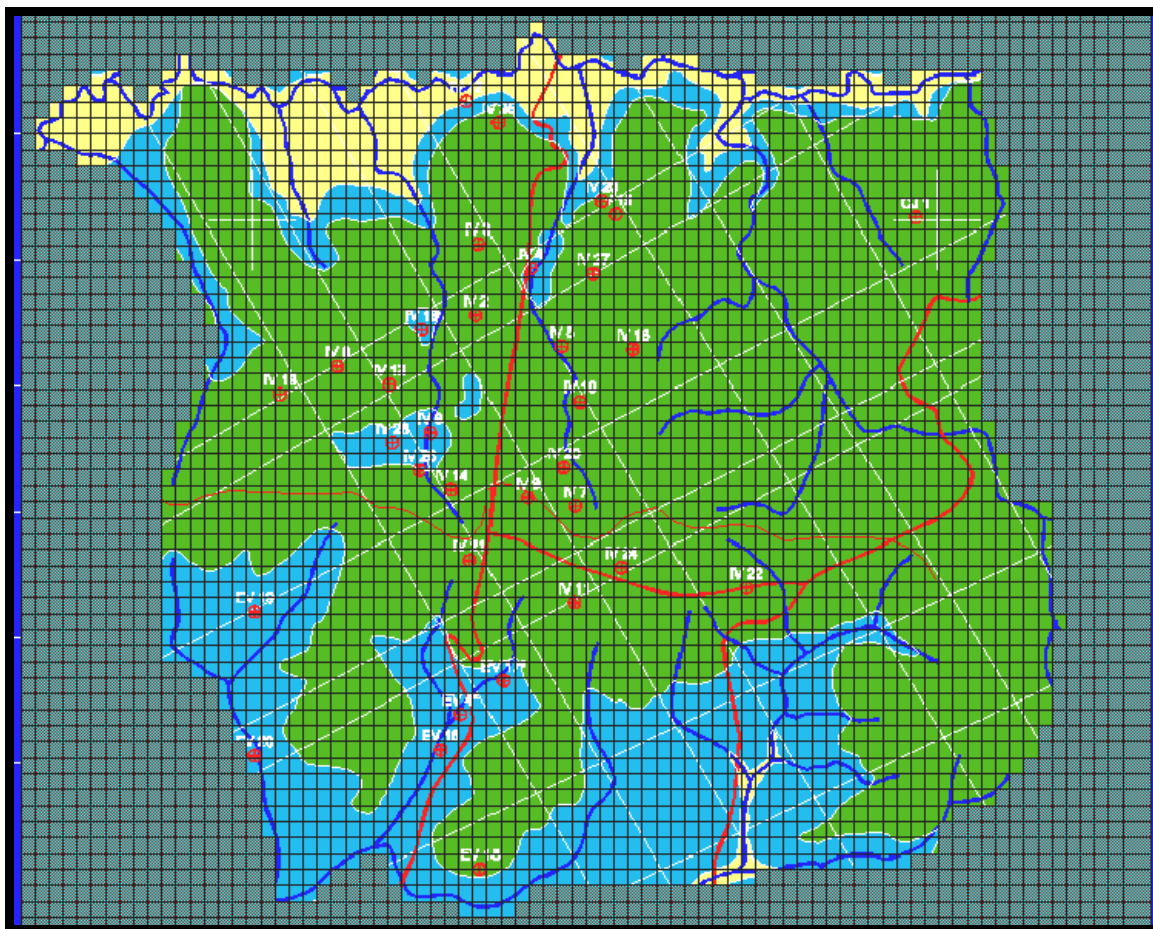


Figura 5.3.3.2.- Discretização da área modelada, reproduzindo as camadas superficiais e as condições de células ativas quando coloridas e as inativas em cinza.

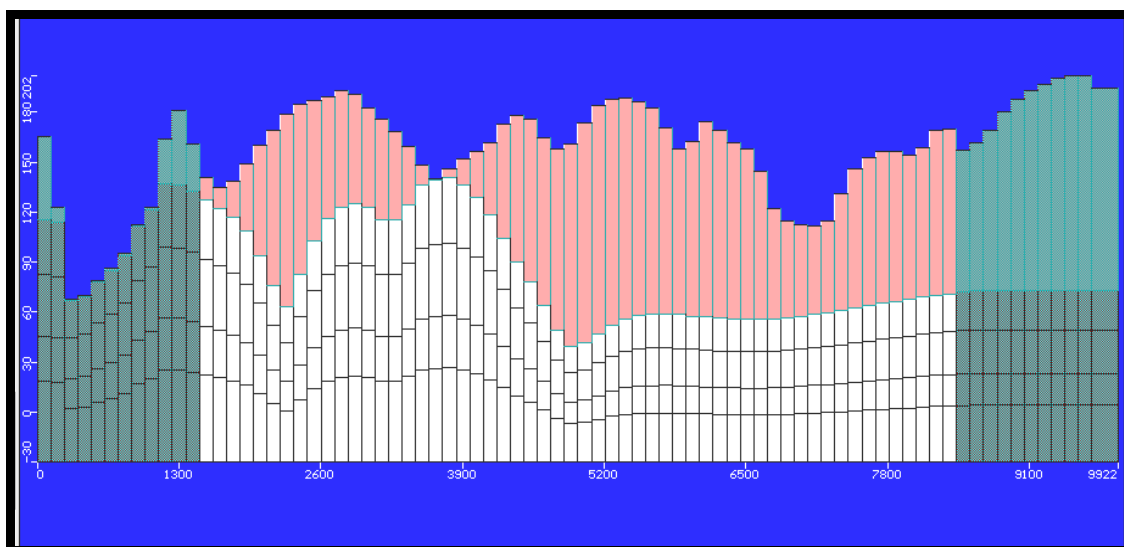


Figura 5.3.3.3.- Seção W-E do modelo numérico estacionário do SAG, linha Y: 6494.8.

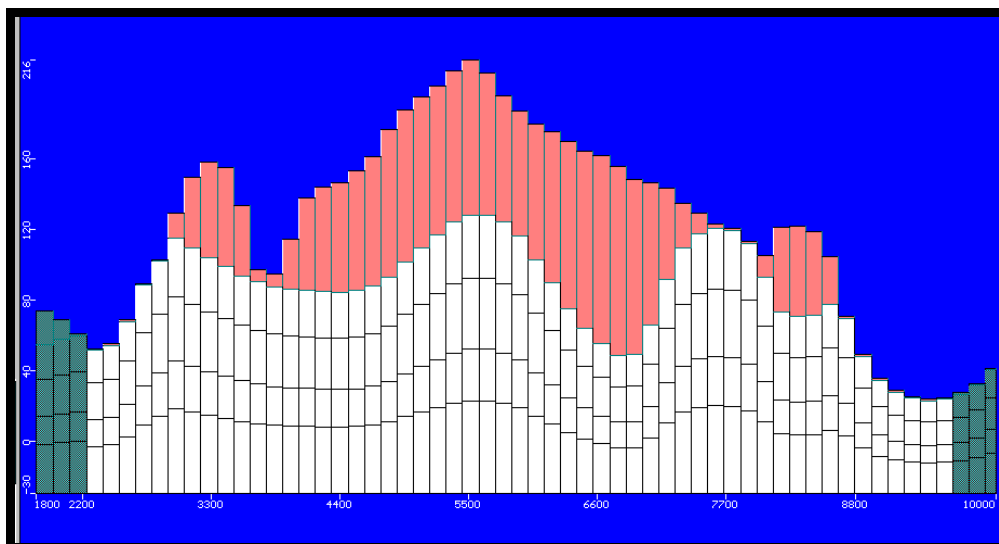


Figura 5.3.3.4.-Seção N-S do modelo numérico estacionário do SAG, coluna X: 4650.8.

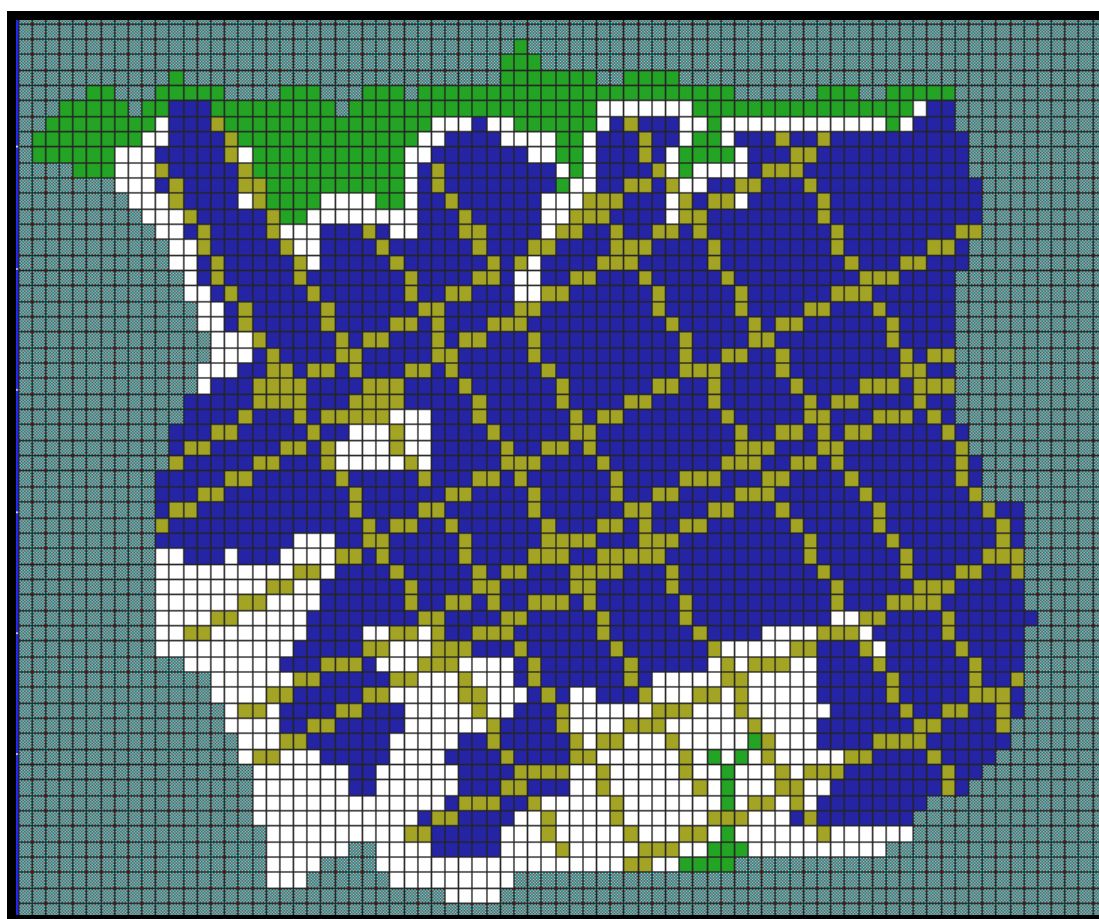


Figura 5.3.3.5.- Vista em planta das zonas de mesma condutividade hidráulica: Serra Geral em azul, SAG em branco, sedimentos recentes em verde, e falhas em amarelo claro.

Os parâmetros hidráulicos adotados para as quatro camadas do SAG foram definidos no modelo conceitual, com base nas características estratigráficas, de porosidade, e parâmetros hidrogeológicos obtidos na interpretação dos ensaios de bombeamento. Para o Aquífero Serra Geral, por não possuir porosidade primária, foi assumida a condutividade ($K = 8,6 \times 10^{-3}$ m/d), valor referência utilizado por Rodríguez et al., (2007). Para a zona composta pelos sedimentos recentes, a condutividade hidráulica foi estimada conforme a granulometria do material constituinte (silte argiloso / argila siltosa), de acordo com Fetter (2001).

Uma síntese dos valores de condutividade hidráulica considerados para o modelo numérico estacionário está apresentada no (Quadro 5.3.3.1), enquanto a seção E -W (Figura 5.3.3.6) apresenta a distribuição espacial das condutividades hidráulicas.

Camadas	Kx (m/d)	Ky(m/d)	Kz(m/d)	Cor
Camada 1 – SAG - A	0,14	0,14	0,14	Branca
Camada 2 - Serra Geral	0,0086	0,0086	0,0086	Azul
Camada 3 – Sedimentos Recentes	0,1	0,1	0,1	Verde
Camada 4 – SAG - B	0,47	0,47	0,3	Azul
Camada 5 – SAG – C	0,195	0,195	0,195	Vermelho
Camada 6 – SAG – D	0,138	0,138	0,138	Magenta
Camada 7 - Falhas	0,2	0,2	0,8	Amarelo

Quadro 5.3.3.1.- Condutividades hidráulicas utilizadas no modelo estacionário do SAG – Ivoti.

Na construção do modelo conceitual, não foi possível definir as relações de anisotropia entre os eixos x, y e z das camadas do SAG, pois nos ensaios de bombeamento utiliza-se o próprio poço para a medição dos rebaixamentos, e não poços de observação.

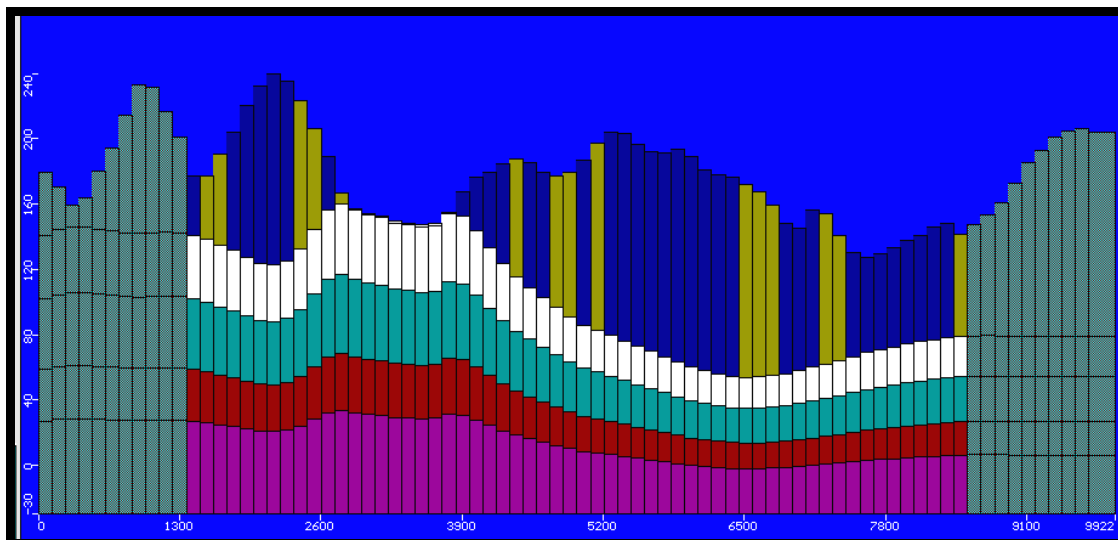


Figura 5.3.3.6.- Seção E -W com a discretização das condutividades hidráulicas: em cinza, células inativas; em azul, Serra Geral; em amarelo, as falhas; para o SAG, têm-se: a camada A, em branco; a camada B, em azul; a camada C, em vermelho; e a camada D, em magenta.

5.3.3.2.- Recarga do SAG em Ivoti

A recarga subterrânea foi estimada como uma fração da precipitação anual média de 1.434 mm/ano, esta última obtida através de balanço hídrico a partir de dados de 43 anos de observação meteorológica (Quadro 5.3.2.11).

Para as recargas, o MODFLOW considera as zonas onde a água percola na camada superior, e estas foram definidas com base nas rochas aflorantes.

As recargas diretas ocorrem nas zonas de afloramento do SAG, inclusive janelas estratigráficas, sedimentos recentes ao longo dos cursos de água. Por outro lado, as falhas existentes propiciam uma recarga indireta e foram subdivididas em dois grupos de acordo com a sua densidade de fraturamento. Os valores de recarga considerados são apresentados no (Quadro 5.3.3.2).

Zona	Camada do modelo numérico	Valor estimado (mm/ano)	Fração da precipitação média anual (%)
1	Camada 1 do SAG	200	13,4
2	Formação Serra Geral	2	1,34
3	Recentes	200	13,4
4	Falhas	220	15,34
5	Falhas (densidade maior)	350	24,4

Quadro 5.3.3.2. - Zonas e valores de recarga do modelo estacionário

Na zona urbana do modelo estacionário em Ivoti, constata-se que a Formação Serra Geral está capeando e impermeabilizando naturalmente o SAG. Nas janelas estratigráficas, afloramentos do SAG, o que se verifica é que a mancha urbana impermeabiliza parcialmente estas zonas, mas, sabe-se que nestas áreas ocorrem perdas das redes de abastecimento público, que muitas vezes pode compensar os pontos impermeabilizados.

Em relação às falhas, como será visto posteriormente, obteve-se uma melhor calibração do modelo quando estas foram consideradas como elemento de recarga subterrânea. Isto está de acordo com as observações de campo (geofísica) e análise de indicadores, segundo os quais ocorre infiltração ao longo destas estruturas. A discretização utilizada no modelo numérico estacionário para as áreas de recarga é apresentada na (Figura 5.3.3.7).

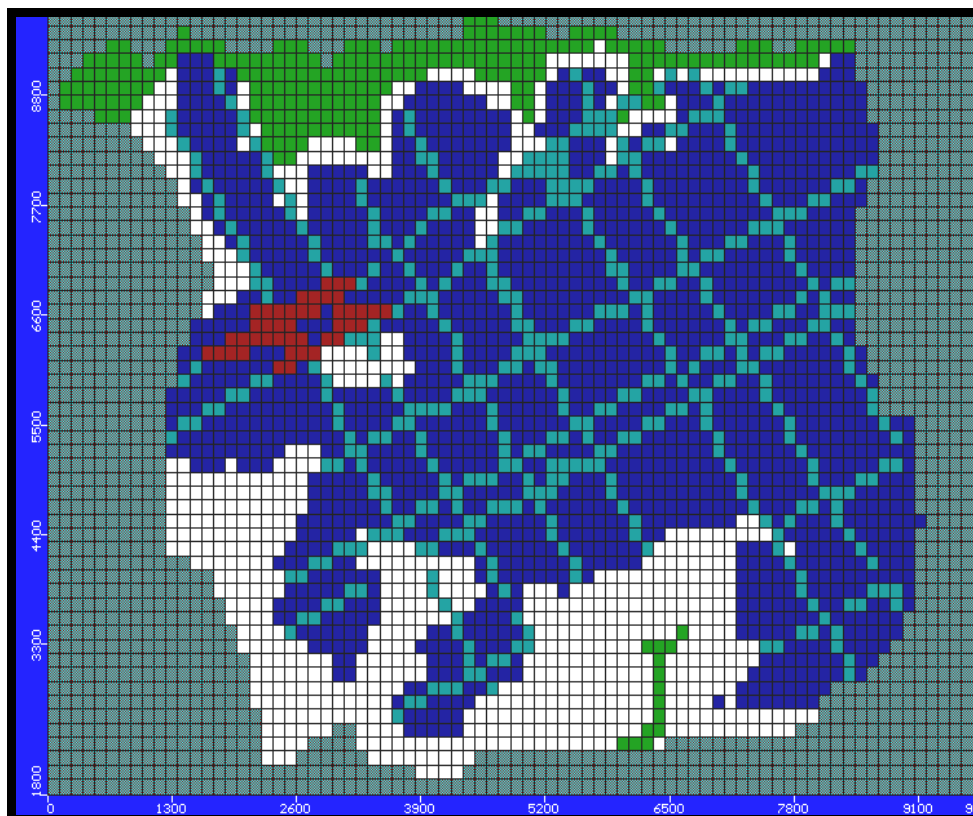


Figura 5.3.3.7.- Discretização das zonas de recarga: em branco o SAG (zona 1); em azul Serra Geral (zona 2); em verde os sedimentos recentes (zona 3); em azul falhas com menor densidade (zona 4) e em vermelho falhas com maior densidade (zona 5).

5.3.3.3.- Condições de Contorno

As condições de contorno referem-se às zonas de níveis de água exterior, quando de fluxo, entrando ou saindo do modelo, o nível de água simulado pelo modelo corresponde aos rios, arroios e riachos, notem-se, todos pertencentes à camada superior. Outra condição é a de fluxo inexistente, nos limites secos, argumento que é válido para todas as camadas. A discretização das condições de contorno é apresentada nas (Figura 5.3.3.8 e Figura 5.3.3.9).

5.3.3.4.- Condutância das Drenagens Superficiais

As drenagens são impostas somente na camada superior, condição de contorno que simulam o fluxo base de cada célula. Para esta condição, define-se a condutância de cada célula, parâmetro que exprime a capacidade de infiltração, dos limites do leito das drenagens para o sistema aquífero. A partir de dados de campo, caracterizou-se a condutividade vertical do sedimento do fundo do leito de 0.138 - 0.0138 m/dia, bem como se estimou a sua

espessura em 0,5 m. A superfície molhada para cada célula é variável. A condutância foi determinada como o produto do comprimento da célula pelo perímetro molhado de cada seção transversal. Quadro 5.3.3.3.

Local	k (m/d)	L (m)	W (m)	M(m)	C (m ² /dia)
Rio Feitoria	0,0138	139	10	0,5	40
Rios com sedimentos recentes	0,138	139	1	0,3	64
Rios + Fm. Botucatu	0,139	139	0.5	0,1	97

Quadro 5.3.3.3.- Condutância dos corpos de água (arroyos) do modelo estacionário do SAG.

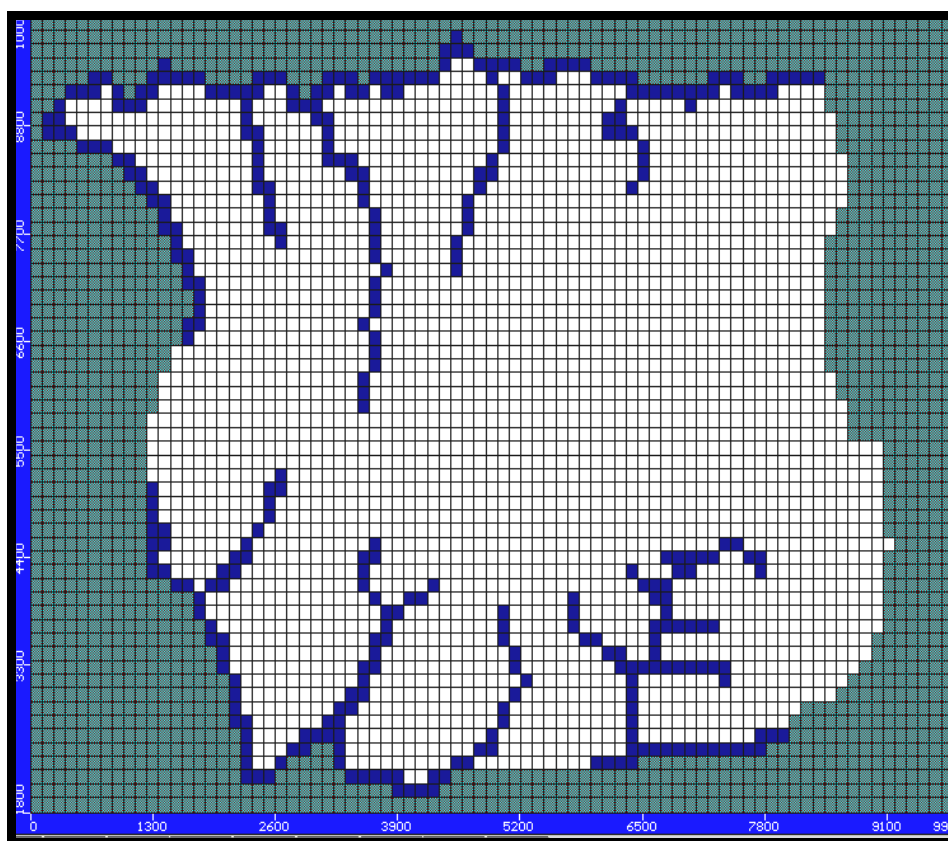


Figura 5.3.3.8.- Condições de contorno com fluxo ativo ao longo dos arroios (azul) e fluxo inexistente nos limites secos (cinza).

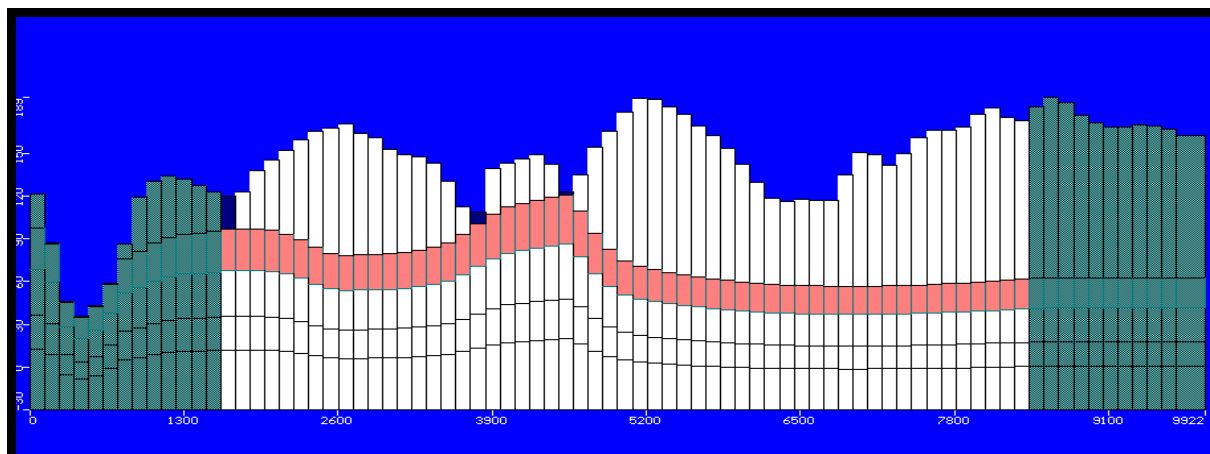


Figura 5.3.3.9.- Condições de contorno de uma seção E -W ($Y= 7332,8$), sendo a condição de não fluxo (cinza) e a de fluxo ativo na primeira camada (azul).

5.3.3.5.- Poços de Bombeamento

O efeito do bombeamento através de poços tubulares foi introduzido no modelo numérico considerando-se a localização dos mesmos, a profundidade da zona de captura definida pelo perfil construtivo, as taxas de bombeamento, e os níveis estáticos (NE). Foram selecionados ao todo 20 poços tubulares, 19 da CORSAN e ainda o poço CJ -1 (Figura 5.3.3.10), os quais foram utilizados para a calibração do modelo estacionário.

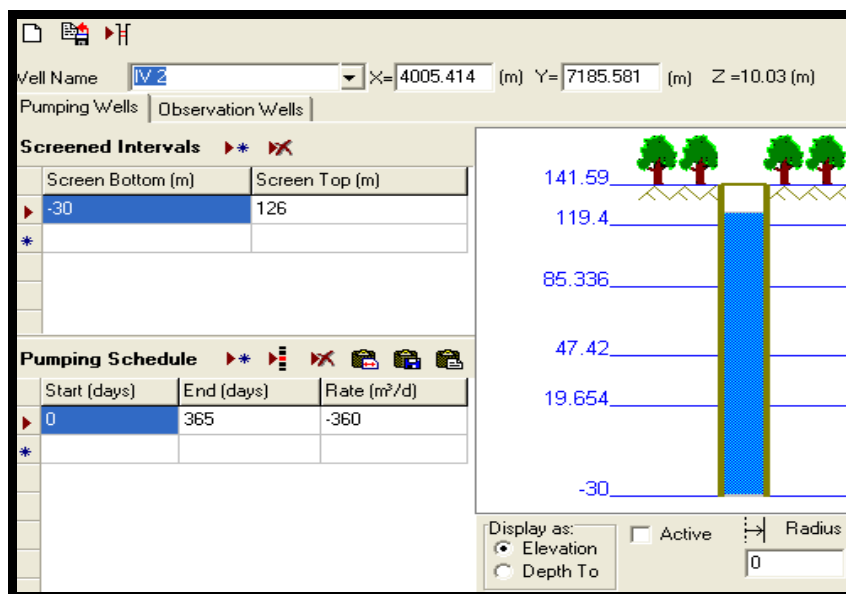


Figura 5.3.3.11.- Editor de poços tubulares do MODFLOW com bombeamento desativado e detalhe construtivo da zona de captação sem filtros.

5.3.3.6.- Calibração do Modelo Estacionário

De acordo com a estrutura adotada, a calibração do modelo em regime estacionário depende da recarga, em todas as suas formas, e das condutividades hidráulicas do meio aquífero. Observou-se, como esperado, que a resposta do modelo às recargas é setorizada, segundo as zonas pré-definidas. Notou-se que as recargas indiretas pelas drenagens não interferem significativamente nos resultados do modelo, pois os arroios estão em geral sobrepostos em zonas impermeabilizadas naturalmente pela Formação Serra Geral, ou localizados em cotas baixas, quando sobrepostos ao SAG.

Na calibração do modelo estacionário foram utilizados como pontos de observação os próprios poços de bombeamento (Quadro 5.3.3.4.), os quais tiveram sendo os níveis de água dos poços (NE) sempre com a profundidade relativa à sua posição topográfica.

ID	Ano	Cota do NE(m)	Cota do NE corrigido ano base 1993 (m)	Zona de Admissão em cota(m)		Profundidade do poço(m)	Cota de observação no modelo(m)
IV 2	1973	77,82	*71	119,4	-30	186	55,79
IV 3	1979	68,73	*62	63	-26	185	60,055
IV 4	1979	105,26	*67	97	-30	184	43,335
IV 5	1986	77,65	*73	36	-30	181	28,274
IV 6	1986	78,91	*72	111	0	174	75,77
IV 8	1987	76,54	*73	26	24	200	25,18
				15	13		
				-1	-3		
IV 10	1990	81,38	*74	34	-30	200	29,936
IV 13	1991	79,52	*79	60	6	156	57,5
IV 14	1991	76,14	*74	149	-1	180	75,055
IV 15	1992	65,1	*61	80	-30	198	54,465
IV 18	1997	70	70	92	-30	180	48,535
IV 19	1997	79,6	79,6	56	6	174	50,33
IV 24	1997	74	74	132	24	186	74
IV 26	1997	71,74	71,74	152	-26	186	67,09
CJ 1	1976	64	64	46	-26	174	16,55
EV 4	1988	46,4	46,4	7	1	57	5
				-5	-9		
EV 17	1999	57	57	27	20	140	11,17
				12	4		
				-4	-12		
EV 18	1999	47	47	39	31	153	35,304
				19	1		
				-9	-17		
EV 19	1999	60	60	18	12	121	26,24
				8	2		
				-8	-2		
				-24	-30		
EV 20	2000	41	41	25	21	205	15,2177
				17	13		
				-5	-9		

*Poços com os NE corrigidos (1993)

Quadro 5.3.3.4. – Vinte poços tubulares utilizados no modelo estacionário do SAG - Ivoti.

Para tornar possível a comparação dos níveis calculados com os observados, uma vez que estes últimos referem-se ao período de 1973 a 1997 e refletem taxas de bombeamento variáveis ao longo do tempo, realizou-se uma análise de regressão simples, a partir da qual os níveis estáticos observados foram equalizados para o ano de 1993. Os poços perfurados entre 1993 e 1997 foram considerados com seus níveis estáticos originais. Os dados equalizados são apresentados no (Quadro 5.3.3.4), na coluna identificada como Cota do NE corrigido para 1993.

O resultado da calibração do modelo estacionário, apresentou a potenciometria conforme expressa na (Figura 5.3.3.12). O ajuste do modelo se obteve adequado aos valores de recarga para que as equipotenciais se reproduzissem com o menor erro médio absoluto da amostragem de 1993, observam-se as zonas de recarga, em cores amarelo, alaranjado e verde claro, bem como as zonas de descarga em azul. As janelas estratigráficas, zonas de recarga direta, como esperado, correspondem às principais áreas de recarga. Quanto aos arroios Feitoria, Preto e Portão, estes recebem descargas residuais do SAG. Estes resultados concordam com os elementos obtidos na análise de indicadores.

O ajuste foi obtido adequando-se os valores de recarga, de forma que os níveis calculados pelo modelo apresentassem as mínimas diferenças em relação aos níveis observados (Figura 5.3.3.13). Neste processo, verificou-se que o melhor ajuste somente foi obtido quando se passou a considerar a recarga através do sistema de falhamentos NE e NW, o que confirmando que estas estruturas atuam nas recargas do SAG nesta região.

A diferença máxima entre os valores dos níveis de água observados e calculados (Quadro 5.3.3.5) é da ordem de 3m, sendo que a maioria dos níveis de água calculados está dentro do intervalo de confiança de 95 %, com erro médio de - 0,21 m.

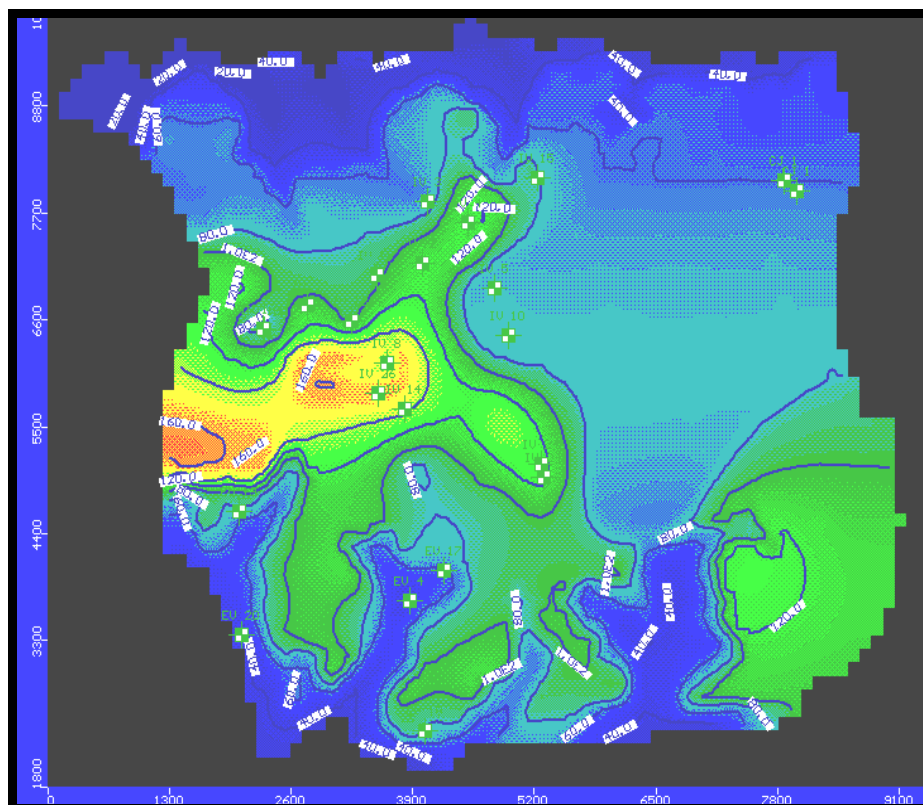


Figura 5.3.3.12.- Superfície potenciométrica para o modelo estacionário SAG - Ivoti, observando-se as principais áreas de recarga em cores amarelo, alaranjado e verde - claro, enquanto a descarga ocorre na área azul-escuro.

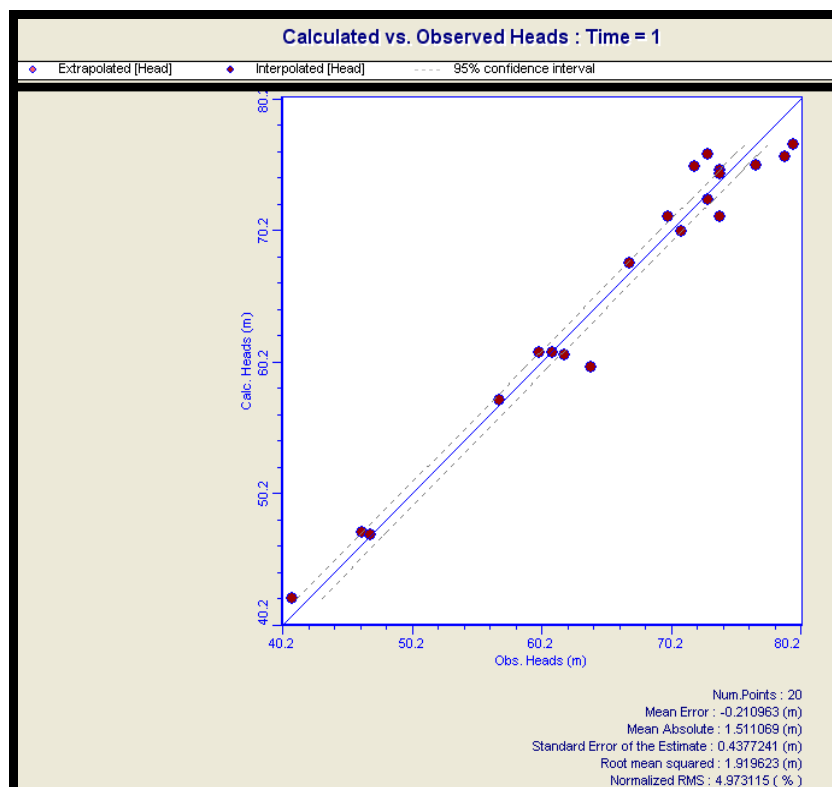


Figura 5.3.3.13.- Resultado da calibração do modelo estacionário, observando-se os níveis calculados versus níveis estáticos observados nos poços tubulares.

ID	Nível Observado (m)	Nível Calculado (m)	Erro (m) N. Obs-N. Cal
IV 2	71	70,10	0,9
IV 3	62	60,73	1,27
IV 4	67	67,69	0,69
IV 5	73	72,61	0,39
IV 6	72	75,03	-3,03
IV 8	73	76,03	-3,03
IV 10	74	74,83	-0,83
IV 13	79	75,80	3,2
IV 14	74	74,56	-0,56
IV 15	61	60,97	0,03
IV 18	70	71,26	-1,26
IV 19	79,6	76,78	2,82
IV 24	74	72,10	1,9
IV 26	71,74	75,12	-3,38
CJ 1	64	61,49	2,51
EV 4	46,4	47,30	-0,9
EV 17	57	57,34	-0,34
EV 18	47	47,13	-0,13
EV 19	60	60,96	-0,96
EV 20	41	42,28	-1,28

Quadro 5.3.3.5.- Níveis de água observados versus níveis calculados pelo modelo estacionário.

5.3.3.7.-Balanço de Massa do Modelo Estacionário

O balanço de massa, do modelo estacionário, permitiu detectar as zonas de recarga (entradas) e de descarga (saídas), individualizando espacialmente a atuação dos elementos conceituais na dinâmica hídrica do SAG. O (Quadro 5.3.3.6) apresenta os valores de entrada e saída de água por elemento constituinte do modelo, identificando-se que:

- A área aflorante do SAG e as janelas estratigráficas são as principais zonas de recarga direta;
- As principais recargas indiretas correspondem às zonas de falha e
- A maior parte dos arroios são predominantemente alimentada pelo aquífero, embora ocorram trechos em que estes atuam como áreas de recarga do SAG.

As zonas que condicionam o fluxo do modelo estacionário do SAG são apresentadas na (Figura 5.3.3.14), enquanto a representação gráfica do balanço de massa por elemento constituinte do modelo pode ser observada na (Figura 5.3.3.15).

Zona	Descrição dos elementos	Entrada (m ³ /d)	Saída (m ³ /d)	Cor
1	Afloramentos do SAG	6.127,10	0	Branca
2	Arroio Capim	83,652	410,31	Azul marinho
3	Arroio Passos	351,68	943,59	Verde escuro
4	Arroio Bühler	231,6	923,95	Ciano
5	Arroio sem nome	104,82	988,25	Marrom
6	Arroio sem nome	541,37	146,56	Lilás
7	Arroio Picada das Mulas	209,90	1.754,3	Amarelo
8	Arroio Estância Velha (2)	272,55	877,23	Cinza escuro
9	Arroio Estância Velha (1)	103,13	1.618,10	Cinza claro
10	Arroio Preto (2)	399,04	2.614,7	Verde claro
11	Arroio Preto (1)	136,15	889,58	Azul escuro
12	Arroio Feitoria	502,88	3.077,4	Azul claro
13	Falhas	5.123,6	70,366	Vermelho
	Total	16.221,33	16.221,33	

Quadro 5.3.3.6.- Balanço de massa por elementos em (m³/d). A cor identifica as diferentes zonas e descrição dos elementos.

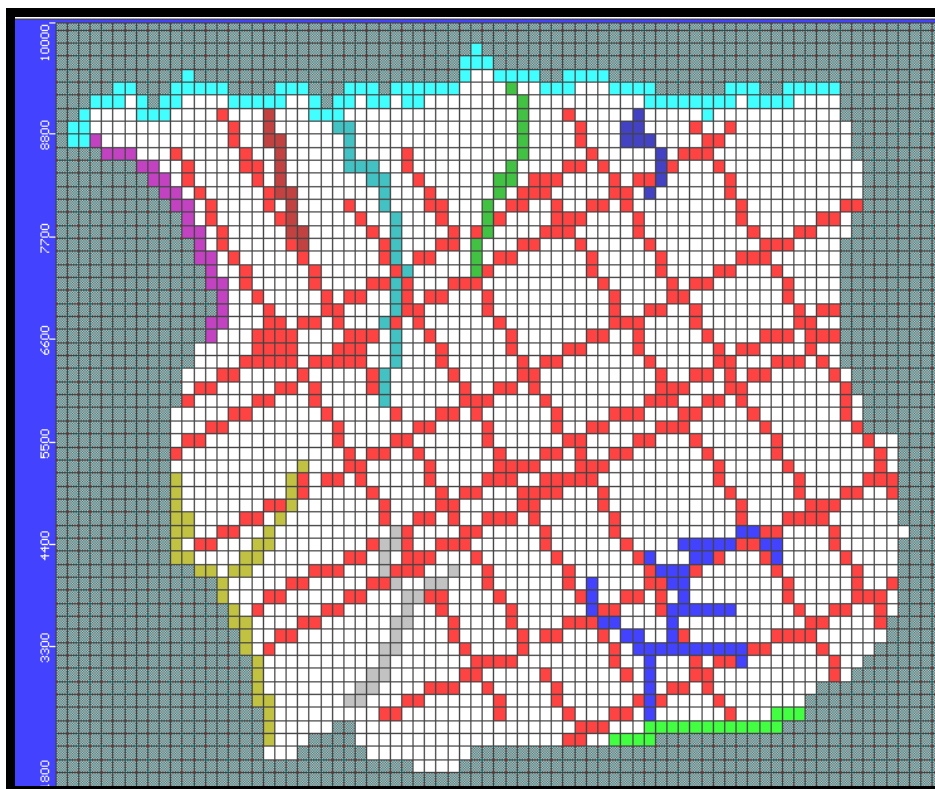


Figura 5.3.3.14.- Localização das zonas de nível variado do modelo estacionário

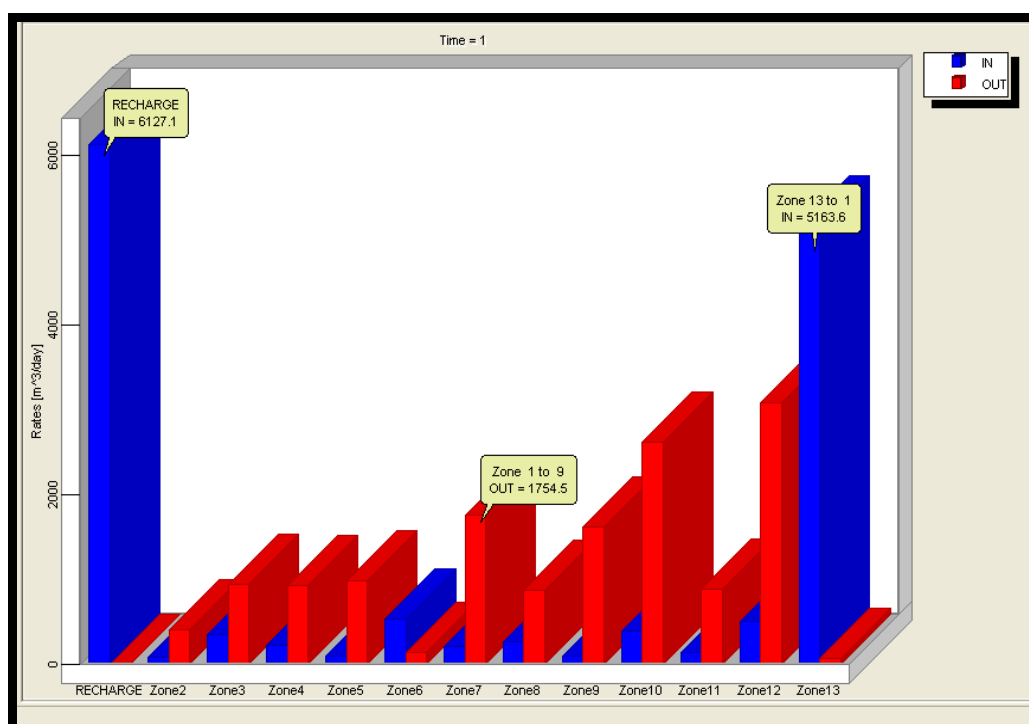


Figura 5.3.3.15.- Balanço de massa do modelo estacionário do SAG – Ivoti.

5.4. - Análise de Sustentabilidade do Uso do SAG – Ivoti

De acordo com a concepção metodológica adotada, com vistas a avaliar a sustentabilidade de uso do SAG, procedeu-se a análise da variação das reservas hídricas através do tempo. Para isto, foram considerados distintos cenários de intensidade de uso da água subterrânea, realizando-se para cada cenário um balanço de massa no período 1990 – 2007, conforme a proposta de balanço massa Kalf & Woolley (2005).

Esta análise foi instrumentalizada através do modelo estacionário, anteriormente construído e calibrado, ao qual foi imposto à condição de variabilidade de armazenamento do aquífero, o coeficiente de armazenamento não é mais igual à zero. Foram também utilizadas séries históricas de precipitação no período de 1990 -2007, (Anexo III), a partir das quais foi possível a estimativa e a simulação da recarga. Quanto à extração de água subterrânea, foram utilizadas séries reais de taxas de bombeamento ininterrupto no período considerado (Anexo II). Os cenários analisados foram os seguintes:

- **Cenário I** – Condições naturais, reproduzidas pelo modelo não-estacionário sem qualquer bombeamento;
- **Cenário II** – Condição de uso restrito da água subterrânea para abastecimento público, refletida pelo modelo não-estacionário com 23 poços da CORSAN em bombeamento (Anexo V e Figura 5.4.1).
- **Cenário III** – Condição próxima à situação real, simulada através do modelo não-estacionário com 23 poços da CORSAN e mais 63 poços em bombeamento, conforme cadastros da CPRM e da CORSAN (Anexo V e Figura 5.4.2).

O Cenário I foi criado para avaliar o comportamento do aquífero com recargas (**R**) e descargas naturais (**D**), de forma a permitir a compreensão da dinâmica da água do reservatório sem a interferência antrópica. Para isto, partiu-se de uma condição teórica de equilíbrio entre as recargas (**R**) e as descargas naturais (**D**).

5.4.1.- Caracterização e Consistência de Séries de Dados Históricas e Parâmetros de Modelagem.

Os dados de entrada foram selecionados de forma a contemplar a temporalidade da análise. Para estimativa da extração de água, bem como para o monitoramento da variação potenciométrica, foram utilizadas séries históricas de médias mensais das vazões dos poços, bem como dos níveis estáticos dos mesmos, ao longo de 18 anos de observação ininterrupta.

Para o Cenário II, foram selecionados 23 poços tubulares (Anexo II), sendo dezoito localizados em Ivoti e cinco em Estância Velha. As vazões foram determinadas mês a mês para todos os poços, obtendo-se 2.370 valores de taxas de bombeamento, estes contemporâneos às 756 informações de níveis estáticos também utilizados. Quanto à validade destes dados, cabe a ressalva de que os poços de Ivoti operam em regime de bombeamento próximo ou superior a 18 h/dia, considerando-se que o intervalo de 6h/dia não é suficiente a recuperação total dos níveis estáticos. Isto pode ocasionar uma diferença entre as respostas do modelo numérico e os níveis observados, podendo os níveis calculados pelo modelo apresentarem-se superiores a estes últimos. A distribuição espacial dos poços considerados para o Cenário II é apresentada na (Figura 5.4.1).

Para o Cenário III, além dos poços da CORSAN já utilizados no cenário anterior, foram ainda selecionados mais 63 poços tubulares com registros de extração cadastrados pela CORSAN e CPRM (Anexo V), os quais se destinam predominantemente a atividade industrial. Desses poços, 44 estão em Ivoti e 19 estão em Estância Velha.

Para esses novos pontos de extração do Cenário III, como não existem registros contínuos das taxas de bombeamento, adotou-se como início de operação a data do cadastramento, considerando-se a vazão registrada nesta mesma época e um período de bombeamento 10 horas/dia/ poço. Por outro lado, devido a pouca consistência dos níveis estáticos, estes não foram lançados no modelo. A distribuição espacial dos poços considerados para o Cenário III é apresentada na (Figura 5.4.2).

A recarga foi estimada a partir dos registros de precipitação mensal do Posto do INMET de Campo Bom - RS, no período 1990-2007 (Anexo III), escolhido por ser a estação meteorológica mais próxima da área de estudo. Obteve-se 215 dados de precipitação para cada uma das cinco zonas de recarga, atingindo-se um total de 1.075 dados para cada um dos cenários analisados. A estimativa da recarga foi feita com os mesmos percentuais considerados no modelo estacionário (Quadro 5.3.3.1), obtendo-se os volumes da média das recargas para o modelo não-estacionário indicado no (Quadro 5.4.1).

Zona de Recarga	Identificação	Número de células	Área (km ²)	Média das Recargas (m/ano)	Média do Volume (hm ³ /ano)	Volume (%)
1	SAG	696	12,06	0,241	2,905	46,78
2	Serra Geral	1.537	26,62	0,022	0,058	0,93
3	Sedimentos	235	4,07	0,241	0,981	15,79
4	Falhas 1	462	8,00	0,247	1,976	31,81
5	Falhas 2	43	0,74	0,392	0,291	4,69

Quadro 5.4.1.- Zonas e volumes das médias das recargas do modelo não-estacionário.

Uma primeira análise dos valores de recarga em relação à precipitação foi feita com o modelo não-estacionário do Cenário I, cujos resultados são apresentados na (Figura 5.4.3). Observam-se respostas das recargas praticamente imediatas em relação às precipitações, confirmando o comportamento de aquífero livre detectado anteriormente pela análise de indicadores ambientais.

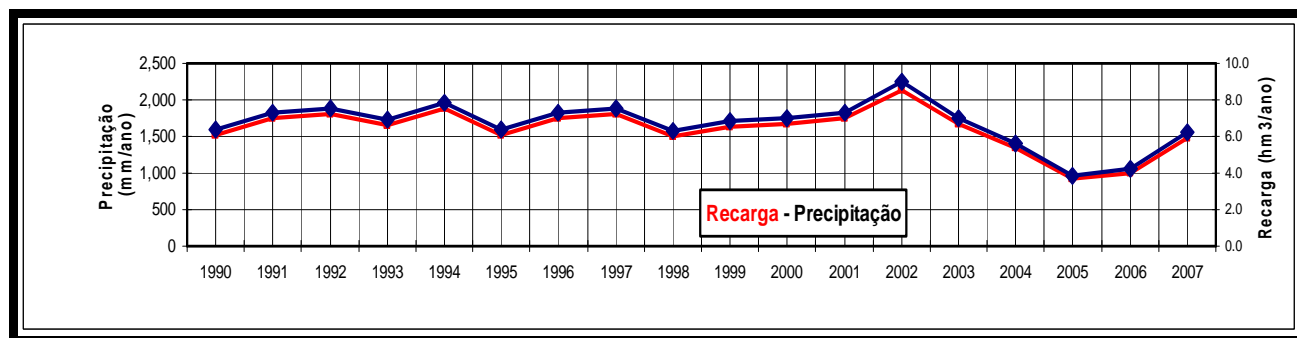


Figura 5.4.3.- Resposta da recarga (hm³/ano) em relação à precipitação (mm/ano), fornecida pelo modelo não-estacionário para o Cenário I.

Para aquíferos livres e porosos o armazenamento específico (S_y), é corresponde ao volume de água que pode ser retirada do armazenamento por unidade de área por unidade de rebaixamento, e em geral é igual à porosidade efetiva de Fetter (2001). Assim, essa correção foi adotada no modelamento não-estacionário, conforme pode ser conferido no (Quadro 5.4.2) e visualizado na seção da (Figura 5.4.4).

Identificação	Ss	Sy	Por.Efetiva	Por.Total	Cor
SAG – A	0,4	0,2	0,2	0,3	Branco
F.Serra Geral	0,01	0,01	0,05	0,06	Azul escuro
Sedimentos Recentes	0,03	0,12	0,12	0,3	Verde
SAG – B	0,03	0,17	0,17	0,3	Azul Claro
SAG – C	0,03	0,17	0,17	0,3	Vermelho
SAG – D	0,03	0,17	0,17	0,37	Magenta

Quadro 5.4.2.- Valores de armazenamento e porosidade do modelo não-estacionário.

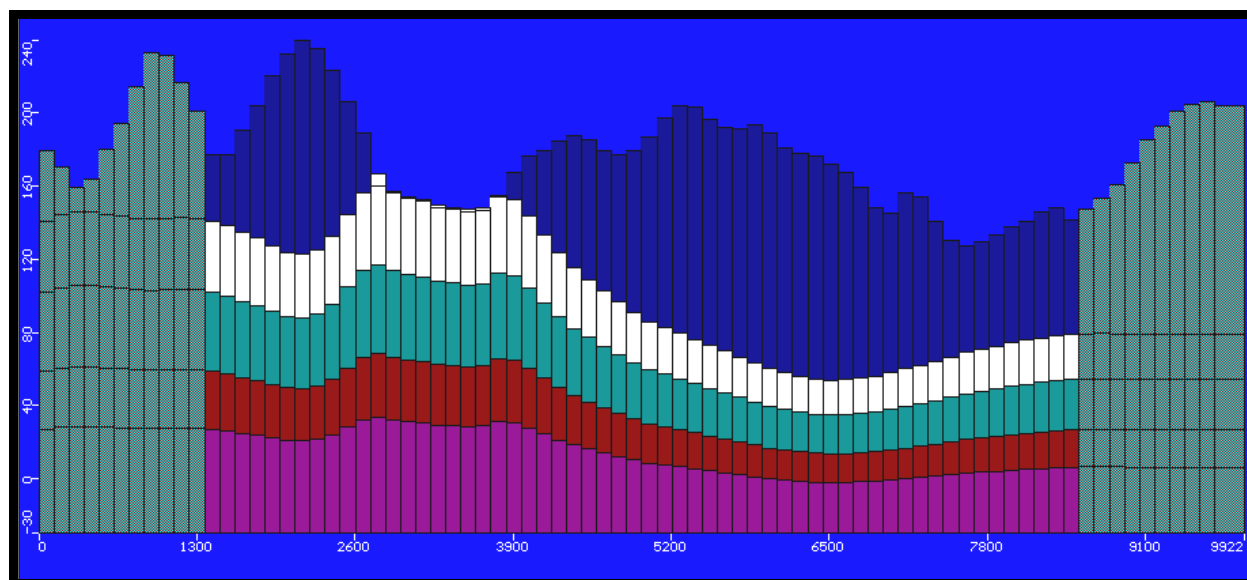


Figura 5.4.4.- Seção W-L com a identificação das seis camadas do modelo não-estacionário do SAG – Ivoti.

As condutividades hidráulicas consideradas foram às mesmas do modelo estacionário. A única exceção diz respeito às falhas, onde K_z foi alterado de 0,8 m/dia para 0,2 m/dia, tornando-se espacialmente uniforme ($K_x = K_y = K_z$).

Após estas modificações o modelo não-estacionário foi novamente calibrado, utilizando-se os mesmos poços relacionados no (Quadro 5.4.3). Observa-se que a maioria dos níveis de água calculados pelo modelo está dentro do intervalo de confiança de 95 %, com o erro médio absoluto de 2,57m e um erro médio de -0,38 m. Os resultados da calibração podem ser observados na (Figura 5.4.5) e no mesmo (Quadro 5.4.3).

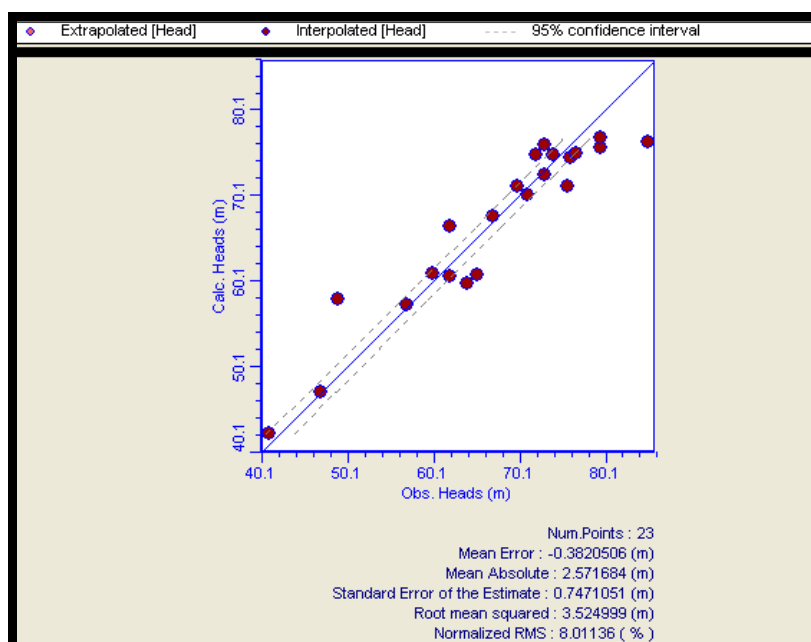


Figura 5.4.5.- Calibração do Modelo não-estacionário Cenário II (níveis observados x níveis calculados).

Poços	Nível observado (m)	Nível Calculado (m)	N.Obs.-N.Calc. (m)
IV 2	71	70,1	0,9
IV 3	62	60,72	-0,72
IV 4	67	67,68	-0,68
IV 5	73	76	-3
IV 6	72	74,8	-2,8
IV 8	73	76	-3
IV 10	74	74,80	-0,8
IV13	79,5	75,73	3,97
IV 14	76,10	74,56	1,54
IV 15	65,10	60,86	4,22
IV 18	69,9	71,25	-1,35
IV 19	79,6	76,79	2,81
IV 23	49	58	9
IV 26	76,7	75,08	1,62
IV 27	62	66,59	-4,59
IV 28	85	76,34	8,66
CJ	64	59,79	4,21
EV 4	47	47,21	-0,21
EV 17	57	57,35	-0,35
EV 18	47	47,13	-0,13
IV 19	60	60,95	-0,95
EV 20	41	42,28	-1,28

Quadro 5.4.3.- Calibração do modelo não-estacionário com 22 poços (Cenário II).

A variação dos níveis estáticos ao longo do tempo, expressa pelos hidrogramas do Cenário II mostra que alguns dos 23 poços de observação estão sistematicamente abaixo dos níveis calculados pelo modelo não-estacionário. Este é o caso dos poços COR IV 18, COR IV 15, COR IV 4 e COR IV 8, conforme apresentado na (Figura 5.4.6). Este resultado era esperado, uma vez que há uma grande quantidade de poços em bombeamento na área, os quais não foram considerados neste cenário. Ou seja, não estão considerados os efeitos dos demais poços ativos na área de estudo, o que deve provocar uma depleção maior do que a calculada. Por outro lado, as taxas elevadas de bombeamento dos poços da CORSAN, muitos com chave bóia, não permitem, um período de tempo necessário para recuperar os níveis estáticos.

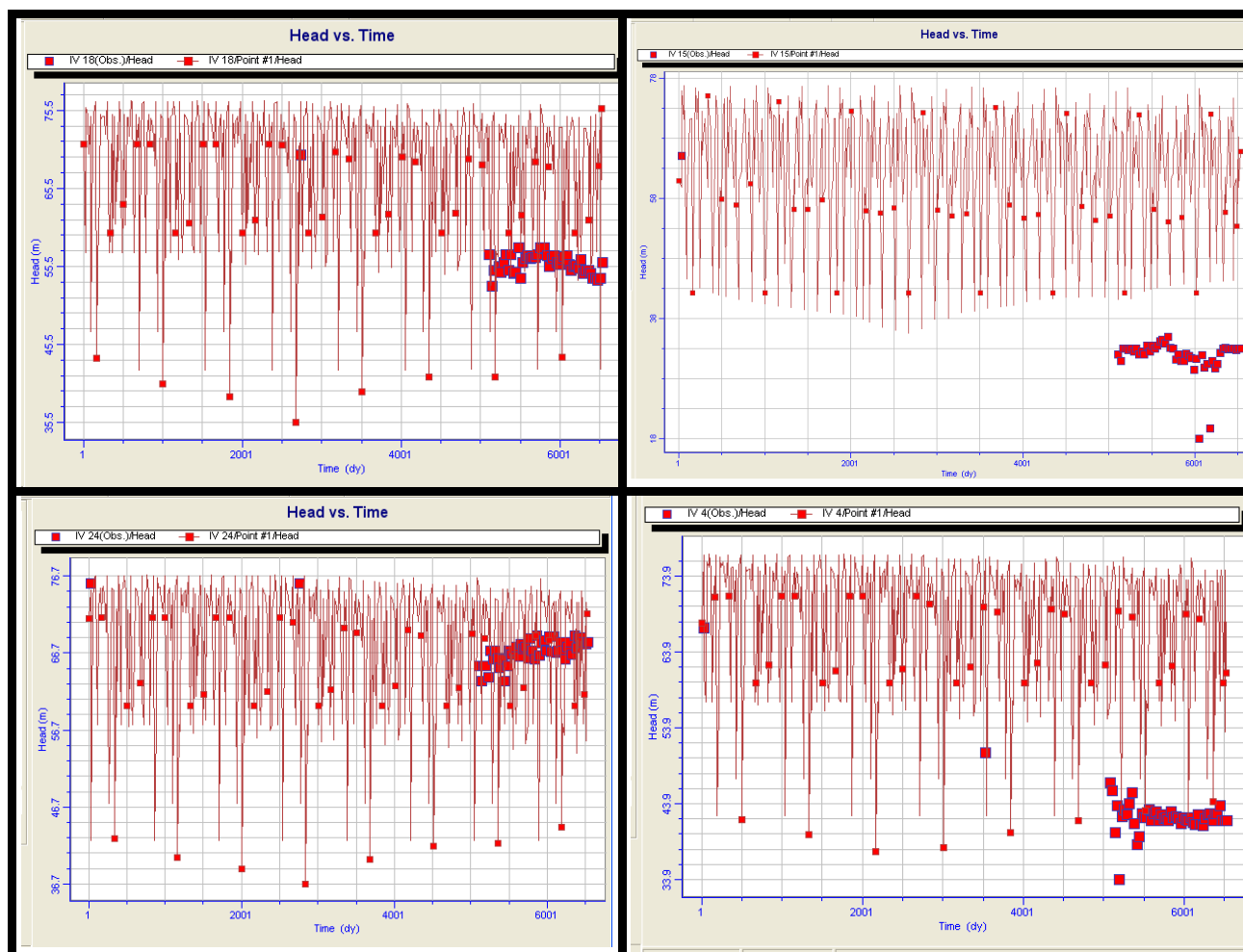


Figura 5.4.6.- Hidrogramas dos poços COR IV 18, COR IV 15, COR IV 4 e COR IV 8 para o modelo não-estacionário, Cenário II. Os quadrados maiores, dispersos ou agrupados, são os níveis observados nos poços, enquanto os pontos menores unidos por linhas são os níveis calculados pelo modelo numérico.

Da mesma forma, para o Cenário III, os poços COR IV 18, COR IV 15, COR IV 4 e COR IV 8 também apresentaram níveis abaixo dos calculados pelo modelo numérico (Figura 5.4.7). Por outro lado, verifica-se que os níveis estáticos calculados para o Cenário III são sistematicamente inferiores aos do Cenário II, o que reflete o acréscimo de bombeamento decorrente dos 86 poços ativos agora considerados para o Cenário III. Estes resultados mostram-se consistentes com o conhecimento de campo, sendo o Cenário III mais realista em relação as condições atuais de uso do SAG. Estima-se que a consideração do bombeamento de todos os poços existentes na área deverá aproximar ainda mais os níveis calculados dos observados.

Por outro lado, o poço COR IV 28, que foi o único a apresentar níveis estáticos acima dos calculados para o Cenário III. Este resultado pode refletir o fato deste poço ter sido o último a ser perfurado em Ivoti, justamente em zona recarga.

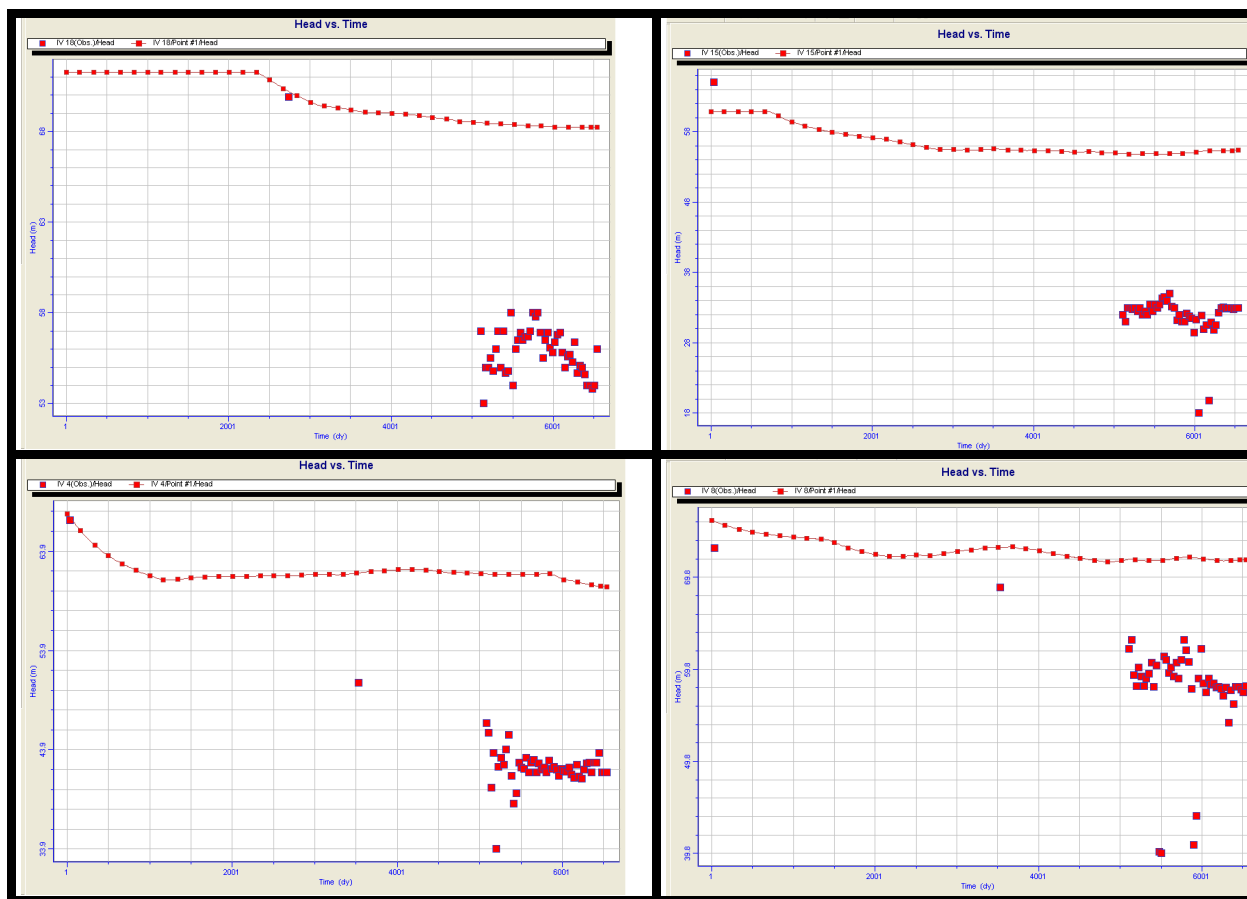


Figura 5.4.7.- Hidrogramas do modelo não-estacionário do SAG – Ivoti, Cenário III. Os quadrados maiores, dispersos ou agrupados, são os níveis observados, enquanto os pontos menores em linha referem-se aos níveis calculados.

5.4.2.- Balanço de Massa para Regime Não-estacionário

Os resultados do balanço de massa obtido pelo modelo não-estacionário para os três cenários são apresentados no (Quadro 5.4.4).

Cenários	Armazenamento (Rp)		Poços (Bc) (m ³)	Drenagens		Recarga (R) (m ³)
	Saída (m ³)	Entrada (m ³)		Recarga (m ³)	Descarga (D ou Drs) (m ³)	
I	28.564.980	55.823.260	-	10.391.720	103.725.500	120.592.700
II	47.460.880	53.119.792	22.541.290	10.446.740	102.810.700	120.592.700
III	72.830.950	46.885.560	56.706.600	10.515.650	100.346.800	120.592.700

Quadro 5.4.4. – Resultados do balanço de massa obtidos pelo modelo não estacionário.

O Cenário I mostra o aquífero aumentando seu armazenamento em aproximadamente 28 hm³, (entradas – saídas), o que as drenagens não conseguem descarregar. Isso leva a hipótese de que em condições naturais, ou seja, sem bombeamento, o SAG deve estar confinado pela Formação Serra Geral. Nesta situação as drenagens são plenamente alimentadas, sem impactos ambientais em superfície. (Figura 5.4.8).

O Cenário II mostra que o armazenamento apresenta aumento para uma simulação de 18 anos de operação (1990- 2007) dos poços da CORSAN, porém bem menos do que no Cenário I. Os valores obtidos sugerem uma condição de equilíbrio entre as taxas de recarga e de descarga. A alimentação das drenagens superficiais foi reduzida em menos de 1% em relação ao Cenário I, denotando a ausência de impactos no ecossistema aquático superficial (Figura 5.4.9).

O Cenário III mostra que o armazenamento está cedendo suas reservas (**Rp**), devido ao desequilíbrio entre entradas e saídas. As taxas de recarga (**R**) não são mais suficientes para compensar o bombeamento (**Bc**) e as descargas residuais (**Drs**) para a rede de drenagem, as

quais começam a diminuir (Figura 5.4.10). Esta situação caracteriza a “mineração” do aquífero, como abaixo indicado.

$$R \ll D_{rs} + B_c$$

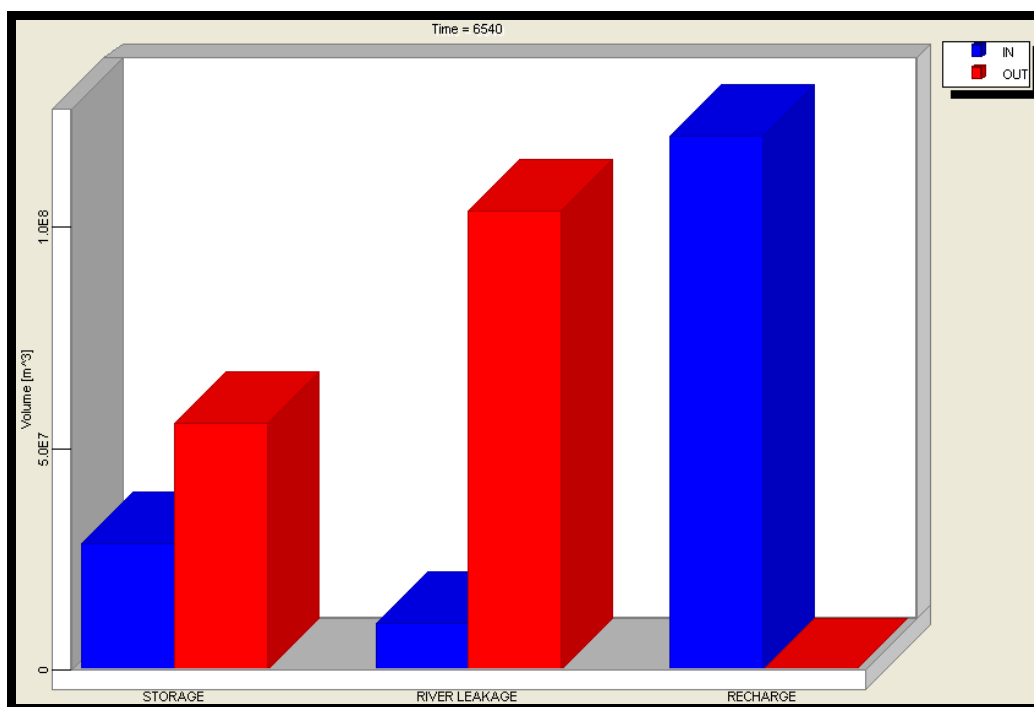


Figura 5.4.8.- Balanço de Massa do modelo não-estacionário do SAG - Ivoti para o Cenário I. Entradas no sistema em azul, e saídas do sistema em vermelho.

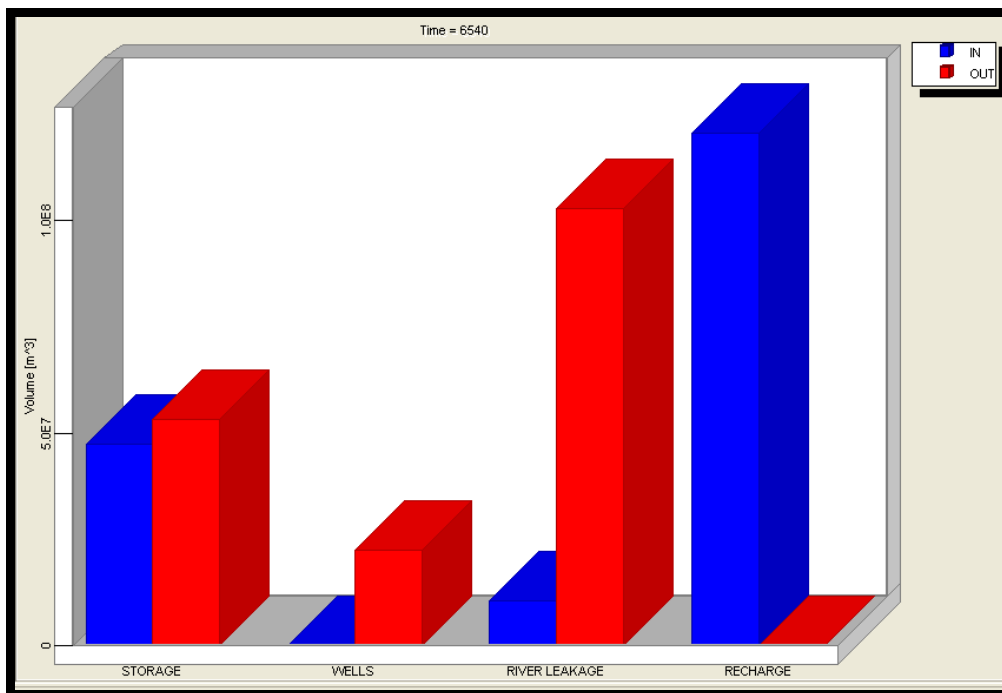


Figura 5.4.9.- Balanço de massa, do modelo não-estacionário do SAG - Ivoti, para o Cenário II. Em azul, entradas no sistema; em vermelho as saídas.

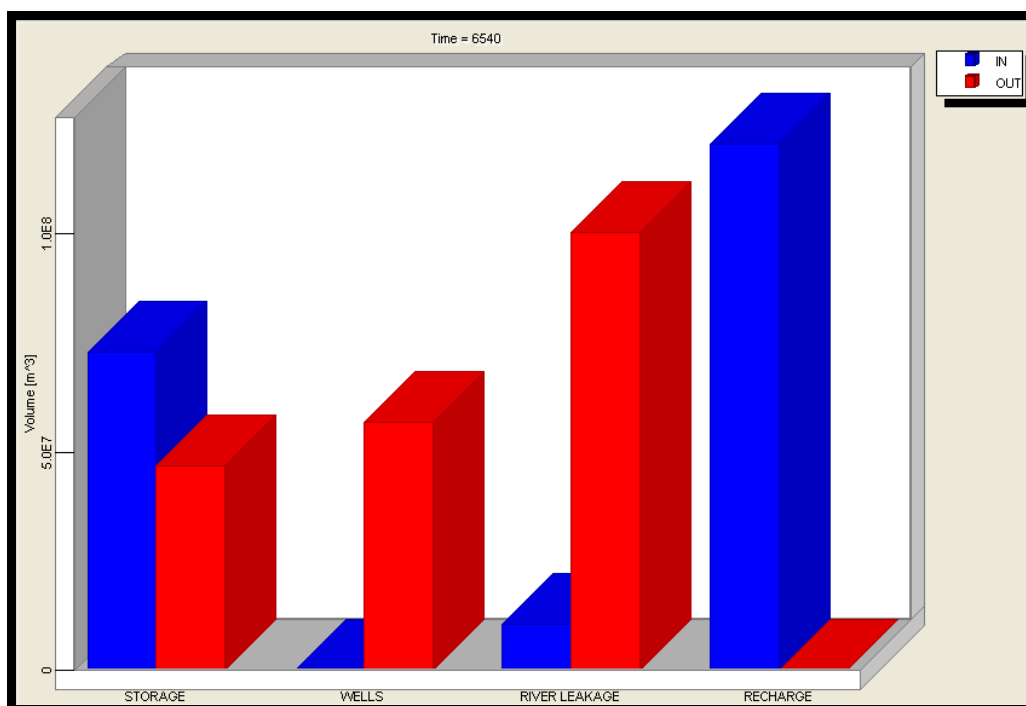


Figura 5.4.10.- Balanço de massa não-estacionário do SAG - Ivoti, para o Cenário III. Situação de mineração do aquífero ($R \ll D_{rs} + B_c$).

5.4.3.- Análise do Comportamento das Reservas Hídricas Permanentes - ↓Rp

O comportamento das reservas hídricas subterrâneas é a seguir analisado simultaneamente às precipitações pluviométricas no período 1990-2007.

As precipitações totais anuais (Figura 5.4.11) mostram períodos chuvosos (2002), com índices pluviométricos superiores a 2000 mm/ano, os quais contrastam com períodos de baixas precipitações (2005 - 2006), podendo atingir precipitações inferiores a 1000 mm/ano.

O Cenário II, para o qual se supõe que ocorra um equilíbrio entre recarga e descargas, mostra uma forte dependência das precipitações pluviométricas. Para valores comuns, entre 1500 a 2000 mm/ano, há um aumento progressivo das reservas permanentes. Entretanto, períodos de estiagem, como o ocorrido entre 2005 - 2006 refletem-se imediatamente nas reservas subterrâneas, provocando a sua depleção. Por outro lado, o retorno das precipitações aos valores anuais comuns (1550-2000 mm/ano) faz com que as reservas permanentes recuperem seus níveis anteriores a estiagem.

O comportamento encontrado para o Cenário II, o qual considera o uso do SAG apenas pelos poços de abastecimento público da CORSAN, apresenta condições de sustentabilidade, uma vez que não provoca a redução irreversível das reservas hídricas subterrâneas, (Figura 5.4.12).

Por outro lado, o Cenário III, bastante mais realista, uma vez que considera um número maior de poços em bombeamento, mostra o declínio constante das reservas permanentes (**Rp**). Os períodos de precipitações elevadas refletem-se apenas pela estabilização destas reservas, as quais voltam a deplecionar com o retorno das precipitações a faixa normal de 1500-2000 mm/ano. (Figura 5.4.13).

O comportamento encontrado para o Cenário III, reflete a mineração das reservas (**Sm**) do SAG, portanto em condição de não-sustentabilidade face ao bombeamento excessivo, conforme detectado anteriormente na análise de indicadores, (Figura 5.4.13).

Os resultados dos cenários II e III indicam que a redução da atual extração de água subterrânea para níveis próximos ao Cenário II, pode recompôr progressivamente as reservas permanentes (**Rp**), desde que as precipitações mantenham-se na faixa de 1500 - 2000

mm/ano. Portanto, encontra-se aí um limite natural de sustentabilidade de uso da água subterrânea do SAG em Ivoti - RS. Surge aqui a necessidade de medidas de gestão, conforme também detectado na análise de indicadores.

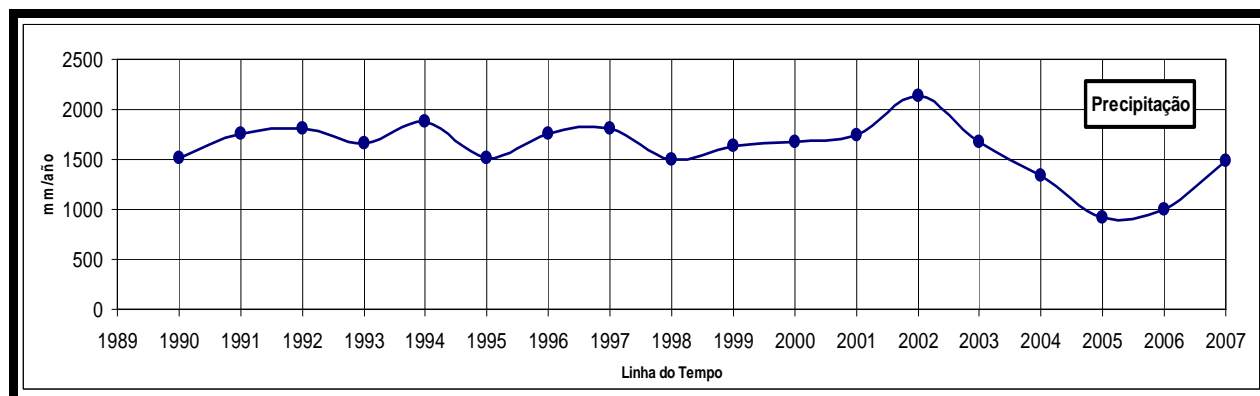


Figura 5.4.11.- Precipitações no Período 1990-2007.

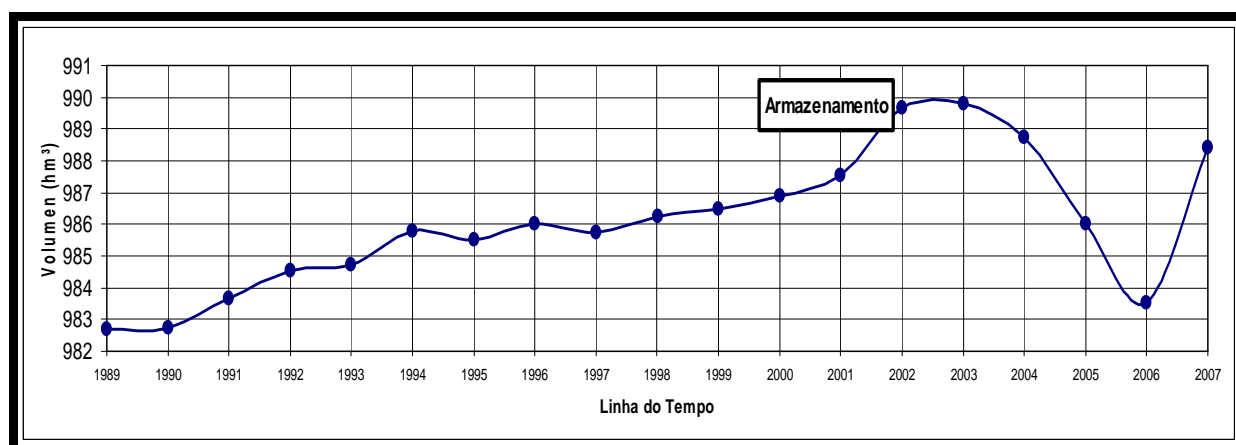


Figura 5.4.12.- Variação das reservas permanentes (R_p) determinada pelo modelo não - estacionário – Cenário II, para o SAG – Ivoti, no período 1990-2007. (Equilíbrio)

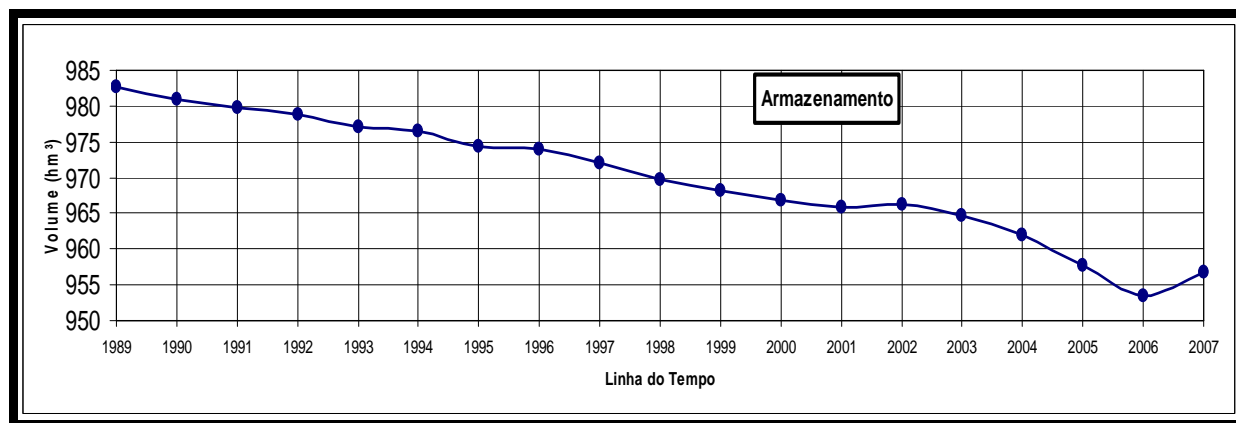


Figura 5.4.13.- Variação das reservas permanentes (**R_p**) determinada pelo modelo não - estacionário – Cenário III, para o SAG – Ivoti, no período 1990-2007. O aquífero reduz continuamente suas reservas ao longo do tempo ($R \ll Drs + Bc$). (Mineração)

5.4.4.- Comportamento da Descarga Residual do SAG - Drs

As descargas residuais (**Drs**), assim denominadas quando aquífero reduz sua descarga natural devido às taxas bombeamento (**Bc**), são responsáveis pela alimentação dos cursos de água em superfície. Portanto, a análise da evolução destas descargas está diretamente relacionada à manutenção do equilíbrio do ecossistema.

Os valores das descargas residuais calculadas pelo modelo numérico estão apresentados nas (Figura 5.4.14 e Figura 5.4.15). Observa-se que os valores determinados para o Cenário III são sensivelmente inferiores aos do Cenário II, denotando que o aumento das taxas de bombeamento resulta na redução das descargas.

Além disto, observa-se na (Figura 5.4.16), na qual se mostram treze (13) zonas de entradas em azul e 13 de saídas em vermelho, que no Cenário III, onde os cursos de água passaram de uma condição de efluentes para influentes, ou seja, os arroios recarregam predominantemente o SAG, ao invés de serem por estes alimentados.

Esta mudança de comportamento da drenagem superficial é discriminada no (Quadro 5.4.5), o qual retrata o comportamento influente dos rios no Cenário III, contrastando com o comportamento efluente do modelo estacionário.

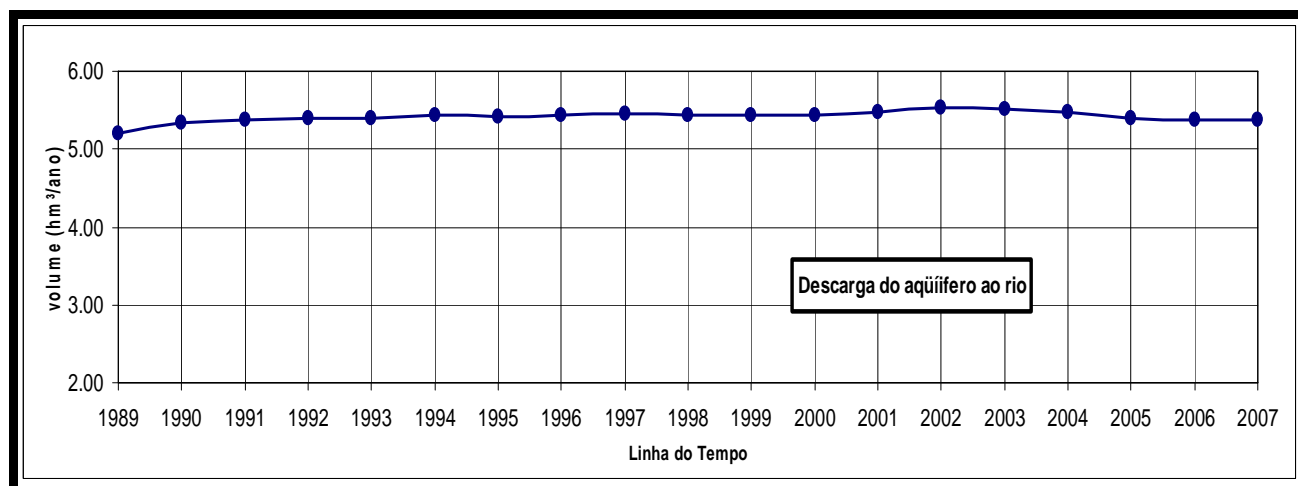


Figura 5.4.14. - Descargas residuais (**Drs**), do modelo não-estacionário, Cenário II. (Equilíbrio)

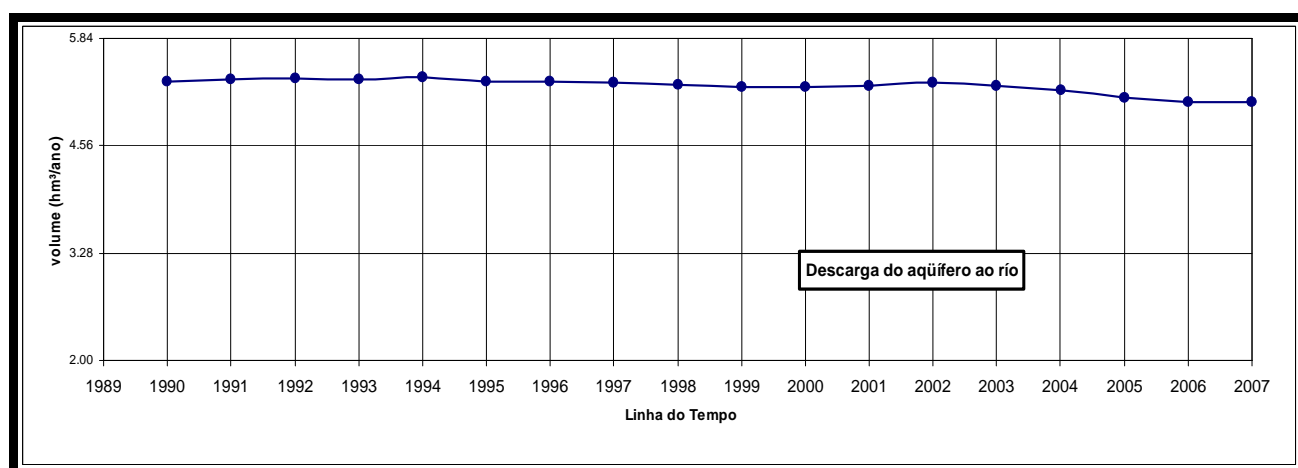


Figura 5.4.15.- Descargas residuais (**Drs**), do modelo não-estacionário, Cenário III. (Mineração)

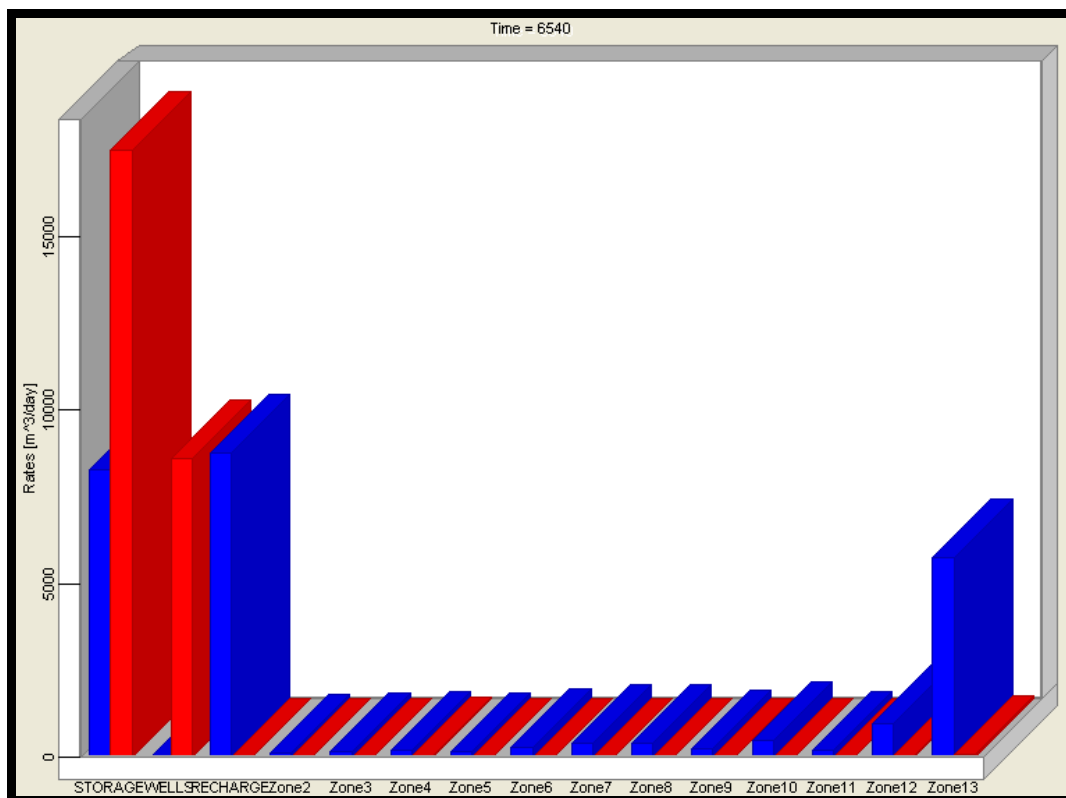


Figura 5.4.16.- Balanço de massa por zonas de recarga, para o modelo não-estacionário Cenário III. Em vermelho as saídas, e em azul as entradas.

Zona	Descrição dos elementos	Modelo Estacionário		Modelo Não-Estacionário	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída
1	Afloramentos do SAG	6.127,10	0	8.742,7	0
2	Arroio Capim	83,652	410,31	103,13	9,01
3	Arroio Passos	351,68	943,59	151,62	19,93
4	Arroio Bühler	231,6	923,95	210,55	20,76
5	Arroio sem nome	104,82	988,25	153,38	18,45
6	Arroio sem nome	541,37	146,56	282,23	3,26
7	Arroio Picada das Mulas	209,90	1.754,3	397,75	17,65
8	Arroio Estância Velha (2)	272,55	877,23	383,45	4,67
9	Arroio Estância Velha (1)	103,13	1.618,10	249,10	16,32
10	Arroio Preto (2)	399,04	2.614,7	481,52	17,74
11	Arroio Preto (1)	136,15	889,58	201,64	15,00
12	Arroio Feitoria	502,88	3.077,4	979,99	33,42
13	Falhas	5.123,6	70,366	5749,7	88,46
	Poços				8.601,3
	Armazenamento			8.268,7	17.489
	Total	16.221,33	16.221,33	26.356	26.356

Quadro 5.4.5. - Balanço de massa por zona, do modelo estacionário com o modelo não-estacionário, do SAG – Ivoti. Unidade em (m³/dia).

5.4.5.- Análise da Taxa de Bombeamento Sustentável (R_{25})

Finalmente, verificou-se a adequação do conceito de taxas de bombeamento sustentável (R_{25}), expresso por Rocha (1997) como correspondendo a 25% das reservas ativas (R_a). Na (Figura 5.4.17), observa-se que as taxas de bombeamento sustentável são variáveis ano a ano, o que depende das precipitações anuais. Entretanto, os valores de R_{25} obtidos pelo modelo numérico situam-se predominantemente entre 1,5 e 2,0 hm³/ano, o que está coerente com a análise inicial de indicadores, onde se encontrou o valor de $R_{25} = 1,64$ hm³/ano.

Para o Cenário II (Figura 5.4.17), verifica-se que as taxas de bombeamento (B_c) somente excedem o valor de R_{25} nos períodos de estiagem, quando as reservas permanentes

passam a ser mineradas. Para precipitações anuais normais, entre 1.500 mm/ano e 2.000 mm/ano, este cenário é sustentável, (Figura 5.4.12).

Por outro lado, para o Cenário III (Figura 5.4.18) as taxas de bombeamento (**Bc**) são sempre superiores à vazão sustentável (**R₂₅**), o que está de acordo com a queda progressiva das reservas permanentes observadas na (Figura 5.4.13). Estes resultados sugerem que a proposta de Rocha (1997), é razoável para avaliar a taxa de bombeamento sustentável do SAG em Ivoti.

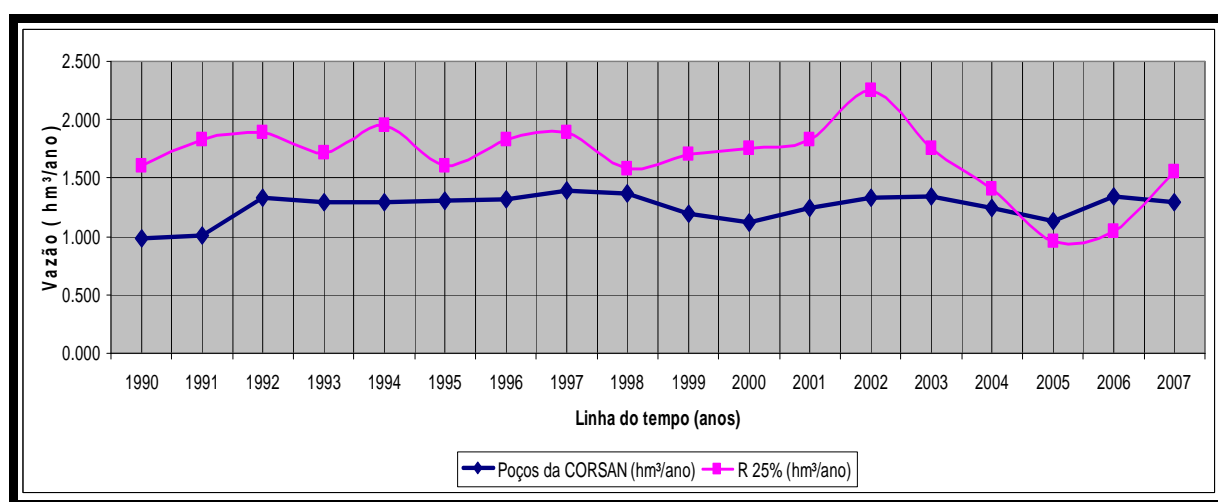


Figura 5.4.17.- Taxas de bombeamento (**Bc**) do modelo não-estacionário - Cenário II (azul) e taxas de bombeamento sustentável (**R₂₅**) em magenta.

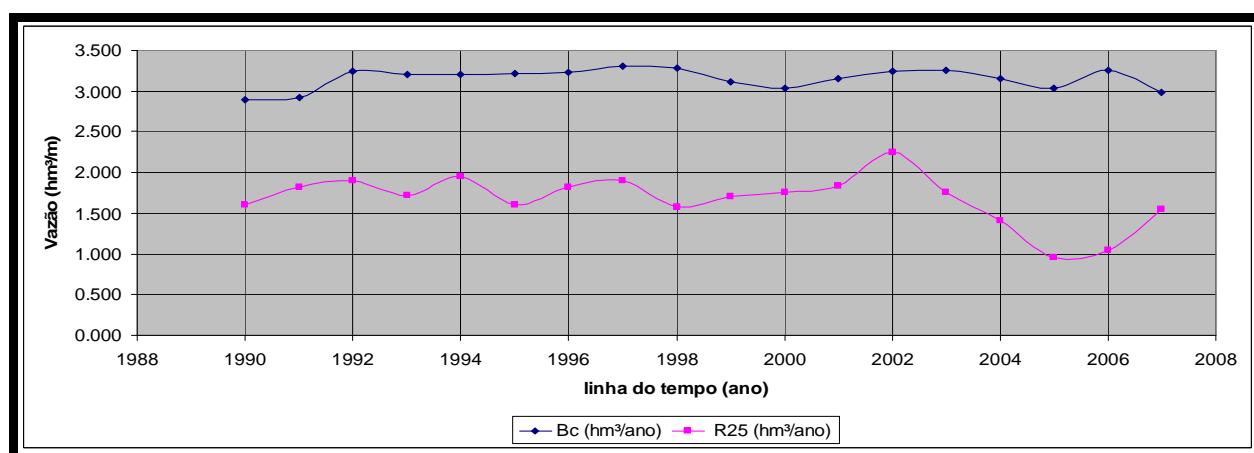


Figura 5.4.18. - Taxas de bombeamento (**Bc**) do modelo não-estacionário - Cenário III (azul) e taxas de bombeamento sustentável (**R₂₅**) em magenta.

VI.- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1.- Conclusões

O princípio do uso sustentável do SAG – Ivoti, estabelecido neste trabalho considera um fator limitante para a utilização da água subterrânea, como definição de disponibilidade para evitar impactos provocados em situações de bombeamentos em excesso.

Neste aspecto avaliando os impactos, e visando o uso racional principalmente pela necessidade de garantir a capacidade futura de atendimento da demanda hídrica da população de Ivoti, foram desenvolvidas ferramentas de gestão para avaliação e monitoramento do aquífero.

As ferramentas denominadas como indicadores ambientais, pelos resultados obtidos mostraram-se adequados a avaliar as condições atuais das demandas, traduzindo com aquífero em superbombeamento pela constatação das depleções dos níveis de água (NE), de até 50 metros na zona urbana, para um período de observação compreendido entre (1976 –1993), primeira medição de NE, e das leituras de NE correspondente ao ano de 2003, tendo como resultado: (a) as taxas de bombeamento estão descontroladas; (b) a existência de concentração de poços produtores na zona urbana; (c) existe uma elevada diferença entre o volume bombeado e o volume infiltrado; (d) existência de queda de vazão dos poços pela perda da capacidade específica; e (e) os custos de operação e manutenção estão mais elevados, devido ao aprofundamento e conseqüentemente aumento da potência dos grupos moto bomba submersa.

Estes indicadores mostraram-se também adequados para avaliação das reservas, do tempo de renovação, na identificação das áreas de recarga e descarga, e da evolução físico-química das águas subterrâneas.

O rebaixamento dos níveis de água para cotas entre 20 a 30 m deve ser considerado como de alerta em decorrência da alta vulnerabilidade sócioambiental, que estarão sujeitas caso ocorram condições de inversão de gradientes hidráulicos, com eminentes riscos à degradação da qualidade da água subterrânea, hoje de excelente padrão, devido a recargas do aquífero pelos arroios que drenam a área, principalmente pela falta de saneamento básico na região.

A utilização do modelamento numérico mostrou-se como uma ferramenta importante para a avaliação da situação de uso em 2007, e previsões futuras com a geração de cenários para diferentes demandas, na análise do resultado do balanço de massa do SAG – Ivoti, identificando assim os volume anuais referentes às recargas, as flutuações dos volumes das reservas do aquífero, e dos volumes das descargas residuais, frente as diferentes taxas de bombeamento, permitindo a gestão das demandas, e determinação das taxas de bombeamento sustentáveis.

Para a construção do modelo numérico foram transferidas fielmente as condições reais do aquífero conforme o modelamento conceitual da área de estudo, retratando a sua geometria, influências tectônicas, o comportamento hidroestratigráfico, as zonas de recarga e as direções principais de fluxo.

O desenvolvimento das ferramentas denominadas de indicadores ambientais e de modelos numéricos, que permitem a avaliação da gestão das demandas e dos monitoramentos quali-quantitativos de aquíferos necessita para sua geração da existência de poços tubulares com: (a) monitoramento dos níveis de água; (b) monitoramento dos tempos de operação diária; (c) monitoramento das vazões diárias; e (d) monitoramento dos padrões físicos químicos da água subterrânea. Recomenda-se que para utilização destas ferramentas como horizonte de pesquisa, um período mínimo de cinco anos de monitoramento.

Com base na análise dos resultados a principal conclusão deste estudo é a necessidade de um programa de gestão das demandas do SAG – Ivoti, visando assim racionalizar o uso da água subterrânea com vista a preservação deste recurso, pois na análise com os indicadores e do modelo numérico se verifica que o uso atual não é sustentável, e que o critério de Rocha (1997), taxas de bombeamento adequadas correspondem a 25 % das reservas ativas.

6.2.- Recomendações

As contribuições que este trabalho pretende trazer para o município de Ivoti dizem respeito à gestão dos recursos hídricos, com as seguintes recomendações:

- Definir as prioridades de uso do SAG – Ivoti, para consumo humano;
- Criar no município uma lei orgânica para um cadastramento de todas as obras de captação subterrânea, com localização dos poços, condições de construção, operação e responsabilidade técnica, obedecendo ao Decreto 42.047 / 2002, que regulamenta as disposições da Lei nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994, nas ações relativas ao gerenciamento e à conservação das águas subterrâneas no Estado do Rio Grande do Sul;
- Verificar a existência, no Plano Diretor do município, de critérios quanto ao tipo de atividade e ocupação do solo, para adequação e ordenamento dos espaços territoriais, visando à proteção de áreas de recarga, conforme Resolução N° 396/2008;
- Instalar uma rede de monitoramento de poços para acompanhar a variação dos níveis de água do SAG, o que não é obtido em poços operando;
- Restringir momentaneamente novas concessões para poços principalmente na zona urbana, estipular prazo de regularização dos poços tubulares junto ao Departamento de Recursos Hídricos – Secretaria Estadual de Meio Ambiente;
- Promover ações de mitigação, providenciando pontos de recarga artificial com águas da chuva nas regiões das janelas estratigráficas, em conformidade do determinado pela Resolução N° 396/2008 e
- Tratar as águas poluídas de origem industrial e dos esgotos domésticos.

VII.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigos e Periódicos:

- ALLEN, R. G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. 1994. FAO *Irrigation and Drainage Paper*. n.50. 300p. Ilustrações e figuras.
- BIO. 2003. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. Ano XIII n.28 – outubro e dezembro – ISSN 0103-5134. 20-24.
- COBERT, T.F, BETHKE, C.M. 1992. *Disequilibrium fluid pressures and groundwater flow in western Canada sedimentary basin. J.Geophys Res* **97** (5) 7203-7217.
- CUSTODIO, E. (2002) *Aquifer overexploitation what does it's mean? Hydrogeology Journal* **10** (2) 254-277.
- DPI. 2002. (Departamento de Informação Pública das Nações Unidas). **Água: vida ou morte**. DPI /2293B. Encontrado em Boscardin Borgetti et al., (2004).
- FREEZE R.A. (1971) *Tree-dimensional, transient, saturated-unsaturated flow in a groundwater basin. Water Resource Res* **7**: 347-366.
- GALLAS, J. D. F. 2003. Prospecção de Água Subterrânea em Aquíferos Cristalinos com o Emprego de Métodos Indiretos. Revista do Instituto Geológico, v. 24, p. 43-51.
- GNANASUNDAR, D., ELANGO, L. 2000. *Groundwater flow modeling of a costal aquifer near Chennai City, India. J Indian Water Resources Soc.* **20** (4): 162-171.
- GOMBOSO, J., GHASSEMI F., JAKEMAN A.J. 1996. *Modeling groundwater flow in the Northern Stirling land conservation district western Australia. Ecol. Model* **80**: 169-175.
- HEATH, R.C. & SPRUILL, R.K. 2003. *Cretaceous aquifer in North Carolina: analysis of safe yield based on historical data. Hydrogeology Journal*, **11** (2):249-258.
- JOHNSON, A.T. 1967. *Specific yield: Compilation of specific yield for various materials. U.S. Geological Survey Water Supply Paper.1662-D.Wasshinton*, 74 pag. In CUSTÓDIO & LLAMAS Hidrologia Subterrânea Ediciones Omega S.A.. Barcelona.
- KALF, F.R.P., WOOLLEY, D.R. 2005. *Applicability and methodology of determinig sustainable yield in groundwater systems. Hydrogeology Journal*, **13**. (1): 295-312.
- KULKARNI, H., SHANKAR, P.S.V., DEOLANKAR, S.B., SHAH, M. 2004. *Groundwater demand management at local scale in rural areas of India: a strategy to ensure water well sustainability based on aquifer diffusivity and community participation. Hydrogeological Journal*, **12** number 2.pag.184-196.

- LEE, C.H.1915. *The determination of safe yield of underground reservoirs of the closed basin type. Transactions, American Society of Civil Engineers* 78: 48-51. In KALF, F.R.P., WOOLLEY, D.R. 2005.
- MARKANDYA, A. E., PEARCE, D. 1988. *Natural Environments and the Social Rate of Discount. Project Appraisal*, Vol.3 (N. 1)
- MARGAT., J.1992. *Quel este le concept de surexploitation utile a la gestion des eaux souterraines? [Which overexploitation concept is useful for groundwater management?]* *Hydrogéologie, Orléans* 4:145-152.
- MEINZER, O.E. 1923. *Outline of ground-water hydrogeology with definitions. U S Geological Survey Water Supply. Paper 494.(Washington: USGS.)*In: MORRIS, B.L, LAWRENCE, A.R.L, CHINTON, P.J.C, ADAMS, B, CALOW, R.C. E KLINCK, B. A. 2003. *Groundwater and its Susceptibility to Degradation*
- MUÑOZ, J.F., FERNANDEZ, B., ESCAURIAZA, C. 2003. *Evaluation of groundwater availability and sustainability extraction rate for Upper Santiago Valley Aquifer, Chile. Hydrogeology Journal* 11 (6): 688 - 700.
- RODRÍGUES, L., GÓMEZ, A., OLEAGA, A; PACHECO, F., ROULLIER, G., SEOANE, N., BUSSO, A.S., VIVES, L. 2007. *Aquífero Guarani: avances en el conocimiento para su gestión sustentable. Primera edición, Montevideo. ISBN: 9974-96-140-8: 176 pp.*
- ROCHA,G.A., 1997. *O Grande Manancial do Cone Sul. Estudos Avançados.USP. Vol.11: p.191-212,*
- SCHERER, C. M. S. 2000. *Eolian Dunes of Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin. Sedimentary Geology, Amsterdam, v.137: p.63-84.*
- SELROOS. J. O., WOLKER. D.D., STRONG, A., GYLLING, B., FOLLING, S. 2002. *Comparison of alternative modelling approach for groundwater flow in fractured rock. J.Hydrology* 257 (1/4): 174-188.
- SENTHILKUMAR, M., and ELANGO, L. 2003. *Tree-dimensional mathematical model to simulate groundwater flow in the lower Palar River basin, southern India. Hydrogeology Journal, 12 (2): (197 – 208).*
- SOPHOCLEOUS, M.A. 1997. *Managing water resources systems: Why safe yield is not sustainable. Ground Water* 35 (4): 561.
- SOPHOCLEOUS, M.A. 2000. *From safe yield to sustainable development of water resources – the Kansas experience. Hydrogeologic Journal. 235 :(27-43)*
- TERRA DA GENTE. 2006. *TERRA DA GENTE: conhecer e conservar para compartilhar a vida. Ano 3 número 30. Outubro de 2006. p:18-27.*
- UNESCO. 1992. *United Nations Educational and Scientific Organizations, Ground Water, Paris.* In: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI., G. 2002. *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação 2ª. ed. – São Paulo: Escrituras Editora-p:39-63.*

WCED, 1987. *THE WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our Common Future. Oxford University Press.* In: REBOUÇAS, A.C., BRAGA.B., TUNDISI, G. 2002. *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação* 2ª ed. – São Paulo: Escrituras Editora-p: 39-63.

Artigos e Publicações Seriadas:

ABNT 1982. Instalações prediais de água fria. NBR 5626

ALMEIDA, F.F.M. 1986. Distribuição Regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Brás. de Geociências. SBG.* **16** (4):325-349.

BIGARELLA, J.J. & SALAMINI, R. 1961. *Early Mesozoic wind patterns as suggested by dunebedding in the Botucatu Sandstone of Brazil and Uruguay. Geol.Spc.Amer. ull. V 72, p: 1089-1106.*

BRASIL. 2004. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos – Conjunto de Normas Legais – Brasília- 3ª Edição 243p.

BRASIL. 2004¹. Ministério da Saúde. Portaria N.º518 de 25 de março de 2004.

BRASIL. 2007. Caderno da Região Hidrográfica – Atlântico Sul. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente-Secretaria de Recursos Hídricos.

BRASIL. 2007. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Lei do Saneamento. Presidência da República. Casa Civil Subchefia de Assuntos Jurídicos.

BRASIL. 2008. Resolução 396 de 3 de abril. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CARRARO, C.C.(coord.) 1974. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

CAMPOS, L.F.G.1889. Relatório da Comissão geográfica e geológica de São Paulo. Anexo21-34 In: SCHERER, C.M. S., FACCINI, U. F., LAVINA. E. L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.

CAMPOS, H.C.N.S. 2000. *Modelación Conceptual y Matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur. Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní.* Escala 1: 2.500.000. Acta Geologica Leopoldensia. Estudos Tecnológicos. Série Mapas **4**.UNISINOS 51 p. 1 Mapa.

CPRM. 1994. Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha. Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre- METROPLAN. 26 p. e mapa.

CPRM. 2008. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul na escala de 1:750.000. Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM – Serviço Geológico do Brasil., e CD – ROM.

DNAEE.1985. (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica). Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Recursos Hídricos, Brasília.

DNPM. 1989. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.

FACCINI, U.F., GIARDIN, A., MACHADO, J.L. 2003. Heterogeneidades Litofaciológicas e Hidroestratigráficas do Sistema Aquífero Guarani na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul em Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos de sedimentares – Estudos de casos – Convênio 88.98.0750.00 PADCT III. 147-173.

FIPAI, 1996. Relatório técnico do Projeto de Gestão da Qualidade de Águas Subterrâneas. Ribeirão Preto 43 p. In: CHANG, H.K. 2001. Proteção Ambiental e Gestão Sustentável Integral do Aquífero Guarani. Relatório Final. UNESP/IGCE. 54p.:il.

FOSTER, S., ADAMS, B., MORALES, M. 1991. *Estratégias para la Protetion de Águas Subterrâneas*. (Versão Preliminar). UK Overseas Development Administration, *Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Centro Panamericano de Ingenharia Sanitária y Ciências Del Ambiente. Organizational Panamericana de la Salud – Organization Mundial de la Salud*. 85 p. figuras e tabelas.

GIARDIN, A., FACCINI, U. 2004. Complexidade Hidroestratigráfica e Estrutural do Sistema Aquífero Guarani: Abordagem metodológica aplicada exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil. Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. ABAS N° 18. JAN. 2004.

GOLDBERG, K. 2003. Caracterização das heterogeneidades do espaço permo-poroso do Sistema Aquífero Guarani. Relatório de bolsa recém doutor, Processo 02/60096.1.p.65.PPGEO-UNISINOS.

HAUSMAN, A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Acta Geologica Leopoldensia – **Série Mapas**. 127 p.e l. Mapa.

HAZEN, A. 1911. *Discussion. Dams on sand foundation. Transactions, American Society of Civil Engeneers* 73:199. In CUSTÓDO, E., LLAMAS, M.R. 1976. Hidrologia Subterrânea.

HEATH, R.C. 1982 – Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas – *US Geological Survey - USA-1983*, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. ABAS. Tradução. 84 p, Mario Wrege e Paul Potter, UFRGS.

HEINE, C.A., COELHO, O.G.W., FACCINI, U.F., SILVA, M.C.A., ESMERIS, C. 2005. Monitoramento da depleção e detecção dos limites de exploração do Sistema Aquífero Guarani em Ivoti – RS : uma aplicação de geoprocessamento no gerenciamento municipal do uso sustentável de recursos hídricos subterrâneos. GAEA/ Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS- Vol. 1, n.1 (jan/jul) 2005)-.- São Leopoldo: UNISINOS, 2005.

HEINE, C.A., HANSEN, M.A.F., COELHO, O.G.W. 2007. Análise da sustentabilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos do município de Ivoti - RS. Estudo baseado no software ZEEBRA. PPGeo UNISINOS. Inédito

KOSTIC, B., BECHT, A., AIGER, T. 2005. *3-D sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW_Germany): Implications for hydrostratigraphy. Sedimentary Geology* n° 181. p:143-171.

LAVINA E.L. & FACCINI, U.F. 1993. A Formação Pirambóia no Rio Grande do Sul. Um episódio de desertificação no final do Permiano, início do Triássico. Estudos Tecnológicos, v 36, p: 162.

MILANI.E.J., FACCINI. U.F., SCHERER. C.M.S., ARAÚJO. L.M., CUPERTINO, J.A.1998. *Sequences and stratigraphic hierachy of Paraná Basin. (Ordovincian to Cretaceous), Souhthern Brazil. Bo. IG/USP, Série científica, 29:125-173.*

MONTAIGNE, F. 2002. Água sob Pressão. *National Geográhic Brasil.p.50-73. National Geographic –Brasil. 2002. A Terra pede água.*

MORRIS, B.L., LAWRENCE, A.R.L, CHINTON, P.J.C., ADAMS, B., CALOW, R.C., KLINCK, B. A. 2003. *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management and Assessment Report Series, RS.03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.*

NORRIS, S.E., &.FIELDER, R.E. 1965. *Relation of permeability to grain size in a glacial-outwasch aquifer at Piketown, Ohio. U.S. Geological Survey Professional Paper 525-D: 2003-06.*

RIO GRANDE DO SUL.1989. Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Governo do Estado do Rio Grande do Sul – Secretaria da Agricultura e Abastecimento - Departamento de Pesquisas – Instituto de Pesquisas Agrárias de Ecologia Agrícola. Porto Alegre. **3 V.II** 296 mapas e 28 tabelas.

RIO GRANDE DO SUL. 1995. Simulação de uma proposta de gerenciamento de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica de Rio dos Sinos. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Relatório final de Consultoria: MAGNA Engenharia Ltda.

RENNE, P.R., ERNESTO, M., PACCA, I.G., COE, R.S., GLEN, J., PREVOT, M., PERRIN, M. 1992. *The age of paraná flood vulcanism, rifting of Gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary: Science, v.258, p: 975-979. In: SCHERER, C.M. S., FACCINI, U. F., LAVINA. E L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.*

SINELI, O. 1987. Estudos Hidrogeológicos da Bacia Hidrográfica de Rio Claro (SP). Águas Subterâneas. N.11. p.5-25.

SHIKLOMANOV, I.A. 1998. *World water resources – a new appraisal and assessment for the 21st century. Paris: International Hydrogeological Programme/ONU. 37p.*

SCHERER, C.M. S., FACCINI, U. F., LAVINA. E L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.

TUNNER, S., REGELOUS, M., HAWKESWORTH, C., MONTOVANI, M.1994. *Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: High precision ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology. Earth and Planetary Science Letters, v.121,p.333-348. In: SCHERER, C.M.S., FACCINI, U. F., LAVINA. E. L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.*

VIVES.L., VARNIM. 2005. *Aplicação de los Modelos Numéricos em Hidrología Subterrânea. Curso de Modelos Numéricos UNISINOS.*

WHITE, I.C. 1908. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra de Brasil. Relatório sobre as *coal measures* e rochas associadas do sul do Brasil. Parte I: Geologia. 300p. In: SCHERER, C.M. S., FACCINI, U. F., LAVINA. E L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.

WREGGE, M. 1997. Termos hidrogeológicos básicos. Cadernos Técnicos ABAS, São Paulo, nº4 ago. de 1997. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

Livros e Capítulos de Livro:

AGRAR und HIDROTECHNIK. 1969. Estudo Hidrogeológico da Bacia do Rio dos Sinos. Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1v.

ALHSUD. 2007. *Acuífero Guaraní: avances en el conocimiento para su gestión sustentable. Primera edición, Montevideo*. 176 pp 21X30.

ARAÚJO, L.M., FRANÇA. A.B., POTTER. P. E. 1995. Arcabouço Hidrogeológico do Aquífero Gigante do Mercosul (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai): Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tuacuarembó. Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Petróleo Brasileiro S/A (Petrobrás). Escala 1: 5.000.000.16 p e anexos.

BOLLMANN, H.A. 2001. Metodologia para avaliação ambiental integrada. In: MAIA, N.B., H.L. MATTOS, W.BARRELLA (Org.). Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP. P.15-46.

BOSCARDIN BORGETTI, N.R., BORGETTI, J.R., ROSA FILHO, E.F. 2004. Aquífero Guaraní: a verdadeira integração do Mercosul.-Curitiba. 214p.:il.

CAMARA NETO, G.1995. Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados.Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.Tese de Doutorado. 265p.

CAMPOS, H.C.N.S. 2000. *Modelación Conceptual Y Matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur. Mapa Hidrogeológico del Acuífero Guaraní*. Escala 1: 2.500.000. Acta Geologica Leopoldensia. Estudios Tecnológicos. Série Mapas 4. Unisinos. 51p. 1 Mapa.

CARABALLO, M.P.C. 2006. *Investigación Hidrogeológica del Acuífero Guaraní en el área de afloramiento de los Departamentos de Rivera Y Tacuarembó Uruguay. Tesis de Doutor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Hidrogeología. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exatas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. 170p.*

CLEARY, R.W. 1989. Águas Subterrâneas. ABRH..

CESP/IPT.1982. Geologia da Bacia do Paraná. Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em Hidrocarbonetos. Paulipetro Consórcio CESP/IPT.197 p.com 1 mapa.

CHANG, H.K. 2001. Proteção Ambiental e Gestão Sustentável Integral do Aquífero Guaraní. Relatório Final. UNESP/IGCE.54p.:il.

CLARK, W., E MUNN. R. 1986. *Sustainable Development of Biosphere, (Cambridge: Cambridge Press)*

CPRM 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final - Porto Alegre. CPRM. Convênio SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM. 65 p.il.; mapa.

CUSTÓDO, E., LLAMAS, M.R. 1976. Hidrologia Subterrânea. Edições Omega, S .A. Barcelona.2359 p. tab.fg.

COOPER, H.H.,Jr and JACOB, C.E. 1946. *A generalized graphical method for evaluating formation constant and summarizing well field history. Transactions, American Geophysical Union, Vol 27, No.4.* DRISCOLL, F.C. 1989. *Groundwater and Wells, 2 ed. Published by Jonhson Filtrations Systems Inc. St. Paul Minnessota 55112.1089. 730 p il. fotos e tabelas.*

DINGMAN, L. 1992. *Physical hydrology. Prentice Hall, second edition, New Jersey, United State of America, 644 pp.*

DIAMOND, J. 2005. COLAPSO, como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso, Editora Record, Rio de Janeiro. 685 p.

DRISCOLL, F.C. 1989. *Groundwater and Wells, 2 ed. Published by Jonhson Filtrations Systems Inc. St. Paul Minnessota 55112.1089. 730 p il. fotos e tabelas.*

DNPM. 1989. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FACCINI, U.F. 1989. O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais. Curso de Pós Graduação em Geociências. 121 p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FACCINI, U.F. 2000. Estratigrafia Permotriássica do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais versus espaço de acomodação. Porto Alegre, tese de Doutorado, PPGeo - UFRGS, 2v, 322 p. (documentação anexa, 23 fg.)

FEITOSA, F.A.C., MANOEL Filho, J. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 412 p.il.

FETTER, C.W. 1988. Applied Hydrogeology. Published by Charles E. Merrill Publishing Co. A Bell & Howell Company, Columbus Ohio 43216. 488 p.il.

FETTER, C.W. 2001. *Applied of hydrogeology. 4ª. ed., Prentice Hall. 598 p.il.fg.*

FREEZE, R.A.,CHERRY. J.A. 1979. *Groundwater.* Prentice Hall, Inc., 604 p.

GABAGLIA.G.P.R., MILANI, J.E.1990. Origem e evolução de bacias sedimentares Rio de Janeiro:Ed.Gávea: *R.Redisch Prog.* Visual produção gráfica e Edição PETROBRÁS. 411.il.anexos.

GALLAS, J. D. F. 2000 – Principais Métodos Geométricos e suas Aplicações em Prospecção Mineral, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental. Rio Claro, 174p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

GIAMPÁ, C.E.Q., GONÇALVES, V.G. 2006. Água subterrâneas e poços tubulares profundos. São Paulo: Signus Editora

HALLOF, P. G. 1957. *On the interpretation of resistivity and induced polarization measurements:* Cambridge, MIT, Ph. D. Thesis.

HANSEN, M.A.F. 2001. Proposta de indicadores de sustentabilidade visando a síntese do diagnóstico ambiental, social e econômico para bacias hidrográficas. Estudo de caso: Subsistema Baixo Camapuã. 648 f. Tese de Doutorado – Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HANSEN, M.A.F., LANNA, A.E.L. 2001. Zonas e zoneamento ecológico-econômico na gestão dos recursos hídricos. In: PROGRAMA DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: *Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil*. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. DF., 20p. CD-ROM.

IBGE. 1986. Levantamento de Recursos Naturais – Vol.33. Secretaria de Planejamento da presidência da República – Folha SH 22 – Porto Alegre e parte das Folhas SH 21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim – Projeto RADAM BRASIL. 773 P. Mapas. Tabelas e Fotos.

IBGE. 1995. Listagem das localidades do Rio Grande do Sul. Municípios. Área. População. Fração de Área. 26p. 26 Tabelas.

KLEIN, M.A. 1998. Integração de Imagens TM e Aerogeofísicas para Análise Lito-Estrutural de uma porção da zona de cisalhamento transcorrente Dorsal de Canguçu, região de Quitéria – Várzea do Capivarita, Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 120p.

LEAL, A.S. 1999. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In BOSCARDIN BORGHETTI, N.R. BORGHETTI Jr., ROSA FILHO, E.F. 2004. Aquífero Guarani: a verdadeira integração do Mercosul.-Curitiba. 214p.:il

MACHADO, J.L.F. 2005. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Porto Alegre Na área de estudo são examinadas as características geológicas, hidrodinâmica, hidráulicas e caracterização estratigráfica, em uma escala regional, de aquíferos porosos do SAG, em área pertencente aos municípios de Ivoti e Estância Velha, pertencentes a Região Metropolitana de Porto Alegre e que se utilizam da água subterrânea como fonte única como complementação para abastecimento público.:UNISINOS 237 f.ilust.

OEA. 2001. Termo de Referência: Projeto Proteção Ambiental e Gerenciamento Sustentável Integrado do Sistema Aquífero Guarani. Elaborado por André Virmond Lima Bittencourt, Celso Loureiro, Eduardo Chemas Hindi, Francisco José Fonseca Ferreira, Jorge Montañó Xavier, Miguel Auge e Sidnei Pires Rostirolla, sob coordenação de Ernani Francisco da Rosa Filho. Fundação Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura (FUNPAR). Curitiba: *Global Environmental Facility*, Banco Mundial. 2001.208 p.

PAULIPETRO CONSÓRCIO CESP/ IPT 1982. Geologia da Bacia do Paraná. São Paulo, SP. 1 Mapa.

PAREDES, E.A. 1999. Sistema de Informação Geográfica (Geoprocessamento) Princípios e Aplicações. Editora Érica Ltda. 675 p.

PIPER. A. 1944. *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*. *Trans.Amer. Geophys. Union*. Vol.25:914-923. CUSTÓDO, E., LLAMAS, M.R. 1976. Hidrologia Subterrânea. Edições Omega, S .A. Barcelona.2359 p. tab.fg.

PONCE, V.M., 1989. *Engineering hydrogeology: principles and practices, Upper Sanddle River: Prentice Hall*, 1989.

PRONK, J., HAQ, M. 1992. *Sustainable Development: From concept to action – Report of the United Nations Development Program*. In: MUNASINGLE. M.; SHEARER, W. 1995.- *Defining and Measuring Sustainability – The Biogeophysical Foundations – United University – Washinton D.C.* 440 p.

REBOUÇAS, A.C. 1976. Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná: análise da pré- viabilidade. São Paulo. 143 pág. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

REBOUÇAS, A.C., BRAGA.B., TUNDISI., G. 2002. Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação –2. ed. – São Paulo: Escrituras Editora-p.39-63.

RODRÍGUEZ,L., GÓMEZ,A., OLEAGA, A., PACHECO, F., ROULLIER,G., SEOANE, N., BUSSO, A.S., VIVES, L. 2007. *Desarrollo Metodológico para la Evaluación de Recarga y la Vulnerabilidad del Sistema Acuífero Guaraní en Argentina Y Uruguay*. ALHSUD p:77-92.

ROSA FILHO, E.F., HINDI, E.C., ARAVENA, R., BITTENCOURT, A.V.L., MONTAÑO,J., DUARTE,U. 2007. Estudo do Movimento das águas subterrâneas do Sisistema Aquífero Guaraní (SAG) através de Isótopos, no Paraná, São Paulo e no Uruguai. ALHSUD p.109-119.

SCHERER, C.M.S. 1998. Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Neopermiano) no Estado do Rio Grande do Sul. Curso de Pós Graduação em Geociências. 208 p. Tese de Doutorado em Geociências – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. In: SCHERER, C.M. S., FACCINI, U. F., LAVINA. E L. 2000. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná.

SCHIRMBECK, J. 2005. Estimativa da evapotranspiração regional em área de ocorrência do Sistema Aquífero Guaraní – RS. Uma aplicação de técnicas de sensoriamento remoto. UNISINOS-PPGEO. São Leopoldo. RS.132 p. e il.

SILVA, R.B.G.,1983. Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências de São Paulo.133 p.

THEIS, C.V.,1953. *The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of well using ground water storage*. *Transactions, American Geophysical Union, Washington, D.C.*, pp 518-524. In DRISCOLL, F.C. 1989. *Groundwater and Wells, 2 ed. Published by Jonhson Filtrations Systems Inc. St. Paul Minnessota 55112.1089.* 730 p. il. fotos e tabelas.

THORNTHWAITE, C.W. & MATER, JR.1955. *The water balance. Publications in climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey, v.8 104p.*

TODD, D.K.1967. Hidrogeologia de Águas Subterrâneas. Programa de publicações didáticas – USAID – Rio de Janeiro – *Copyright John Willey & Sons, Inc 1959.* 319p.

ZALAN, P.V., WOLF, S., CONCEIÇÃO, J.C.J., MARQUES, A., ASTOLFI, M. A. M., VIEIRA, I. S., APPI, V.T., ZANOTTO, O.A. 1990. Origem e evolução de bacias sedimentares /

Coordenadores, Guilherme P.R.Gabaglia e Edison José Milani.-Rio de Janeiro: Ed.Gávea:R. Redisch Prog. Visaul Prod. Gráf. e Editoração: PETROBRÁS.415 p.il.

WIESNES. P., 1984. *Introduction à l'hydrogeologie urbaine: conferences pour le Cours International d'Hydrologie Operationnelle et Appliquée, Lausanne: EPFL.*

Publicações Completas em Congressos:

CAETANO-CHANG, M.R.; WU, F.T. 1992. Bacia do Paraná: formações Pirambóia e Botucatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo. Roteiro de Excursão. São Paulo: SBG, 1992.v.2, 19p.

GIARDIN, A. & FACCINI, U.F. 2002. Heterogeneidades Faciológicas e Hidroestratigrafia do Aquífero Guarani na região central do Rio Grande do Sul: abordagem metodológica e resultados preliminares. In: XIIº Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS, Florianópolis SC. ABAS. 2002.16 p. (CD ROM).

HAUSMAN, A.1965. Esboço Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. In: UFRGS, Centro Acad.Est.Geol. SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS.

MACHADO, J.L.F., FACCINI.U.F. 2004. Influência dos Falhamentos regionais na Estruturação do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. 15 p. XII. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS, Florianópolis SC. ABAS. 2002.16 p. (CD ROM).

PORTO, M. 2005. Gestão Ambiental Integrada e Estratégica de Bacias Hidrográficas. *WORKSHOP* – Gestão Estratégica de Recursos Hídricos. Brasília. Dez. 2005.

SCHNEIDER, R.L., MÜHLMANN, H., TOMMASI .E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F., NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 28º. Porto Alegre. SBG, 1974.v.1,p.41-65.

UNISINOS 2003. Fórum do Guarani. FIERGS 2003.

Publicações em Websites

ANA (Agência Nacional de Águas). 2001. Projeto Aquífero Guarani. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/guarani>

ANA (Agencia Nacioal de Águas) 2006. www.ana.gov.br/guarani/files/mapa A4. Acessado em 08-01-2006.

ANA (AGENCIA Nacional de Águas) 2007. <http://hidroweb.ana.gov.br/Estação.asp?Codigo=2951028>.

DATASinos. Sistema de Informação e Análise Sócio-Econômico-Ambiental para o COREDE do Vale do Rio dos Sinos. 2006. Disponível em: <http://datasinos.unisinos.br>. Acesso em: 18/04/2007.

DRM.(Departamento de Recursos Minerais) 2003.Águas subterrâneas. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/projeto.asp?chave=6>. Acesso em 23.04.2006.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) *FAO's Aquastat Programme. FAO's Land and Water Development Division*, 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCRP/005/Y4473e01.htm>. Acesso em 24.05.2004.

FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). *Review of water resources statistics by country. Water resources development and management service*, 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agl/aglw/aquastat/dbase/index2.jsp>. Acessado em: 20 de ago.2003. Encontrado em Boscardin Borghett et al., 2004..

FEE. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. 2005. Disponível em: http://www.fee.tc.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipiosdetalhe.php?munipio=ivoti. Acesso em: 27/04/2006.

FOSTER, S., LOUCKS, D.P. 2006. *Non-Renewable Groundwater Resources. A guidebook on socilly-sustainable management for water-policy makers. Published by United Nations Educational Scientific and Cultural Organization 7, Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP (France). Compoused by Marina Rubio,93200 Saint-Denis. UNESCO. IHP/2006/GW. 103 p.:il.* <http://www.unesco.org/water/ihp>. Acessado em 20.10.2006.

IBGE .Cidades @. 2003 Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades/topwindow.htm?0>>.Acesso em:20/12/2003.

IBGE. 2004. Tabela 1.437. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=1>>. Acesso em: 10/01/2004. METROPLAN. 2003. Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. <http://www.metroplan.rs.gov.br.atuarmpa.asp>. Acessado em 11-09-2003.

MERICO, L. F. K. 2001.Políticas públicas para a sustentabilidade. In: G. Viana, M. Silva, & N. Diniz (Org.). O desafio da sustentabilidade: um debate socio-ambiental no Brasil. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo,. p. 251-262.Tabela 1.437. 2004b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=1>>. Acesso em: 10/01/2004.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2003. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Documento base de referência – minuta. Revisão. Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Agência Nacional das Águas de Brasília, DF. Disponível em http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/0Plano%20Nacional4_04_03.pdf> Acesso 23.04.2006.

OLIVEIRA FILHO, A. 2000. Terra Planeta Água. Disponível em: <http://www.fnucut.org.br/saneamento/TERRA%20PLANETA%20CIGUA%202.pdf>>

SILVA, A. L .M. S. 2003. Águas Subterrâneas: critérios em seu uso. Fórum Internacional das Águas. Disponível em http://forum.internacionaldasaguas.com.br/artigos.asp?cod_pub=9>.

SHIKLOMANOV, I.A. 1999. World water resources at the beginning of 21st century: summary of the monograph in Word Water Resources and their Use. State Hydrogeological Institute, St.Petersburg, Russia & UNESCO, Paris, 1999. Disponível em: <http://webword.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html#Introduction>. Acessado em 01/03/2007.

UNB .2006. <http://www.unb.br/ig/glossário/verbete/estratigrafia.htm> acessado em 10/08/2006.

UNESCO. 2006. *NON-RENEWABLE GROUNDWATER RESOURCES. A guidebook on socially-sustainable management for water-policy makers.* Edited by Stefen Foster and Daniel P. Loucks. IHP-VI, Series on Groundwater N° 10.108p. Disponível em: <http://www.unesco.org/water/ihp>. Acessado em 23/10/2006.

<http://www.ivoti.rs.gov.br/home/home.asp>

VIII.- GLOSSÁRIO HIDROGEOLÓGICO

Área de Afloramento- Exposição natural da rocha armazenadora de água subterrânea causada principalmente por erosão.

Agenda 21 – Plana de metas voltadas para os desafios do século XXI (daí seu nome). Traçado pelos governos mundiais tem como base a definição de um programa que inclui a criação de mecanismos de financiamento para projetos de preservação ambiental e de transferência de tecnologia e ainda o estabelecimento de normas jurídicas para a proteção da biosfera.

Água freática- É aquela água de origem meteórica (chuva) que se infiltra no solo, migrando, por gravidade para níveis inferior na zona de aeração, ocupando os vazios dentro de uma rocha ou solo num nível abaixo do lençol de água. Sinônima água vadosa; água gravítica.

Água subterrânea- Toda a água que está contida nos espaços porosos e no solo abaixo da elevação do lençol freático.

Altura da recarga, ou carga hidráulica – Energia contida na massa de água, devido a elevação, pressão ou velocidade.

Anisotropia – Variação das propriedades física com a direção do fluxo.

Aquicludo (aquiicludo)– Uma camada, formação ou grupo de rochas saturadas, mas de pobre permeabilidade, e que não cede água para poços ou fontes. Exemplo: argila.

Aquífero – Camada, formação ou grupo de formações saturadas em água constituídas com materiais permeáveis, com capacidade de ceder esta água em condições econômicas.

Aquífugo- É aquela formação geológica impermeável que não armazena nem transmite água .Exemplo, rochas cristalinas

Aquíferos livres – (freático), Águas que circulam em função de sua própria carga hidráulica, não possuem uma camada confinante.

Aquíferos confinados (artesianos) – Expressão originada de Artois, cidade do norte da França, famosa por seus aquíferos confinados. Aí foram perfurados e investigados os primeiros poços profundos para atingir aquíferos confinados, datados de 1750. Atualmente este termo é aplicado para qualquer poço que penetre um aquífero confinado, ou simplesmente o próprio aquífero (Todd 1959) Formação na qual a água subterrânea está isolada da atmosfera no ponto da descarga por camadas geológicas impermeáveis que confinam esta água subterrânea a pressões superiores a da atmosfera.

Aquitarda (aquitarde) – Formação geológica ou grupo de formações ou parte de uma formação com pouca permeabilidade onde a água é armazenada mas que transmite lentamente inviabilizando economicamente o seu aproveitamento em obras da captação.Exemplo, siltito.

Balanço Hídrico- É a operação que quantifica a diferença numérica entre as alimentações e as descargas de um sistema hídrico, numa região e num intervalo de tempo específico; é a soma das entradas (alimentação), das saídas (descargas) e das variações de armazenamento de um aquífero

num intervalo de tempo definido.

Cone de depressão – Depressão nos níveis de água subterrânea ou superfície potenciométrica que tem uma forma de um cone invertido que se desenvolve ao redor do poço que está sendo bombeada (curvas de rebaixamento), depressão cônica formada pelo nível de água quando o poço está em bombeamento. Isto define a área de influência do poço.

Área confinada – Situação em que o aquífero encontra-se entre duas unidades litológicas impermeáveis e sob pressão maior do que a pressão atmosférica.

Ciclo Hidrológico – É a contínua e natural circulação da água pelas esferas terrestres (atmosfera; biosfera; litosfera; hidrosfera). O volume global de água na Terra envolvida no ciclo hidrológico é de 577.000 km³/ano.

Cone de interferência – Rebaixamentos do nível da água subterrânea devido ao rebaixamento de dois ou mais poços, que ocorre como somatório dos cones de depressão destes poços.

Capacidade específica (q) – É a vazão susceptível de ser obtida por um poço por unidade de rebaixamento do nível de água. (L³/T/L).

Coefficiente de armazenamento (S) – É o volume de água liberado ou admitido por unidade de área, em função de uma variação vertical unitária da superfície potenciométrica, (água do armazenamento), trata-se de um coeficiente adimensional (L³/L³).

Condutividade hidráulica – Intuitivamente é a facilidade com que a água percola em uma litologia sob um gradiente potencial. (No S.I. a unidade é L³ / T / L² ou L / T).

Contaminação – Degradação da qualidade natural da água subterrânea como resultado de atividades do homem.

Descarga – É o conjunto de saídas de água de um rio onde um aquífero, num intervalo de tempo. Pode-se dizer que é o fluxo de água subterrânea. Nos locais onde este fluxo atinge a superfície do terreno forma-se as fontes, nascentes ou brejos.

Discordância – Superfície que separa as unidades estratigráficas de idades significativamente diferentes e que representa um grande período de não deposição ou de erosão das camadas abaixo ou acima desta superfície de discordância.

Disponibilidade hídrica social- é a disposição de água em metros cúbicos por habitante por ano. Calcula-se dividindo o valor dos recursos hídricos internos renováveis de um país ou região pelo número total da população desta mesma região (m³/habitante/ano).

Diviso de águas- Linha que separa a direção para onde correm as águas pluviais, ou bacias de drenagem.

Dureza – Propriedade da água causando a formação de um resíduo insolúvel. Em geral causado por íons de cálcio ou magnésio.

Escorrimento superficial (Runoff) – A parte da precipitação pluviométrica que escorre na superfície topográfica.

Estratificação- Estrutura originada pela acumulação progressiva de qualquer material tendendo a formar camadas definidas por descontinuidades físicas e / ou nítidas passagens textural, estrutural ou química. Esta estrutura é mais típica de rochas sedimentares na forma de camadas, lâminas, lentes ou cunhas.

Evapotranspiração – Perda de água do sistema hídrico pelo conjunto dos processos de evaporação de água do solo e da transpiração de plantas.

Falha- Ruptura da crosta terrestre ou de um corpo rochoso onde há deslocamentos dos blocos.

Fluxo de base- É o fluxo que os rios mantêm durante os períodos de recesso inter-chuvas, proveniente das descargas dos aquíferos, principalmente.

Fonte ou (nascente)- É a aquela ocorrência de água subterrânea quando esta aflora de forma concentrada em superfície.

Fratura – Espaço vazio de uma formação geológica, ou seja, ruptura da crosta terrestre ou de corpos rochosos sem que haja deslocamentos de blocos resultantes.

Gradiente hidráulico – tomados dois pontos de fluxo subterrâneo em uma dada direção o

gradiente hidráulico é a razão entre as diferenças dos níveis da água subterrânea ou carga potenciométrica por unidade de distanciamento.

Heterogêneo – Formação ou grupo de formações não uniforme em toda estrutura ou composição.

Homogênea - Formação ou grupo de formações uniforme em toda estrutura ou composição.

Interferência – Esta condição ocorre quando os cones de depressão dos níveis de água de dois poços se sobrepõem, por estarem próximos ou por estarem bombeando do mesmo aquífero ou zona de fratura.

Isotropia – é a propriedade de um sistema em que as propriedades não variam segundo a direção.

Isópaca – representação em mapa das variações de espessura real de um corpo geológico através de linhas que unem pontos de mesma espessura em múltiplos de determinados valores projetadas essas linhas verticalmente no plano do mapa.

Linhas de fluxo – Linhas indicando a direção de fluxo da água subterrânea até o ponto de descarga. Linhas de fluxo são perpendiculares as linhas equipotenciais.

Linhas equipotenciais – Linhas de contorno indicando os níveis de água subterrânea ou superfície potenciométrica. O fluido corre em direção normal a estas linhas.

Mapa Hidrogeológico – É uma representação bidimensional, sintética e escala de distribuição areal dos vários aquíferos aflorantes de uma área, junto com características: geográficas (ex: cidades); geométricas (ex: limites); hidrológicas (ex: recarga); hidrogeoquímicas (ex: resíduo seco); hidráulicas (ex: transmissividade).

Nível estático (NE) – É o nível de água em repouso (L).

Nível Dinâmico (ND) – É o nível de água em movimento, como um poço durante o bombeamento.(L).

Penetração parcial – Quando a perfuração de um poço é menor que a espessura total do aquífero.

Percolação- É a capacidade de um fluido deslocar-se em um meio poroso.

Permeabilidade- Propriedade dos aquíferos de permitir o fluxo livre da água. 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 interconectados, para que o fluxo se processe.

Poço escavado – Poços construídos de maneira artesanal, em geral de grande diâmetro, e para uso doméstico.

Poço de observação – Um poço, perfurado com objetivo de observar os rebaixamentos dos níveis da água subterrânea, como por exemplo, os níveis de água ou mudanças na pressão.

Poço tubular – poços em forma de tubo e com pequeno diâmetro, por exemplo, diâmetro de 30cm podendo alcançar grandes profundidades. São perfurados com auxílio de equipamentos apropriados denominados de perfuratrizes.

Porosidade- Volume de vazios existentes nas rochas sedimentares e sedimentos não consolidados. A porosidade é expressa em termos percentuais, e representa a quantidade de água que a unidade de volume de um material pode armazenar em seus vazios. Como por exemplo, tem-se uma porosidade de 15% que é capaz de reter 150 litros de água por metro cúbico.

Potencial explorável – Corresponde à quantidade de água que pode ser retirada do aquífero sem riscos para o sistema e que é calculado sobre um percentual das reservas ativas.

Província hidrogeológica- É uma região que possui sistemas aquíferos com condições semelhantes de armazenamento; circulação e qualidade de água.

Rebaixamento- Profundidades dos níveis de água medidas durante os ensaios de bombeamento, em relação ao nível inicial.

Recarga- É a quantidade de água adicionada ao aquífero na área de afloramento, no intervalo considerado; unidade; altura por tempo (mm/dia); pode ser natural ou artificial.

Recursos hídricos internos renováveis (RHIR)- Incluem as médias anuladas o escoamento dos rios e a recarga dos aquíferos oriundos da precipitação que ocorre dentro dos limites de uma região. Média km³/ano.

Recursos hídricos totais renováveis (RHTR) – É a soma dos recursos hídricos internos renováveis e do escoamento superficial proveniente de outro país ou região. Media em km^3/ano .

Reserva- É a quantidade de água existente no sistema. Unidade m^3 .

Reserva permanente do aquífero- Corresponde à quantidade de água armazenada no aquífero. Unidade m^3 ou km^3 .

Reserva ativa ou reguladora do aquífero- Corresponde à quantidade de água que alimenta o aquífero anualmente. Unidade m^3/ano .

Raio de influência – A distância radial do centro do poço ao ponto onde o não existe mais rebaixamento.

Rebaixamento (∇) – é a diferença do ND - NE. (L).

Rebaixamento residual – é diferença entre o nível de água original e o nível de água no poço medido em um dado instante durante a recuperação, do poço. (L).

Sistema aquífero- É a unidade aquífera formada por mais de uma formação geológica, com características hidrogeológicas semelhantes, e que hidraulicamente estão interconectadas.

Superexploração ou (sobre-exploração)- É a retirada de água subterrânea em excesso em relação à norma fixada, ligada à conservação do equilíbrio no longo do tempo.

Superfície potenciométrica – linha imaginária que estabelece o nível de água do aquífero indica o nível de energia mecânica da água; ou seja, é a altura da água na qual o aquífero encontra-se submetido. Pode ser contínua (aquífero livre) ou descontínua (confinado); a diferença de altura entre a tal superfície e a topográfica dá a profundidade da água subterrânea. Sinônimo: freática (livre), no caso de aquíferos livres e potenciométrica (confinada) no caso de aquíferos confinados.

Teste de bombeamento- Teste realizado em um poço para determinar o desempenho deste e as características hidráulicas do aquífero naquela profundidade.

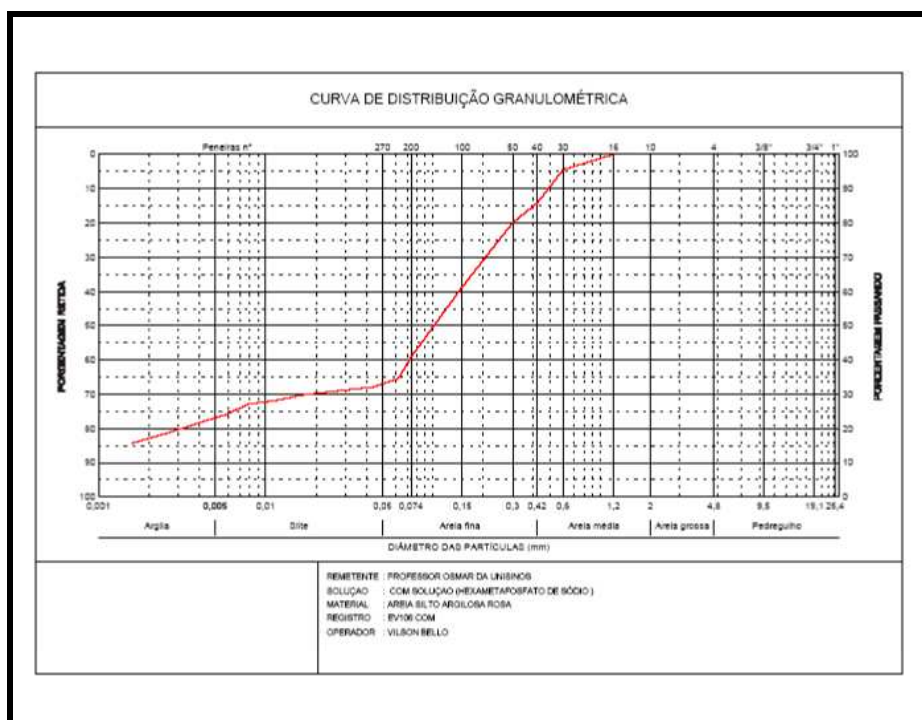
Transmissividade (T) – É a taxa que a água é transmitida através da unidade do aquífero por unidade de gradiente hidráulico. Transmissividade é a medida de uma seção vertical do aquífero de um metro estendido por toda a seção saturada é a aptidão do material de transportar água. L^2/T .

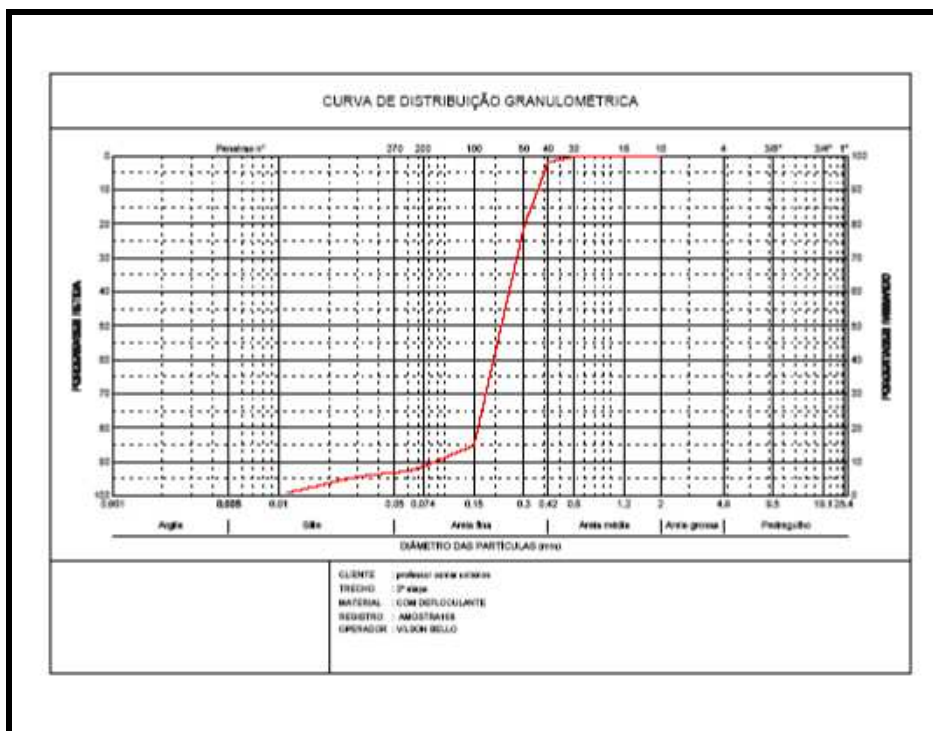
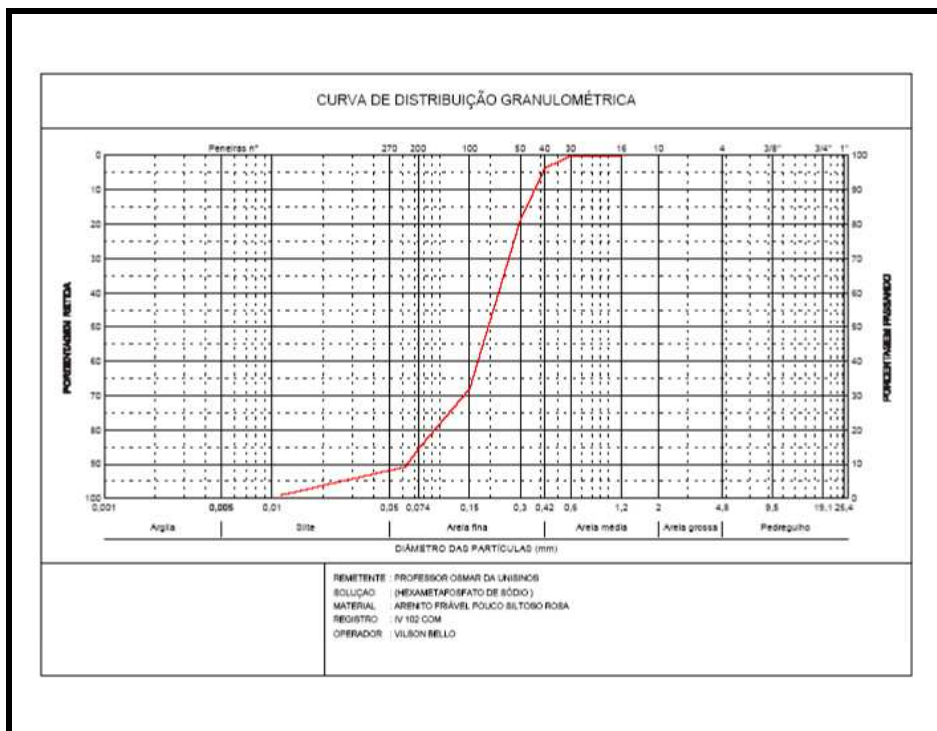
Vazão – O volume de água retirada de um poço por unidade de tempo de bombeamento, em geral indicada como (L^3/T ou L^3/T .)

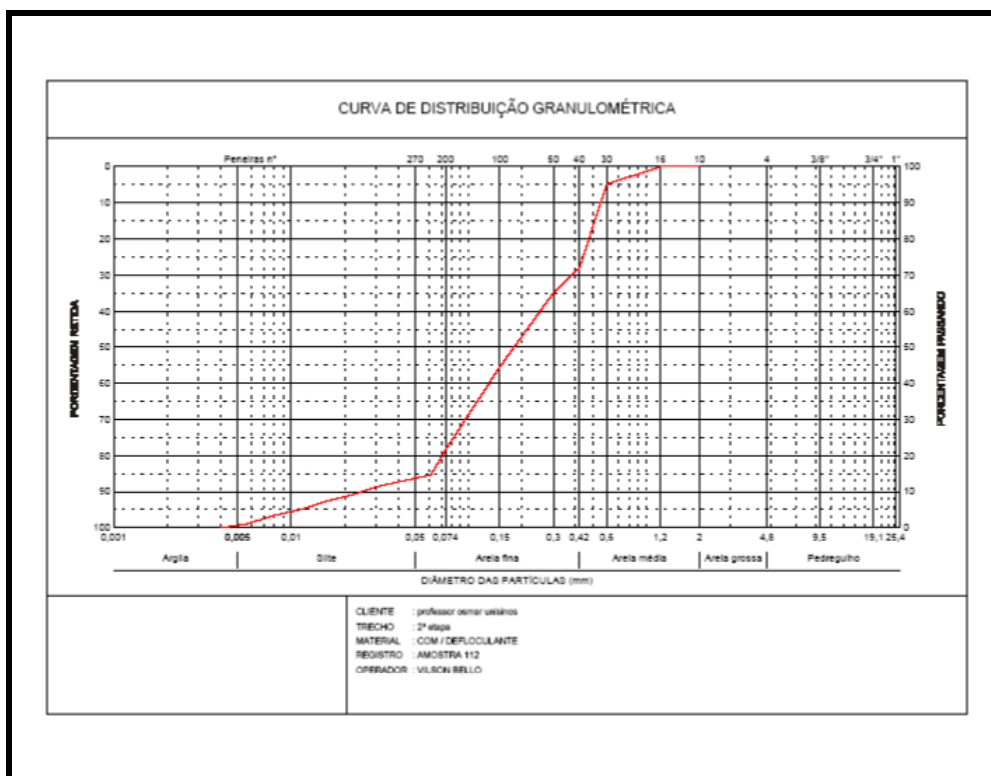
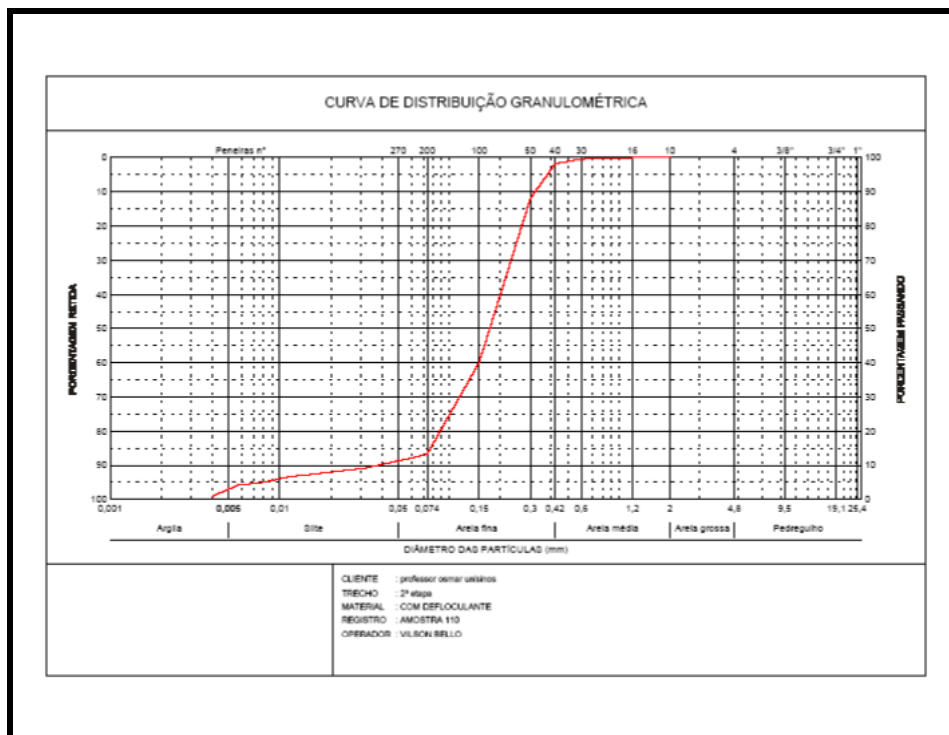
IX . - ANEXOS

ANEXO I

Curvas Granulométricas dos Pontos da Amostragem da Área de Estudo







Anexo II

**Séries Reais de Taxas de Bombeamento Ininterrupto para cada um dos 20 Poços no
Período de 1990 – 2007**

IV 2	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
jan/90				0	145,4				
fev/90				0	145,4				
mar/90				0	145,4				
abr/90				0	145,4				
mai/90				0	145,4				
jun/90				0	145,4				
jul/90				0	145,4				
ago/90				0	145,4				
set/90				0	145,4				
out/90				0	145,4				
nov/90				0	145,4				
dez/90				0	145,4				
jan/91				0	145,4				
fev/91				0	145,4				
mar/91				0	145,4				
abr/91				0	145,4				
mai/91				0	145,4				
jun/91				0	145,4				
jul/91				0	145,4				
ago/91				0	145,4				
set/91				0	145,4				
out/91				0	145,4				
nov/91				0	145,4				
dez/91				0	145,4				
jan/92				0	145,4				
fev/92				0	145,4				
mar/92				0	145,4				
abr/92				0	145,4				
mai/92				0	145,4				
jun/92				0	145,4				
jul/92				0	145,4				
ago/92				0	145,4				
set/92				0	145,4				
out/92				0	145,4				
nov/92				0	145,4				
dez/92				0	145,4				
jan/93	13,22	18	237,96	7138,8	145,4			88,57	56,83
fev/93	13,9	18	250,2	7506	145,4			88,62	56,78
mar/93	12,1	18	217,8	6534	145,4				
abr/93	12,72	23,02	292,8144	8784,432	145,4				
mai/93	14,92	20,51	306,0092	9180,276	145,4				
jun/93	11,85	20,51	243,0435	7291,305	145,4				
jul/93	12,65	20	253	7590	145,4			90,03	55,37
ago/93	12,67	17,5	221,725	6651,75	145,4			91,78	53,62
set/93	13,01	18	234,18	7025,4	145,4			90,07	55,33
out/93	12,68	18	228,24	6847,2	145,4			90,08	55,32
nov/93	12,51	18	225,18	6755,4	145,4			89,98	55,42
dez/93	13,3	18	239,4	7182	145,4			90,34	55,06
jan/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
fev/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
mar/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				

abr/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
mai/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
jun/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
jul/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
ago/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
set/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
out/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
nov/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
dez/94	13,3	18	239,4	7182	145,4				
jan/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
fev/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
mar/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
abr/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
mai/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
jun/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
jul/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
ago/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
set/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
out/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
nov/95	13,3	18	239,4	7182	145,4				
dez/95	14,82	19,21	284,6922	8540,766	145,4				
jan/96	15,09	16,48	248,6832	7460,496	145,4				
fev/96	14,92	14,57	217,3844	6521,532	145,4				
mar/96	14,58	15,51	226,1358	6784,074	145,4				
abr/96	13,89	15,03	208,7667	6263,001	145,4				
mai/96	13,07	16,34	213,5638	6406,914	145,4				
jun/96	12,37	23,12	285,9944	8579,832	145,4				
jul/96	12,29	22,17	272,4693	8174,079	145,4				
ago/96	12,15	22,42	272,403	8172,09	145,4				
set/96	12,14	22,31	270,8434	8125,302	145,4				
out/96	11,96	22,42	268,1432	8044,296	145,4				
nov/96	12,37	22,25	275,2325	8256,975	145,4				
dez/96	12,07	21	253,47	7604,1	145,4				
jan/97	11,98	22,36	267,8728	8036,184	145,4		100,5	44,9	
fev/97	12,06	20,31	244,9386	7348,158	145,4				
mar/97	12,18	20,09	244,6962	7340,886	145,4				
abr/97	12,16	21,09	256,4544	7693,632	145,4				
mai/97	12,08	21,18	255,8544	7675,632	145,4				
jun/97	12,73	17,45	222,1385	6664,155	145,4				
jul/97	12,77	18,21	232,5417	6976,251	145,4				
ago/97	13,15	15,41	202,6415	6079,245	145,4				
set/97	12,99	17,21	223,5579	6706,737	145,4				
out/97	12,71	20,15	256,1065	7683,195	145,4				
nov/97	12,79	21,48	274,7292	8241,876	145,4				
dez/97	12,91	21,48	277,3068	8319,204	145,4				
jan/98	12,44	21,25	264,35	7930,5	145,4				
fev/98	13,02	20,53	267,3006	8019,018	145,4				
mar/98	11,84	20,44	242,0096	7260,288	145,4				
abr/98	11,68	21,19	247,4992	7424,976	145,4				
mai/98	11,6	21,28	246,848	7405,44	145,4				
jun/98	11,46	23,07	264,3822	7931,466	145,4				
jul/98	11,33	19,16129	217,0974	6512,92258	145,4				

ago/98	11,71	16,37	191,6927	5750,781	145,4				
set/98	13,49	12,06667	162,7793	4883,38	145,4				
out/98	13,09	14,49	189,6741	5690,223	145,4				
nov/98	12,24	16,4	200,736	6022,08	145,4				
dez/98	12,35	16,06452	198,3968	5951,90323	145,4				
jan/99	12,34	15,51613	191,469	5744,07097	145,4				
fev/99	12,06	16,35714	197,2671	5918,01429	145,4				
mar/99	12,19	14,56	177,4864	5324,592	145,4				
abr/99	12,36	14,53333	179,632	5388,96	145,4				
mai/99	12,45	9,52	118,524	3555,72	145,4				
jun/99	12,59	10,13333	127,5787	3827,36	145,4				
jul/99	12,74	11	140,14	4204,2	145,4				
ago/99	12,92	13,17	170,1564	5104,692	145,4				
set/99	10,12	18,22	184,3864	5531,592	145,4				
out/99	10,5	18,31	192,255	5767,65	145,4				
nov/99	9,98	20,26	202,1948	6065,844	145,4				
dez/99	9,49	18,06	171,3894	5141,682	145,4				
jan/00	10,13	14,45	146,3785	4391,355	145,4				
fev/00	7,92	13,14	104,0688	3122,064	145,4				
mar/00	9,7	12,62	122,414	3672,42	145,4				
abr/00	8,65	17,12	148,088	4442,64	145,4				
mai/00	8,13	15,1	122,763	3682,89	145,4				
jun/00	9,04	16,06	145,1824	4355,472	145,4				
jul/00	9,04	16,06	145,1824	4355,472	145,4				
ago/00	7,71	13,17	101,5407	3046,221	145,4				
set/00	7,9233333	15,51333	122,9173	3687,51933	145,4				
out/00	8,01	16,27	130,3227	3909,681	145,4			91,5	53,9
nov/00	8,05	17,1	137,655	4129,65	145,4			94	51,4
dez/00	7,92	17,35	137,412	4122,36	145,4			95,3	50,1
jan/01	6,72	17,37	116,7264	3501,792	145,4			93	52,4
fev/01	7,47	18,02	134,6094	4038,282	145,4				
mar/01	6,16	19,21	118,3336	3550,008	145,4				
abr/01	4,38	17,24	75,5112	2265,336	145,4				
mai/01	4,38	17,24	75,5112	2265,336	145,4				
jun/01	2,81	19,24	54,0644	1621,932	145,4			89,8	55,6
jul/01	2,81	19,24	54,0644	1621,932	145,4				
ago/01	12,42	15	186,3	5589	145,4				
set/01	12,5	16,28	203,5	6105	145,4				
out/01	12,87	20,28	261,0036	7830,108	145,4			97,04	48,36
nov/01	12,18	22,22	270,6396	8119,188	145,4				
dez/01	12,25	20,06	245,735	7372,05	145,4				
jan/02	12,16	20	243,2	7296	145,4				
fev/02	11,97	21,06	252,0882	7562,646	145,4			92	53,4
mar/02	11,85	23,06	273,261	8197,83	145,4			94	51,4
abr/02	11,82	23,44	277,0608	8311,824	145,4				
mai/02	11,78	22,5	265,05	7951,5	145,4				

jun/02	11,78	22,04	259,6312	7788,936	145,4				
jul/02	11,6	23	266,8	8004	145,4			101,5	43,9
ago/02	11,49	23,17	266,2233	7986,699	145,4			98,5	46,9
set/02	11,42	21,52	245,7584	7372,752	145,4				
out/02	11,16	21,48	239,7168	7191,504	145,4				
nov/02	11,19	21,55	241,1445	7234,335	145,4				
dez/02	11,13	22,04	245,3052	7359,156	145,4				
jan/03	11,05	22,58	249,509	7485,27	145,4				
fev/03	10,87	22,28	242,1836	7265,508	145,4				
mar/03	10,78	21,45	231,231	6936,93	145,4				
abr/03	9,87	20,04	197,7948	5933,844	145,4				
mai/03	9,85	20,31	200,0535	6001,605	145,4				
jun/03	9,22	17,52	161,5344	4846,032	145,4				
jul/03	10,83	20	216,6	6498	145,4				
ago/03	10,56	21,19	223,7664	6712,992	145,4				
set/03	10,56	21,19	223,7664	6712,992	145,4				
out/03	10,02	22,06	221,0412	6631,236	145,4				
nov/03	9,81	21,42	210,1302	6303,906	145,4				
dez/03	10,12	21,31	215,6572	6469,716	145,4	94,00	51,4	102,5	42,9
jan/04	9,94	22,06	219,2764	6578,292	145,4	95,00	50,4	104,1	41,3
fev/04	9,65	20,39	196,7635	5902,905	145,4	93,80	51,6	101,9	43,5
mar/04	9,45	20,08	189,756	5692,68	145,4	96,10	49,3	103,2	42,2
abr/04	9,52	20,24	192,6848	5780,544	145,4	91,20	54,2	101,2	44,2
mai/04	9,44	20,23	190,9712	5729,136	145,4	91,10	54,3	101,5	43,9
jun/04	9,62	19,58	188,3596	5650,788	145,4	92,60	52,8	100,2	45,2
jul/04	10,43	17,06	177,9358	5338,074	145,4	91,50	53,9	101,7	43,7
ago/04	9,45	17,41	164,5245	4935,735	145,4	93,20	52,2	103,1	42,3
set/04	8,99	18,52	166,4948	4994,844	145,4	93,00	52,4	101,5	43,9
out/04	8,61	19,56	168,4116	5052,348	145,4	96,00	49,4	100	45,4
nov/04	8,5	20,26	172,21	5166,3	145,4	91,50	53,9	100	45,4
dez/04	8,21	21,12	173,3952	5201,856	145,4	90,60	54,8	99,5	45,9
jan/05	8,27	21,1	174,497	5234,91	145,4	91,00	54,4	99,5	45,9
fev/05	8,18	19,3	157,874	4736,22	145,4	91,00	54,4	99	46,4
mar/05	8,41	19,46	163,6586	4909,758	145,4	91,10	54,3	99	46,4
abr/05	8,17	19,18	156,7006	4701,018	145,4	91,00	54,4	98,5	46,9
mai/05	9,66	18,54	179,0964	5372,892	145,4	92,00	53,4	102,2	43,2
jun/05	9,9	20,26	200,574	6017,22	145,4	90,80	54,6	98,6	46,8
jul/05	9,28	17,21	159,7088	4791,264	145,4	91,00	54,4	98,8	46,6
ago/05	6,97	14,32	99,8104	2994,312	145,4	92,00	53,4	101	44,4
set/05	11,23	14,14	158,7922	4763,766	145,4	91,80	53,6	102,6	42,8
out/05	10,54	16,25	171,275	5138,25	145,4	90,80	54,6	101,5	43,9
nov/05	10,53	16,36	172,2708	5168,124	145,4	91,50	53,9	101,9	43,5
dez/05	10,52	16,52	173,7904	5213,712	145,4	92,00	53,4	102	43,4
jan/06	9,52	19,21	182,8792	5486,376	145,4	89,10	56,3	100,5	44,9
fev/06	10,31	14,32	147,6392	4429,176	145,4	88,00	57,4	97	48,4
mar/06	9,94	19,56	194,4264	5832,792	145,4	89,30	56,1	101,2	44,2
abr/06	9,32	17,26	160,8632	4825,896	145,4	89,70	55,7	101,9	43,5

mai/06	9,34	22,1	206,414	6192,42	145,4	90,10	55,3	101,7	43,7
jun/06	9,3826667	20,38	191,2187	5736,5624	145,4	88,80	56,6	102,3	43,1
jul/06	9,67	14,12	136,5404	4096,212	145,4	89,10	56,3	101,2	44,2
ago/06	9,57	16,25	155,5125	4665,375	145,4	88,50	56,9	101,5	43,9
set/06	9,46	17,18	162,5228	4875,684	145,4	88,40	57	101,2	44,2
out/06	9,1	19,45	176,995	5309,85	145,4	88,90	56,5	101,9	43,5
nov/06	9,03	19,5	176,085	5282,55	145,4	88,70	56,7	101,8	43,6
dez/06	9,12	18,39	167,7168	5031,504	145,4	90,20	55,2	102,4	43
jan/07	8,7754839	18,52	162,522	4875,65884	145,4	89,70	55,7	102	43,4
fev/07	8,64	20,06	173,3184	5199,552	145,4	88,60	56,8	101,5	43,9
mar/07	8,9370968	17,39	155,4161	4662,48339	145,4	90,00	55,4	101,8	43,6
abr/07	8,868	17,4	154,3032	4629,096	145,4	89,50	55,9	101,5	43,9
mai/07	8,8390323	18,12	160,1633	4804,89794	145,4	88,90	56,5	101	44,4
jun/07	8,08	18,50	149,4553	4591,00	145,4	93,50	51,9	102,00	43,4
jul/07	8,65	18,04	156,0227	4838,00	145,4	88,50	56,9	100,80	44,6
ago/07	8,93	16,12	143,936	4468,00	145,4	88,50	56,9		
set/07	8,75	16,54	144,6588	4434,00	145,4	90,10	55,3	101,30	44,1
out/07	8,70	17,14	149,1512	4635,00	145,4	89,60	55,8	101,50	43,9
nov/07	8,42	18,42	155,0043	4695,00	145,4	90,30	55,1	101,60	43,8
dez/07	8,37	17,31	144,8847	4491,4257	145,4	90	55,4	101,6	43,8

IV 3	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	--------------------------	---------	----------------------------	----------------------------	----------	--------	-------------	--------	-------------

jan/90			0	0	150,3				
fev/90			0	0	150,3				
mar/90			0	0	150,3				
abr/90			0	0	150,3				
mai/90			0	0	150,3				
jun/90			0	0	150,3				
jul/90			0	0	150,3				
ago/90			0	0	150,3				
set/90			0	0	150,3				
out/90			0	0	150,3				
nov/90			0	0	150,3				
dez/90			0	0	150,3				
jan/91			0	0	150,3				
fev/91			0	0	150,3				
mar/91			0	0	150,3				
abr/91			0	0	150,3				
mai/91			0	0	150,3				
jun/91			0	0	150,3				
jul/91			0	0	150,3				
ago/91			0	0	150,3				
set/91			0	0	150,3				
out/91			0	0	150,3				
nov/91			0	0	150,3				
dez/91			0	0	150,3				
jan/92			0	0	150,3				
fev/92			0	0	150,3				
mar/92			0	0	150,3				
abr/92			0	0	150,3				
mai/92			0	0	150,3				
jun/92			0	0	150,3				
jul/92			0	0	150,3				
ago/92			0	0	150,3				
set/92			0	0	150,3				
out/92			0	0	150,3				
nov/92			0	0	150,3				
dez/92			0	0	150,3				
jan/93	17,95	19,52	350,384	10511,52	150,3				
fev/93	18,33	20,38	373,565	11206,962	150,3				
mar/93	17,68	23,55	416,364	12490,92	150,3				
abr/93	17,74	23,24	412,278	12368,328	150,3				
mai/93	17,83	22,54	401,888	12056,646	150,3				
jun/93	14,53	21,55	313,122	9393,645	150,3				
jul/93	16,84	17,4	293,016	8790,48	150,3		98,72	51,58	
ago/93	16,37	17,57	287,621	8628,627	150,3		99,27	51,03	
set/93	16,1	17,27	278,047	8341,41	150,3		98,67	51,63	
out/93	15,66	18,33	287,048	8611,434	150,3		98,21	52,09	
nov/93	15,05	19,15	288,208	8646,225	150,3		98,49	51,81	
dez/93	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3		98,25	52,05	
jan/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
fev/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
mar/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
abr/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				

mai/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
jun/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
jul/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
ago/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
set/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
out/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
nov/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
dez/94	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
jan/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
fev/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
mar/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
abr/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
mai/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
jun/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
jul/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
ago/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
set/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
out/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
nov/95	14,83	21,49	318,697	9560,901	150,3				
dez/95	16,41	18,37	301,452	9043,551	150,3				
jan/96	20,28	16,36	331,781	9953,424	150,3				
fev/96	19,79	14,47	286,361	8590,839	150,3				
mar/96	19,97	15,46	308,736	9262,086	150,3				
abr/96	19,96	14,55	290,418	8712,54	150,3				
mai/96	19,95	14,12	281,694	8450,82	150,3				
jun/96	19,95	14,12	281,694	8450,82	150,3				
jul/96	15,14	20,42	309,159	9274,764	150,3				
ago/96	14,88	22,46	334,205	10026,144	150,3				
set/96	14,58	22,51	328,196	9845,874	150,3		104,6	45,7	
out/96	15,36	23,17	355,891	10676,736	150,3				
nov/96	16,45	21,43	352,524	10575,705	150,3				
dez/96	16,88	20,18	340,638	10219,152	150,3				
jan/97	14,83	22,16	328,633	9858,984	150,3				
fev/97	13,56	22,36	303,202	9096,048	150,3				
mar/97	13,09	21,05	275,545	8266,335	150,3				
abr/97	11,27	21,31	240,164	7204,911	150,3				
mai/97	12,38	20,51	253,914	7617,414	150,3				
jun/97	12,11	18,13	219,554	6586,629	150,3				
jul/97	12,18	18,46	224,843	6745,284	150,3				
ago/97	15	14,24	213,6	6408	150,3				
set/97	12,67	18,36	232,621	6978,636	150,3				
out/97	12,15	19,56	237,654	7129,62	150,3				
nov/97	11,79	22,39	263,978	7919,343	150,3				
dez/97	11,47	22,15	254,061	7621,815	150,3				
jan/98	11,31	21,09	238,528	7155,837	150,3				
fev/98	11,37	19,02	216,257	6487,722	150,3				
mar/98	11,29	20,38	230,09	6902,706	150,3				
abr/98	10,55	20,55	216,803	6504,075	150,3				
mai/98	9,2	22,07	203,044	6091,32	150,3				
jun/98	9,2	23,37	215,004	6450,12	150,3				
jul/98	7,79	23,54	183,377	5501,298	150,3				
ago/98	8,46	18,43	155,918	4677,534	150,3				

set/98	9,44	21,43333	202,331	6069,92	150,3				
out/98	9,496	23,51613	223,309	6699,2748	150,3				
nov/98	7,1	23,43333	166,377	4991,3	150,3				
dez/98	6,19	24	148,56	4456,8	150,3				
jan/99	9,82	22,35	219,477	6584,31	150,3				
fev/99	9,87	23,06	227,602	6828,066	150,3				
mar/99	9,8	23,12	226,576	6797,28	150,3				
abr/99	5,08	23,16	117,653	3529,584	150,3				
mai/99	9,8	11,46	112,308	3369,24	150,3				
jun/99	9,48	12,02	113,95	3418,488	150,3				
jul/99	9,4	13,58	127,652	3829,56	150,3				
ago/99	13,09	15,5	202,895	6086,85	150,3			97,7	52,6
set/99	9,94	18,32	182,101	5463,024	150,3				
out/99	8,94	18,37	164,228	4926,834	150,3				
nov/99	8,89	20,4	181,356	5440,68	150,3				
dez/99	8,98	19,23	172,685	5180,562	150,3				
jan/00	9,75	19,12	186,42	5592,6	150,3				
fev/00	10,29	17,02	175,136	5254,074	150,3				
mar/00	10,36	15,45	160,062	4801,86	150,3				
abr/00	10,21	16,38	167,24	5017,194	150,3				
mai/00	10	15,04	150,4	4512	150,3				
jun/00	12,14	16,02	194,483	5834,484	150,3				
jul/00	11,79	16,45	193,946	5818,365	150,3				
ago/00	11,43	14,41	164,706	4941,189	150,3				
set/00	11,1625	16,3325	182,312	5469,3459	150,3				
out/00	10,7	17,25	184,575	5537,25	150,3			101	49,3
nov/00	10,73	17,22	184,771	5543,118	150,3			101,5	48,8
dez/00	11,1	17,23	191,253	5737,59	150,3			93,5	56,8
jan/01	11,82	17,25	203,895	6116,85	150,3			93,4	56,9
fev/01	11,51	18	207,18	6215,4	150,3				
mar/01	11,82	17,25	203,895	6116,85	150,3			93,4	56,9
abr/01	11,31	19,18	216,926	6507,774	150,3				
mai/01	11,31	19,18	216,926	6507,774	150,3				
jun/01	11,36	19,22	218,339	6550,176	150,3			104,6	45,7
jul/01	11,36	19,22	218,339	6550,176	150,3				
ago/01	11,42	17	194,14	5824,2	150,3				
set/01	10,94	16,22	177,447	5323,404	150,3				
out/01	11,06	20,28	224,297	6728,904	150,3			109,5	40,8
nov/01	10,73	22,06	236,704	7101,114	150,3				
dez/01	10,35	20,45	211,658	6349,725	150,3				
jan/02	10,26	21,23	217,82	6534,594	150,3				
fev/02	10,26	20,58	211,151	6334,524	150,3			101,5	48,8
mar/02	10,22	22,5	229,95	6898,5	150,3			97,5	52,8
abr/02	10,33	23,44	242,135	7264,056	150,3				
mai/02	10,02	22,48	225,25	6757,488	150,3				
jun/02	10,03	21,52	215,846	6475,368	150,3				

jul/02	9,82	22,58	221,736	6652,068	150,3				
ago/02	9,73	23,19	225,639	6769,161	150,3			95,2	55,1
set/02	9,84	21,4	210,576	6317,28	150,3				
out/02	9,71	22,14	214,979	6449,382	150,3				
nov/02	9,6175	22,155	213,076	6392,2714	150,3				
dez/02	9,5	22,02	209,19	6275,7	150,3				
jan/03	9,42	23,06	217,225	6516,756	150,3				
fev/03	9,69	22,36	216,668	6500,052	150,3				
mar/03	9,36	21,19	198,338	5950,152	150,3				
abr/03	9,21	19,48	179,411	5382,324	150,3				
mai/03	9,27	20,29	188,088	5642,649	150,3				
jun/03	9,31	20,02	186,386	5591,586	150,3				
jul/03	9,26	20,02	185,385	5561,556	150,3				
ago/03	9,23	21,04	194,199	5825,976	150,3				
set/03	9,23	21,04	194,199	5825,976	150,3				
out/03	9,18	22	201,96	6058,8	150,3				
nov/03	9,01	21,44	193,174	5795,232	150,3				
dez/03	8,93	21,17	189,048	5671,443	150,3	101,00	49,3	103,5	46,8
jan/04	8,89	22,06	196,113	5883,402	150,3	100,00	50,3	102,2	48,1
fev/04	16,5	20,27	334,455	10033,65	150,3	102,00	48,3	110,6	39,7
mar/04	17,68	20,08	355,014	10650,432	150,3	102,70	47,6	109	41,3
abr/04	17,09	20,24	345,902	10377,048	150,3	104,00	46,3	111,8	38,5
mai/04	16,77	20,33	340,934	10228,023	150,3	95,80	54,5	111,9	38,4
jun/04	17,26	20,29	350,205	10506,162	150,3	97,00	53,3	110,3	40
jul/04	15,46	20	309,2	9276	150,3	98,30	52	111	39,3
ago/04	14,88	18,41	273,941	8218,224	150,3	96,80	53,5	109,5	40,8
set/04	14,88	19,14	284,803	8544,096	150,3	99,00	51,3	110,2	40,1
out/04	14,88	19,58	291,35	8740,512	150,3	103,80	46,5	111,7	38,6
nov/04	14,88	20,14	299,683	8990,496	150,3	102,50	47,8	112,5	37,8
dez/04	14,88	18,45	274,536	8236,08	150,3	103,50	46,8	112,2	38,1
jan/05	13,89	21,37	296,829	8904,879	150,3	104,10	46,2	110,9	39,4
fev/05	13,81	20,3	280,343	8410,29	150,3	103,50	46,8	111,2	39,1
mar/05	11,6	21,15	245,34	7360,2	150,3	102,60	47,7	110,9	39,4
abr/05	16,6	21,02	348,932	10467,96	150,3	102,90	47,4	110,5	39,8
mai/05	16,50	18,46	304,59	9137,7	150,3	103,40	46,9	110,90	39,4
jun/05	15,82	20,26	320,513	9615,396	150,3	102,90	47,4	110,30	40
jul/05	15,82	16,43	259,923	7797,678	150,3	103,10	47,2	110,00	40,3
ago/05	15,82	15,23	240,939	7228,158	150,3	102,30	48	110,10	40,2
set/05	15,82	13,56	214,519	6435,576	150,3	102,60	47,7	109,10	41,2
out/05	15,25	15,39	234,698	7040,925	150,3	102,20	48,1	109,30	41
nov/05	14,12	17,02	240,322	7209,672	150,3	102,10	48,2	108,30	42
dez/05	13,93	17,37	241,964	7258,923	150,3	102,20	48,1	112,00	38,3
jan/06	10,37	19,46	201,80	6054,006	150,3	102,60	47,7	110,70	39,6
fev/06	14,85	19,58	290,76	8722,89	150,3	103,60	46,7	111,60	38,7
mar/06	13,58	19,48	264,54	7936,152	150,3	103,40	46,9	112,10	38,2
abr/06	13,48	15,18	204,63	6138,792	150,3	102,80	47,5	112,80	37,5
mai/06	13,48	11,50	155,02	4650,6	150,3	104,20	46,1	114,30	36

jun/06	13,48	19,40	261,51	7845,36	150,3	104,10	46,2	112,90	37,4
jul/06	18,95	23,43	444,00	13319,955	150,3	104,90	45,4	114,20	36,1
ago/06	19,14	17,14	328,06	9841,788	150,3	102,90	47,4	112,70	37,6
set/06	19,44	16,14	313,76	9412,848	150,3	102,70	47,6	112,30	38
out/06	19,34	19,04	368,23	11047,008	150,3	102,90	47,4	112,80	37,5
nov/06	19,20	19,26	369,79	11093,76	150,3	103,00	47,3	113,00	37,3
dez/06	19,15	18,17	347,96	10438,665	150,3	103,50	46,8	114,10	36,2
jan/07	19,05	18,33	349,19	10475,595	150,3	104,30	46	114,30	36
fev/07	19,00	19,32	367,08	11012,4	150,3	104,70	45,6	115,10	35,2
mar/07	18,99	16,31	309,69	9290,8284	150,3	103,20	47,1	113,60	36,7
abr/07	19,02	17,24	327,92	9837,6612	150,3	103,30	47	112,60	37,7
mai/07	18,23	18,12	330,40	9912,1076	150,3	103,00	47,3	111,30	39
jun/07	18,78	18,46	346,69	10400,733	150,3	103,00	47,3	111,90	38,4
jul/07	18,88	17,37	327,92	9837,6956	150,3	103,00	47,3	112,10	38,2
ago/07	18,74	15,56	291,60	8748,1332	150,3	103,00	47,3		
set/07	18,74	16,34	306,22	9186,5114	150,3	103,50	46,8	113,20	37,1
out/07	18,76	16,56	310,59	9317,5641	150,3	103,70	46,6	113,00	37,3
nov/07	18,74	18,20	341,11	10233,314	150,3	104,00	46,3	114,00	36,3
dez/07	18,56	17	315,52	9781,12	150,3	104,3	46	114,7	35,6

IV 4	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	--------------------------	---------	-------------------------	----------------------------	----------	--------	----------	--------	-------------

jan/90			0	0	120				
fev/90			0	0	120				
mar/90			0	0	120				
abr/90			0	0	120				
mai/90			0	0	120				
jun/90			0	0	120				
jul/90			0	0	120				
ago/90			0	0	120				
set/90			0	0	120				
out/90			0	0	120				
nov/90			0	0	120				
dez/90			0	0	120				
jan/91			0	0	120				
fev/91			0	0	120				
mar/91			0	0	120				
abr/91			0	0	120				
mai/91			0	0	120				
jun/91			0	0	120				
jul/91			0	0	120				
ago/91			0	0	120				
set/91			0	0	120				
out/91			0	0	120				
nov/91			0	0	120				
dez/91			0	0	120				
jan/92			0	0	120				
fev/92			0	0	120				
mar/92			0	0	120				
abr/92			0	0	120				
mai/92			0	0	120				
jun/92			0	0	120				
jul/92			0	0	120				
ago/92			0	0	120				
set/92			0	0	120				
out/92			0	0	120				
nov/92			0	0	120				
dez/92			0	0	120				
jan/93	34,56	23,55	813,888	24416,64	120		87,69	32,31	
fev/93	30,92	23,15	715,798	21473,94	120		88,83	31,17	
mar/93	30,08	23,55	708,384	21251,52	120				
abr/93	28,63	23,01	658,7763	19763,289	120				
mai/93	28,58	23,3	665,914	19977,42	120				
jun/93	30,93	17,21	532,3053	15969,159	120				
jul/93	30,62	20,47	626,7914	18803,742	120		87,6	32,4	
ago/93	30,64	18	551,52	16545,6	120		88,16	31,84	
set/93	31,55	19,15	604,1825	18125,475	120		87,63	32,37	
out/93	28,88	18,38	530,8144	15924,432	120		87,33	32,67	
nov/93	28,85	18,38	530,263	15907,89	120		87,93	32,07	
dez/93	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120		87,64	32,36	
jan/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120			0	
fev/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120			0	
mar/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120			0	
abr/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120			0	

mai/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
jun/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
jul/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
ago/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
set/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
out/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
nov/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
dez/94	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
jan/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
fev/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
mar/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
abr/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
mai/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
jun/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
jul/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
ago/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
set/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
out/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
nov/95	28,59	18,38	525,4842	15764,526	120				0
dez/95	22,57	21,25	479,6125	14388,375	120				0
jan/96	21,05	21,11	444,3655	13330,965	120				0
fev/96	21,49	21,31	457,9519	13738,557	120				0
mar/96	22,51	22,42	504,6742	15140,226	120				0
abr/96	21,18	18,24	386,3232	11589,696	120		93,6	26,4	
mai/96	21,31	21,48	457,7388	13732,164	120		92,31	27,69	
jun/96	21,87	23,24	508,2588	15247,764	120				
jul/96	21,05	23,42	492,991	14789,73	120				
ago/96	21,05	23,48	494,254	14827,62	120				
set/96	22,33	23,51	524,9783	15749,349	120		100,1	19,9	
out/96	21,95	23,59	517,8005	15534,015	120		91,81	28,19	
nov/96	21,31	22,15	472,0165	14160,495	120				0
dez/96	21,25	21,27	451,9875	13559,625	120				0
jan/97	21,54	23,59	508,1286	15243,858	120				0
fev/97	21,19	21,47	454,9493	13648,479	120				0
mar/97	21,36	22,38	478,0368	14341,104	120				0
abr/97	21,04	23,36	491,4944	14744,832	120				0
mai/97	20,76	23,31	483,9156	14517,468	120				0
jun/97	20,62	22	453,64	13609,2	120				0
jul/97	20,85	22,31	465,1635	13954,905	120				0
ago/97	20,89	21,27	444,3303	13329,909	120				0
set/97	22,44	15,27	342,6588	10279,764	120				0
out/97	23,27	15,56	362,0812	10862,436	120				0
nov/97	22,11	19,36	428,0496	12841,488	120				0
dez/97	21,72	20,38	442,6536	13279,608	120				0
jan/98	21,71	20,03	434,8513	13045,539	120				0
fev/98	22,11	17,27	381,8397	11455,191	120				0
mar/98	21,38	20,58	440,0004	13200,012	120				0
abr/98	21,36	19,44	415,2384	12457,152	120				0
mai/98	21,48	20,3	436,044	13081,32	120				0
jun/98	20,94	22,09	462,5646	13876,938	120				0
jul/98	20,57	23,3548	480,40903	14412,271	120				0
ago/98	20,71	21,24	439,8804	13196,412	120				0

set/98	20,28	22,2867	451,9736	13559,208	120				0
out/98	20,83	22,41	466,8003	14004,009	120				0
nov/98	20,47	23,06	472,0382	14161,146	120				0
dez/98	20,55	22,25	457,2375	13717,125	120				0
jan/99	20,75	19,54	405,455	12163,65	120				0
fev/99	21	19,54	410,34	12310,2	120				0
mar/99	20,5	20,15	413,075	12392,25	120				0
abr/99	21,33	16,48	351,5184	10545,552	120				0
mai/99	21,99	13,19	290,0481	8701,443	120				0
jun/99	27,81	16,26	452,1906	13565,718	120				0
jul/99	20,16	14	282,24	8467,2	120				0
ago/99	19,46	17,5	340,55	10216,5	120			71,7	48,3
set/99	20,38	19,16	390,4808	11714,424	120				0
out/99	18,99	17,29	328,3371	9850,113	120				0
nov/99	17,8	19,06	339,268	10178,04	120				0
dez/99	17,35	18,39	319,0665	9571,995	120				0
jan/00	15,21	19,54	297,2034	8916,102	120				0
fev/00	16,93	18,17	307,6181	9228,543	120				0
mar/00	22,71	17,19	390,3849	11711,547	120				0
abr/00	21,76	17,12	372,5312	11175,936	120				0
mai/00	22,19	15,12	335,5128	10065,384	120				0
jun/00	22,33	16,06	358,6198	10758,594	120				0
jul/00	21,51	16,33	351,2583	10537,749	120				0
ago/00	21,9	15,02	328,938	9868,14	120				0
set/00	20,56	16,38	336,7728	10103,184	120				0
out/00	18,65	17,19	320,5935	9617,805	120			96,5	23,5
nov/00	20,28	18,02	365,4456	10963,368	120			95,4	24,6
dez/00	19,7	17,46	343,962	10318,86	120			97,8	22,2
jan/01	19,15	17,04	326,316	9789,48	120			95	25
fev/01	19,06	18,09	344,7954	10343,862	120				
mar/01	19,15	17,04	326,316	9789,48	120			95	25
abr/01	18,58	18,5	343,73	10311,9	120				
mai/01	18,58	18,5	343,73	10311,9	120				
jun/01	20,86	19,36	403,8496	12115,488	120			97	23
jul/01	20,86	19,36	403,8496	12115,488	120				0
ago/01	20,27	17,39	352,4953	10574,859	120				0
set/01	20,36	16,38	333,4968	10004,904	120				0
out/01	18,46	20,48	378,0608	11341,824	120			97	23
nov/01	18,83	23,06	434,2198	13026,594	120				
dez/01	19,11	21,19	404,9409	12148,227	120				
jan/02	19,18	21,54	413,1372	12394,116	120				
fev/02	19,17	22,41	429,5997	12887,991	120			97	23
mar/02	19,38	23,3	451,554	13546,62	120			96,2	23,8
abr/02	18,1	23,52	425,712	12771,36	120				
mai/02	18,8	23,27	437,476	13124,28	120				
jun/02	19,8	22,3	441,54	13246,2	120				

jul/02	19,56	23,29	455,5524	13666,572	120				
ago/02	19,84	23,27	461,6768	13850,304	120			96,1	23,9
set/02	19,43	22,04	428,2372	12847,116	120				0
out/02	19,72	10,1	199,172	5975,16	120				0
nov/02	19,495	19,405	378,30048	11349,014	120				0
dez/02	19,42	22,33	433,6486	13009,458	120				0
jan/03	19,41	23,15	449,3415	13480,245	120				0
fev/03	19,99	22,56	450,9744	13529,232	120				0
mar/03	19,61	21,48	421,2228	12636,684	120				0
abr/03	19,86	20,15	400,179	12005,37	120				0
mai/03	20,09	20,19	405,6171	12168,513	120				0
jun/03	19,83	20,02	396,9966	11909,898	120				0
jul/03	20,04	20,12	403,2048	12096,144	120				0
ago/03	19,72	21,25	419,05	12571,5	120				0
set/03	19,72	21,25	419,05	12571,5	120				0
out/03	19,5	22,06	430,17	12905,1	120				0
nov/03	19,67	21,34	419,7578	12592,734	120				
dez/03	19,47	21,39	416,4633	12493,899	120	81,60	38,4	105	15
jan/04	19,41	22,21	431,0961	12932,883	120	82,60	37,4	104,4	15,6
fev/04	19,67	20,41	401,4647	12043,941	120	81,40	38,6	106	14
mar/04	19,39	20,17	391,0963	11732,889	120	82,50	37,5	106,5	13,5
abr/04	19,32	20,3	392,196	11765,88	120	79,50	40,5	105	15
mai/04	19,41	20,23	392,6643	11779,929	120	80,20	39,8	104,85	15,15
jun/04	19,49	20,06	390,9694	11729,082	120	80,00	40	105	15
jul/04	19,33	19,58	378,4814	11354,442	120	80,70	39,3	103,5	16,5
ago/04	19,63	18,31	359,4253	10782,759	120	81,00	39	105,1	14,9
set/04	19,64	19,22	377,4808	11324,424	120	80,00	40	104,7	15,3
out/04	19,16	20,06	384,3496	11530,488	120	84,20	35,8	106	14
nov/04	19,14	20,44	391,2216	11736,648	120	80,00	40	105,6	14,4
dez/04	19,03	21,48	408,7644	12262,932	120	78,80	41,2	105,5	14,5
jan/05	19,09	21,46	409,6714	12290,142	120	80,60	39,4	106,4	13,6
fev/05	19,17	20,21	387,4257	11622,771	120	81,30	38,7	105	15
mar/05	19,1	21	401,1	12033	120	82,50	37,5	104,5	15,5
abr/05	18,66	20,5	382,53	11475,9	120	80,20	39,8	104,8	15,2
mai/05	19,31	18,48	356,8488	10705,464	120	81,50	38,5	104,50	15,5
jun/05	19,81	19,54	387,0874	11612,622	120	80,50	39,5	104,30	15,7
jul/05	20,43	17,14	350,1702	10505,106	120	80,50	39,5		
ago/05	20,28	16,04	325,2912	9758,736	120	80,70	39,3	100,80	19,2
set/05	20,09	12,32	247,5088	7425,264	120	77,80	42,2	94,50	25,5
out/05	20,28	17,23	349,4244	10482,732	120	78,00	42	99,60	20,4
nov/05	20,04	16,20	324,648	9739,44	120	78,20	41,8	97,50	22,5
dez/05	19,84	18,02	357,5168	10725,504	120	77,00	43	102,20	17,8
jan/06	19,92	20,08	624,00	18720	120	78,80	41,2	97,50	22,5
fev/06	18,28	20,11	565,00	16950	120	79,10	40,9	105,20	14,8
mar/06	20,48	20,48	645,00	19350	120	79,70	40,3	106,50	13,5
abr/06	17,63	21,24	642,00	19260	120	80,10	39,9	105,70	14,3
mai/06	16,33	20,27	634,00	19020	120	80,40	39,6	107,20	12,8

jun/06	18,33	19,50	595,00	17850	120	80,90	39,1	106,70	13,3
jul/06	18,51	14,33	451,00	13530	120	79,50	40,5	106,80	13,2
ago/06	18,43	17,21	538,00	16140	120	80,30	39,7	105,90	14,1
set/06	18,36	17,24	522,00	15660	120	79,90	40,1	105,50	14,5
out/06	17,77	19,31	605,00	18150	120	80,20	39,8	104,80	15,2
nov/06	18,97	19,22	581,00	17430	120	80,30	39,7	106,20	13,8
dez/06	19,13	18,00	558,00	16740	120	80,20	39,8	105,30	14,7
jan/07	20,84	17,29	542,00	16260	120	80,50	39,5	107,50	12,5
fev/07	19,13	19,56	558,00	16740	120	80,80	39,2	107,10	12,9
mar/07	19,58	17,23	539,00	16170	120	80,00	40	105,90	14,1
abr/07	19,47	17,40	530,00	15900	120	79,70	40,3	106,10	13,9
mai/07	19,86	17,23	539,00	16170	120	79,80	40,2	105,50	14,5
jun/07	19,61	18,16	548,00	16440	120	79,10	40,9	104,80	15,2
jul/07	18,04	17,27	541,00	16230	120	79,50	40,5	104,20	15,8
ago/07	17,79	15,54	493,00	14790	120	79,50	40,5		
set/07	18,29	16,18	489,00	14670	120	80,00	40	105,00	15
out/07	19,18	16,23	508,00	15240	120	80,20	39,8	105,50	14,5
nov/07	15,95	15,56	473,00	14190	120	80,10	39,9	105,70	14,3
dez/07	16,8	16,43	473,00	14190	120	81,3	38,7	105,1	14,9

IV 5	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	----------	---------	------------	------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0	153,6				
fev/90			0	0	153,6				
mar/90			0	0	153,6				
abr/90			0	0	153,6				
mai/90			0	0	153,6				
jun/90			0	0	153,6				
jul/90			0	0	153,6				
ago/90			0	0	153,6				
set/90			0	0	153,6				
out/90			0	0	153,6				
nov/90			0	0	153,6				
dez/90			0	0	153,6				
jan/91			0	0	153,6				
fev/91			0	0	153,6				
mar/91			0	0	153,6				
abr/91			0	0	153,6				
mai/91			0	0	153,6				
jun/91			0	0	153,6				
jul/91			0	0	153,6				
ago/91			0	0	153,6				
set/91			0	0	153,6				
out/91			0	0	153,6				
nov/91			0	0	153,6				
dez/91			0	0	153,6				
jan/92			0	0	153,6				
fev/92			0	0	153,6				
mar/92			0	0	153,6				
abr/92			0	0	153,6				
mai/92			0	0	153,6				
jun/92			0	0	153,6				
jul/92			0	0	153,6				
ago/92			0	0	153,6				
set/92			0	0	153,6				
out/92			0	0	153,6				
nov/92			0	0	153,6				
dez/92			0	0	153,6				
jan/93	5,45	23,49	128,0205	3840,615	153,6				
fev/93	5,05	23,04	116,352	3490,56	153,6				
mar/93	5,68	22,51	127,8568	3835,704	153,6				
abr/93	9,13	22,16	202,3208	6069,624	153,6				
mai/93	9,23	22,31	205,9213	6177,639	153,6				
jun/93	9,81	23,57	231,2217	6936,651	153,6				
jul/93	10,04	23,38	234,7352	7042,056	153,6				
ago/93	9,25	23,49	217,2825	6518,475	153,6				
set/93	8,74	23,03	201,2822	6038,466	153,6				
out/93	8,64	23,36	201,8304	6054,912	153,6				
nov/93	8,71	23,55	205,1205	6153,615	153,6				
dez/93	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jan/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
fev/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
mar/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
abr/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				

mai/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jun/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jul/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
ago/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
set/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
out/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
nov/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
dez/94	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jan/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
fev/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
mar/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
abr/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
mai/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jun/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
jul/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
ago/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
set/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
out/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
nov/95	7,42	24	178,08	5342,4	153,6				
dez/95	8,31	23,46	194,9526	5848,578	153,6			113	40,6
jan/96	8,07	21,27	171,6489	5149,467	153,6				
fev/96	7,97	19,55	155,8135	4674,405	153,6				
mar/96	8,09	19,58	158,4022	4752,066	153,6				
abr/96	8,21	19,57	160,6697	4820,091	153,6				
mai/96	8,29	19,58	162,3182	4869,546	153,6				
jun/96	7,93	19,19	152,1767	4565,301	153,6			118,4	35,2
jul/96	7,59	21,46	162,8814	4886,442	153,6			120,4	33,2
ago/96	7,57	20,44	154,7308	4641,924	153,6				
set/96	7,68	18,57	142,6176	4278,528	153,6			119,8	33,8
out/96	7,73	18,54	143,3142	4299,426	153,6			119,3	34,3
nov/96	7,99	19,19	153,3281	4599,843	153,6				
dez/96	7,95	22	174,9	5247	153,6				
jan/97	8,13	23,58	191,7054	5751,162	153,6				
fev/97	7,92	23,57	186,6744	5600,232	153,6				
mar/97	7,96	23,51	187,1396	5614,188	153,6				
abr/97	7,62	23,51	179,1462	5374,386	153,6				
mai/97	7,51	23,09	173,4059	5202,177	153,6				
jun/97	7,71	22,27	171,7017	5151,051	153,6				
jul/97	7,43	23,38	173,7134	5211,402	153,6				
ago/97	6,27	19,58	122,7666	3682,998	153,6				
set/97	7,06	19,19	135,4814	4064,442	153,6				
out/97	6,89	16,05	110,5845	3317,535	153,6				
nov/97	7,86	13	102,18	3065,4	153,6				
dez/97	7,79	18,34	142,8686	4286,058	153,6				
jan/98	6,85	17,44	119,464	3583,92	153,6				
fev/98	6,29	18,06	113,5974	3407,922	153,6				
mar/98	6,54	17,58	114,9732	3449,196	153,6				
abr/98	7,25	18,03	130,7175	3921,525	153,6				
mai/98	7,27	19,54	142,0558	4261,674	153,6				
jun/98	7,21	18,39	132,5919	3977,757	153,6				
jul/98	6,81	16,38	111,5478	3346,434	153,6				
ago/98	3,75	9,17	34,3875	1031,625	153,6				

set/98	9,63	10,42	100,3446	3010,338	153,6				
out/98	10,09	6,56	66,1904	1985,712	153,6				
nov/98	9,79	8,38	82,0402	2461,206	153,6				
dez/98	9,71	8,54	82,9234	2487,702	153,6				
jan/99	9,45	7,54	71,253	2137,59	153,6				
fev/99	8,96	8,16	73,1136	2193,408	153,6				
mar/99	8,59	9,3	79,887	2396,61	153,6				
abr/99	8,66	7,04	60,9664	1828,992	153,6				
mai/99	7,5	10,5	78,75	2362,5	153,6				
jun/99	7,08	10,58	74,9064	2247,192	153,6				
jul/99	6,39	10,48	66,9672	2009,016	153,6				
ago/99	7,66	11,29	86,4814	2594,442	153,6			108,7	44,9
set/99	9,57	11,21	107,2797	3218,391	153,6				
out/99	11,99	9,48	113,6652	3409,956	153,6				
nov/99	10,34	12,24	126,5616	3796,848	153,6				
dez/99	10,55	12,04	127,022	3810,66	153,6				
jan/00	10,93	12,12	132,4716	3974,148	153,6				
fev/00	11,2	12,08	135,296	4058,88	153,6				
mar/00	11,27	10,29	115,9683	3479,049	153,6				
abr/00	11,21	11,38	127,5698	3827,094	153,6				
mai/00	11,2	10,54	118,048	3541,44	153,6				
jun/00	10,73	11,16	119,7468	3592,404	153,6				
jul/00	10,63	10,54	112,0402	3361,206	153,6				
ago/00	10,93	10,29	112,4697	3374,091	153,6				
set/00	10,6725	10,3325	110,27361	3308,20819	153,6				
out/00	10,61	10	106,1	3183	153,6			108	45,6
nov/00	10,52	10,5	110,46	3313,8	153,6			125	28,6
dez/00	10,6	9,5	100,7	3021	153,6			126	27,6
jan/01	10,72	9,41	100,8752	3026,256	153,6			126	27,6
fev/01	10,62	9,51	100,9962	3029,886	153,6				
mar/01	10,72	9,41	100,8752	3026,256	153,6			126	27,6
abr/01	10,87	9,25	100,5475	3016,425	153,6				
mai/01	10,87	9,25	100,5475	3016,425	153,6				
jun/01	10,39	10,04	104,3156	3129,468	153,6			126	27,6
jul/01	10,39	10,04	104,3156	3129,468	153,6				
ago/01	7,43	14,58	108,3294	3249,882	153,6				
set/01	7,51	14,58	109,4958	3284,874	153,6			126	27,6
out/01	7,59	14,58	110,6622	3319,866	153,6				
nov/01	9,21	14,46	133,1766	3995,298	153,6				
dez/01	9,58	15,08	144,4664	4333,992	153,6				
jan/02	9,66	11,52	111,2832	3338,496	153,6			122	31,6
fev/02	9,84	14,54	143,0736	4292,208	153,6			126	27,6
mar/02	9,75	14,3	139,425	4182,75	153,6				
abr/02	12,06	14,58	175,8348	5275,044	153,6				
mai/02	8,88	13,45	119,436	3583,08	153,6			125	28,6
jun/02	7,75	11,52	89,28	2678,4	153,6			125,5	28,1

jul/02	9,34	11,39	106,3826	3191,478	153,6				
ago/02	9,84	11,48	112,9632	3388,896	153,6				
set/02	9,73	11,48	111,7004	3351,012	153,6				
out/02	9,77	11,37	111,0849	3332,547	153,6				
nov/02	9,7725	11,46	111,99285	3359,7855	153,6				
dez/02	9,72	12,1	117,612	3528,36	153,6				
jan/03	9,87	12,08	119,2296	3576,888	153,6				
fev/03	10,2525	11,49	117,80123	3534,03675	153,6				
mar/03	9,6	11,5	110,4	3312	153,6				
abr/03	11,82	11,58	136,8756	4106,268	153,6				
mai/03	9,11	12,14	110,5954	3317,862	153,6				
jun/03	7,43	9,56	71,0308	2130,924	153,6				
jul/03	7,4	12	88,8	2664	153,6				
ago/03	7,5	13,33	99,975	2999,25	153,6				
set/03	7,16	14,58	104,3928	3131,784	153,6				
out/03	7,27	13	94,51	2835,3	153,6				
nov/03	7,13	12,58	89,6954	2690,862	153,6	107,00	46,60		
dez/03	7,35	16,25	119,4375	3583,125	153,6	108,00	45,60	123	30,6
jan/04	7,15	17,46	124,839	3745,17	153,6	113,50	40,10	125,2	28,4
fev/04	7,29	18	131,22	3936,6	153,6	110,00	43,60	122,8	30,8
mar/04	9,02	17,48	157,6696	4730,088	153,6	119,70	33,90	124,2	29,4
abr/04	6,99	17,48	122,1852	3665,556	153,6	111,40	42,20	125	28,6
mai/04	6,93	17,25	119,5425	3586,275	153,6	110,50	43,10	122,2	31,4
jun/04	6,92	17,45	120,754	3622,62	153,6	111,20	42,40	123	30,6
jul/04	6,79	17,5	118,825	3564,75	153,6	109,70	43,90	124	29,6
ago/04	6,82	17,38	118,5316	3555,948	153,6	108,20	45,40	125	28,6
set/04	6,81	18,02	122,7162	3681,486	153,6	112,30	41,30	125,3	28,3
out/04	6,83	17,42	118,9786	3569,358	153,6	115,15	38,45	126	27,6
nov/04	6,88	17,56	120,8128	3624,384	153,6	114,10	39,50	127,15	26,45
dez/04	6,748	18,41	124,23068	3726,9204	153,6	111,00	42,60	124,8	28,8
jan/05	6,65	17,58	116,907	3507,21	153,6	111,50	42,10	122	31,6
fev/05	6,58	17,54	115,4132	3462,396	153,6	111,60	42,00	121	32,6
mar/05	8,2	17,42	142,844	4285,32	153,6	110,50	43,10	121,25	32,35
abr/05	6,44	17,58	113,2152	3396,456	153,6	112,00	41,60	121,5	32,1
mai/05	6,37	17,48	111,3476	3340,428	153,6	111,00	42,60		
jun/05	6,30	17,23	108,549	3256,47	153,6	110,70	42,90		
jul/05	6,49	17,56	113,9644	3418,932	153,6	112,00	41,60		
ago/05	6,46	18,00	116,28	3488,4	153,6	111,10	42,50		
set/05	6,46	17,41	112,4686	3374,058	153,6	111,70	41,90		
out/05	6,57	17,54	115,2378	3457,134	153,6	111,50	42,10		
nov/05	6,36	17,58	111,8088	3354,264	153,6	112,00	41,60		
dez/05	6,42	17,54	112,6068	3378,204	153,6	110,80	42,80		
jan/06	6,56	17,58	115,3248	3459,744	153,6	111,60	42,00	122,20	31,40
fev/06	6,52	17,25	112,47	3374,1	153,6	111,40	42,20	124,10	29,50
mar/06	7,88	17,56	138,3728	4151,184	153,6	111,70	41,90	125,30	28,30
abr/06	6,16	17,56	108,1696	3245,088	153,6	112,30	41,30	126,10	27,50
mai/06	6,17	18,00	111,06	3331,8	153,6	111,60	42,00	128,30	25,30

jun/06	6,25	17,27	107,9375	3238,125	153,6	111,80	41,80	127,80	25,80
jul/06	6,38	16,00	102,08	3062,4	153,6	111,90	41,70	127,30	26,30
ago/06	6,36	15,46	98,3256	2949,768	153,6	111,50	42,10	128,10	25,50
set/06	6,40	15,58	99,712	2991,36	153,6	112,20	41,40	125,60	28,00
out/06	6,52	15,44	100,6688	3020,064	153,6	112,50	41,10	126,70	26,90
nov/06	6,61	15,58	102,9838	3089,514	153,6	111,20	42,40	127,10	26,50
dez/06	6,78	16,00	108,48	3254,4	153,6	112,40	41,20	125,70	27,90
jan/07	6,68	16,36	109,21469	3276,44057	153,6	112,60	41,00	129,80	23,80
fev/07	6,80	15,54	105,64192	3169,25768	153,6	111,70	41,90	135,20	18,40
mar/07	6,97	16,04	111,83623	3355,0868	153,6	111,10	42,50	127,10	26,50
abr/07	6,78	14,33	97,109633	2913,289	153,6	111,00	42,60	125,90	27,70
mai/07	6,66	15,42	102,69206	3080,7618	153,6	112,00	41,60	126,00	27,60
jun/07	6,49	15,43	100,20541	3006,16219	153,6	111,00	42,60	128,20	25,40
jul/07	6,35	15,56	98,735729	2962,07187	153,6	111,00	42,60	127,40	26,20
ago/07	6,49	15,54	100,8805	3026,415	153,6	110,00	43,60	127,40	26,20
set/07	7,40	15,25	112,82458	3384,7375	153,6	112,00	41,60	126,10	27,50
out/07	8,09	15,50	125,34333	3760,3	153,6	112,00	41,60	134,20	19,40
nov/07	8,09	15,50	125,34333	3760,3	153,6	112	41,60	132,00	21,60
dez/07	8,75	17,52	153,3	4752,30	153,6	113	40,60	137,1	16,50

IV 6	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	----------	---------	------------	------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0	164,5				
fev/90			0	0	164,5				
mar/90			0	0	164,5				
abr/90			0	0	164,5				
mai/90			0	0	164,5				
jun/90			0	0	164,5				
jul/90			0	0	164,5				
ago/90			0	0	164,5				
set/90			0	0	164,5				
out/90			0	0	164,5				
nov/90			0	0	164,5				
dez/90			0	0	164,5				
jan/91			0	0	164,5				
fev/91			0	0	164,5				
mar/91			0	0	164,5				
abr/91			0	0	164,5				
mai/91			0	0	164,5				
jun/91			0	0	164,5				
jul/91			0	0	164,5				
ago/91			0	0	164,5				
set/91			0	0	164,5				
out/91			0	0	164,5				
nov/91			0	0	164,5				
dez/91			0	0	164,5				
jan/92			0	0	164,5				
fev/92			0	0	164,5				
mar/92			0	0	164,5				
abr/92			0	0	164,5				
mai/92			0	0	164,5				
jun/92			0	0	164,5				
jul/92			0	0	164,5				
ago/92			0	0	164,5				
set/92			0	0	164,5				
out/92			0	0	164,5				
nov/92			0	0	164,5				
dez/92			0	0	164,5				
jan/93	14,45	8,56	123,692	3710,76	164,5			111,9	52,6
fev/93	13,99	9,52	133,1848	3995,544	164,5				
mar/93	13,32	12,28	163,5696	4907,088	164,5				
abr/93	8,86	12,45	110,307	3309,21	164,5				
mai/93	17,74	14,43	255,9882	7679,646	164,5				
jun/93	17,74	14,43	255,9882	7679,646	164,5				
jul/93	12,84	19,09	245,1156	7353,468	164,5				
ago/93	11,51	13,17	151,5867	4547,601	164,5				
set/93	11,31	16,14	182,5434	5476,302	164,5				
out/93	11,71	19,52	228,5792	6857,376	164,5				
nov/93	11,53	17,33	199,8149	5994,447	164,5				
dez/93	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jan/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
fev/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
mar/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
abr/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				

mai/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jun/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jul/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
ago/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
set/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
out/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
nov/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
dez/94	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jan/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
fev/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
mar/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
abr/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
mai/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jun/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
jul/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
ago/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
set/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
out/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
nov/95	11,55	18,17	209,8635	6295,905	164,5				
dez/95	13,79	20,36	280,7644	8422,932	164,5				
jan/96	12,52	18,21	227,9892	6839,676	164,5				
fev/96	11,64	19,31	224,7684	6743,052	164,5				
mar/96	11,15	20,07	223,7805	6713,415	164,5				
abr/96	11,62	21,15	245,763	7372,89	164,5				
mai/96	11,79	22,38	263,8602	7915,806	164,5				
jun/96	9,05	20,18	182,629	5478,87	164,5				
jul/96	7,59	18,17	137,9103	4137,309	164,5				
ago/96	12,76	14,34	182,9784	5489,352	164,5				
set/96	12,98	16,39	212,7422	6382,266	164,5			102,2	62,3
out/96	12,39	19,48	241,3572	7240,716	164,5				
nov/96	11,84	23,15	274,096	8222,88	164,5				
dez/96	11,81	23,32	275,4092	8262,276	164,5				
jan/97	12,42	23,41	290,7522	8722,566	164,5			101,1	63,4
fev/97	11,49	23,58	270,9342	8128,026	164,5				
mar/97	11,09	23,51	260,7259	7821,777	164,5				
abr/97	9,51	22,31	212,1681	6365,043	164,5				
mai/97	9,24	21,23	196,1652	5884,956	164,5				
jun/97	9,41	23,54	221,5114	6645,342	164,5				
jul/97	7,63	21,21	161,8323	4854,969	164,5				
ago/97	5,49	18,27	100,3023	3009,069	164,5				
set/97	17,58	16,47	289,5426	8686,278	164,5				
out/97	16,38	20,09	329,0742	9872,226	164,5				
nov/97	16,13	22,15	357,2795	10718,385	164,5				
dez/97	17,56	20,38	357,8728	10736,184	164,5				
jan/98	18,89	15,44	291,6616	8749,848	164,5				
fev/98	15,99	22,32	356,8968	10706,904	164,5				
mar/98	18,94	17,3	327,662	9829,86	164,5				
abr/98	18,58	11,25	209,025	6270,75	164,5				
mai/98	15,99	13,03	208,3497	6250,491	164,5				
jun/98	20,58	8,49	174,7242	5241,726	164,5				
jul/98	24,8	7,55	187,24	5617,2	164,5				
ago/98	14,16	15,44	218,6304	6558,912	164,5				

set/98	17,47	13,42	234,4474	7033,422	164,5				
out/98	13,448	17,27	232,247	6967,4088	164,5				
nov/98	14,79	17,3	255,867	7676,01	164,5				
dez/98	15,49	13,46	208,4954	6254,862	164,5				
jan/99	14,04	19,23	269,9892	8099,676	164,5				
fev/99	13,35	20,09	268,2015	8046,045	164,5				
mar/99	13,37	18,08	241,7296	7251,888	164,5				
abr/99	13,3	18,2	242,06	7261,8	164,5				
mai/99	13,98	14,58	203,8284	6114,852	164,5				
jun/99	13,2	16,2	213,84	6415,2	164,5				
jul/99	12,86	16,58	213,2188	6396,564	164,5				
ago/99	12,79	15,58	199,2682	5978,046	164,5				
set/99	11,21	16,14	180,9294	5427,882	164,5				
out/99	10,89	13,12	142,8768	4286,304	164,5				
nov/99	11,06	10,58	117,0148	3510,444	164,5				
dez/99	9,82	17,06	167,5292	5025,876	164,5				
jan/00	10,96	11,37	124,6152	3738,456	164,5				
fev/00	17,36	9,46	164,2256	4926,768	164,5				
mar/00	17,37	11,21	194,7177	5841,531	164,5				
abr/00	17,09	20,18	344,8762	10346,286	164,5				
mai/00	16,96	20,08	340,5568	10216,704	164,5				
jun/00	17,58	15,54	273,1932	8195,796	164,5				
jul/00	17,76	9,39	166,7664	5002,992	164,5				
ago/00	16,98	10,39	176,4222	5292,666	164,5				
set/00	16,8125	10,39	174,6819	5240,4563	164,5				
out/00	15,39	10,56	162,5184	4875,552	164,5			101	63,5
nov/00	17,12	12,24	209,5488	6286,464	164,5			108	56,5
dez/00	17,11	10,52	179,9972	5399,916	164,5			106,1	58,4
jan/01	17,15	12,33	211,4595	6343,785	164,5			101,2	63,3
fev/01	16,8	11,36	190,848	5725,44	164,5				
mar/01	17,15	12,33	211,4595	6343,785	164,5			101,2	63,3
abr/01	16,42	13,44	220,6848	6620,544	164,5				
mai/01	16,42	13,44	220,6848	6620,544	164,5				
jun/01	16,04	13,48	216,2192	6486,576	164,5			101,4	63,1
jul/01	16,04	13,48	216,2192	6486,576	164,5				
ago/01	16,43	12,31	202,2533	6067,599	164,5				
set/01	16,24	14,46	234,8304	7044,912	164,5				
out/01	16,11	15,81	254,6991	7640,973	164,5			105	59,5
nov/01	15,93	15,5	246,915	7407,45	164,5				
dez/01	15,69	18,08	283,6752	8510,256	164,5				
jan/02	13,18	13,35	175,953	5278,59	164,5				
fev/02	14,94	17,11	255,6234	7668,702	164,5			95,5	69
mar/02	14,74	15,59	229,7966	6893,898	164,5			101	63,5
abr/02	14,91	13,42	200,0922	6002,766	164,5				
mai/02	14,93	13,43	200,5099	6015,297	164,5				
jun/02	15,11	13,06	197,3366	5920,098	164,5			99,7	64,8

jul/02	15,15	13,52	204,828	6144,84	164,5			112	52,5
ago/02	14,85	13,56	201,366	6040,98	164,5				
set/02	14,66	14,28	209,3448	6280,344	164,5				
out/02	15,34	12,56	192,6704	5780,112	164,5				
nov/02	14,5725	14,365	209,334	6280,0189	164,5				
dez/02	11,3	18,21	205,773	6173,19	164,5			100	64,5
jan/03	17	12,41	210,97	6329,1	164,5				
fev/03	14,94	19,28	288,0432	8641,296	164,5				
mar/03	14,53	19,23	279,4119	8382,357	164,5				
abr/03	14,14	16,54	233,8756	7016,268	164,5				
mai/03	16,45	12,27	201,8415	6055,245	164,5				
jun/03	24,56	12,21	299,8776	8996,328	164,5				
jul/03	24,06	11,39	274,0434	8221,302	164,5				
ago/03	23,63	13,52	319,4776	9584,328	164,5				
set/03	23,63	13,52	319,4776	9584,328	164,5				
out/03	23,19	15,15	351,3285	10539,855	164,5				
nov/03	22,72	16,22	368,5184	11055,552	164,5				
dez/03	22,45	15,21	341,4645	10243,935	164,5	104,50	60	113,8	50,7
jan/04	22,33	18,25	407,5225	12225,675	164,5	106,00	58,5	115	49,5
fev/04	22,03	16,29	358,8687	10766,061	164,5	106,50	58	115,8	48,7
mar/04	22	16,37	360,14	10804,2	164,5	105,20	59,3	113,6	50,9
abr/04	21,83	16,52	360,6316	10818,948	164,5	106,80	57,7	115,5	49
mai/04	21,06	15,12	318,4272	9552,816	164,5	105,50	59	113,5	51
jun/04	22,16	12,45	275,892	8276,76	164,5	105,00	59,5	112,8	51,7
jul/04	22,28	12,45	277,386	8321,58	164,5	105,00	59,5	111,5	53
ago/04	22,34	12,1	270,314	8109,42	164,5	103,80	60,7	113,2	51,3
set/04	22,09	13,5	298,215	8946,45	164,5	105,00	59,5	112,1	52,4
out/04	21,99	15,04	330,7296	9921,888	164,5	104,70	59,8	113,1	51,4
nov/04	21,95	15,48	339,786	10193,58	164,5	105,40	59,1	111,3	53,2
dez/04	22,14	18,19	402,7266	12081,798	164,5	106,80	57,7	113,5	51
jan/05	21,4	17,37	371,718	11151,54	164,5	114,00	50,5	116	48,5
fev/05	21,51	17,41	374,4891	11234,673	164,5	106,20	58,3	114,2	50,3
mar/05	21,39	17,23	368,5497	11056,491	164,5	105,50	59	113,5	51
abr/05	21,54	16,42	353,6868	10610,604	164,5	106,00	58,5	115	49,5
mai/05	21,69	15,10	327,519	9825,57	164,5	105,20	59,3	113,60	50,9
jun/05	21,62	13,50	291,87	8756,1	164,5	105,00	59,5	114,00	50,5
jul/05	21,51	13,06	280,9206	8427,618	164,5	105,00	59,5		
ago/05	21,41	15,37	329,0717	9872,151	164,5	105,00	59,5	114,80	49,7
set/05	21,53	15,06	324,2418	9727,254	164,5	105,70	58,8	113,10	51,4
out/05	21,36	16,33	348,8088	10464,264	164,5	105,10	59,4	114,00	50,5
nov/05	21,33	17,02	363,0366	10891,098	164,5	105,50	59	115,00	49,5
dez/05	20,96	18,10	379,376	11381,28	164,5	105,90	58,6	115,50	49
jan/06	20,75	19,15	397,3625	12409,00	164,5	106,00	58,5	115,20	49,3
fev/06	20,78	18,28	379,8584	10740,00	164,5	107,80	56,7	116,30	48,2
mar/06	20,64	18,25	376,68	11,780,00	164,5	107,20	57,3	116,80	47,7
abr/06	20,60	18,10	372,86	11224,00	164,5	107,60	56,9	117,20	47,3
mai/06	20,86	15,14	315,8204	9846,00	164,5	108,60	55,9	118,40	46,1

jun/06	21,17	15,48	327,7116	10028,00	164,5	107,90	56,6	119,20	45,3
jul/06	21,26	16,52	351,2152	11115,00	164,5	107,40	57,1	117,60	46,9
ago/06	21,33	14,48	308,8584	9780,00	164,5	107,10	57,4	117,80	46,7
set/06	21,40	13,30	284,62	8667,00	164,5	107,80	56,7	116,90	47,6
out/06	21,58	14,02	302,5516	9378,00	164,5	106,90	57,6	116,50	48
nov/06	23,21	14,40	334,224	10212,00	164,5	107,10	57,4	117,50	47
dez/06	22,70	17,02	386,354	11988,00	164,5	107,80	56,7	120,40	44,1
jan/07	22,37	16,35	365,7337	11472,00	164,5	108,00	56,5	119,70	44,8
fev/07	23,10	15,43	356,4959	10186,00	164,5	108,20	56,3	121,20	43,3
mar/07	27,16	16,02	435,1652	13484,00	164,5	107,00	57,5	118,70	45,8
abr/07	26,65	15,44	411,5223	12580,00	164,5	107,20	57,3	117,00	47,5
mai/07	26,32	16,17	425,657	13290,00	164,5	107,00	57,5	117,50	47
jun/07	26,16	16,06	420,1617	12644,00	164,5	107,00	57,5	117,20	47,3
jul/07	25,95	14,58	378,3698	12033,00	164,5	106,60	57,9	117,00	47,5
ago/07	25,48	15,33	390,554	12289,00	164,5	106,60	57,9		
set/07	25,58	17,16	438,907	13264,00	164,5	106,60	57,9	118,20	46,3
out/07	25,16	18,48	464,927	14670,00	164,5	106,60	57,9	118,50	46
nov/07	24,97	18,42	459,8983	14000,00	164,5	106,60	57,9	118,00	46,5
dez/07	24,86	18,5	459,91	14257,21	164,5	107,3	57,2	119	45,5

IV 8	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	----------	---------	---------------	---------------	----------	--------	-------------	--------	-------------

jan/90			0	0	140				
fev/90			0	0	140				
mar/90			0	0	140				
abr/90			0	0	140				
mai/90			0	0	140				
jun/90			0	0	140				
jul/90			0	0	140				
ago/90			0	0	140				
set/90			0	0	140				
out/90			0	0	140				
nov/90			0	0	140				
dez/90			0	0	140				
jan/91			0	0	140				
fev/91			0	0	140				
mar/91			0	0	140				
abr/91			0	0	140				
mai/91			0	0	140				
jun/91			0	0	140				
jul/91			0	0	140				
ago/91			0	0	140				
set/91			0	0	140				
out/91			0	0	140				
nov/91			0	0	140				
dez/91			0	0	140				
jan/92			0	0	140				
fev/92			0	0	140				
mar/92			0	0	140				
abr/92			0	0	140				
mai/92			0	0	140				
jun/92			0	0	140				
jul/92			0	0	140				
ago/92			0	0	140				
set/92			0	0	140				
out/92			0	0	140				
nov/92			0	0	140				
dez/92			0	0	140				
jan/93			0	0	140				
fev/93			0	0	140				
mar/93			0	0	140				
abr/93			0	0	140				
mai/93			0	0	140				
jun/93			0	0	140				
jul/93			0	0	140				
ago/93	14,45	8,56	123,692	3710,76	140		92,66	47,34	
set/93	13,99	9,52	133,1848	3995,544	140		93,62	46,38	
out/93	13,32	12,28	163,5696	4907,088	140		93,21	46,79	
nov/93	8,86	12,45	110,307	3309,21	140		93,22	46,78	
dez/93	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140		96,52	43,48	
jan/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
fev/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
mar/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
abr/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				

mai/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
jun/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
jul/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
ago/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
set/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
out/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
nov/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
dez/94	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
jan/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
fev/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
mar/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
abr/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
mai/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
jun/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
jul/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
ago/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
set/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
out/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
nov/95	17,74	14,43	255,9882	7679,646	140				
dez/95	12,84	14,43	185,2812	5558,436	140				
jan/96	11,51	13,17	151,5867	4547,601	140				
fev/96	11,31	16,14	182,5434	5476,302	140				
mar/96	11,71	19,52	228,5792	6857,376	140				
abr/96	11,53	17,33	199,8149	5994,447	140				
mai/96	11,55	18,17	209,8635	6295,905	140				
jun/96	11,19	17,13	191,6847	5750,541	140				
jul/96	10,61	15,58	165,3038	4959,114	140				
ago/96	10,63	17,28	183,6864	5510,592	140				
set/96	10,47	16,54	173,1738	5195,214	140		101,1	38,9	
out/96	10,41	16,54	172,1814	5165,442	140				
nov/96	10,86	19,12	207,6432	6229,296	140				
dez/96	10,19	17,34	176,6946	5300,838	140				
jan/97	10,81	20,54	222,0374	6661,122	140				
fev/97	10,19	18,32	186,6808	5600,424	140				
mar/97	10,54	18,21	191,9334	5758,002	140				
abr/97	10,63	20,33	216,1079	6483,237	140				
mai/97	10,24	19,36	198,2464	5947,392	140				
jun/97	9,61	17,21	165,3881	4961,643	140				
jul/97	9,31	15,42	143,5602	4306,806	140				
ago/97	9,93	14,44	143,3892	4301,676	140				
set/97	9,45	15,06	142,317	4269,51	140				
out/97	9,05	12,23	110,6815	3320,445	140				
nov/97	8,22	10,54	86,6388	2599,164	140				
dez/97	8,96	15,29	136,9984	4109,952	140				
jan/98	8,46	15,32	129,6072	3888,216	140				
fev/98	7,98	14,53	115,9494	3478,482	140				
mar/98	8,48	15,38	130,4224	3912,672	140				
abr/98	8,16	14,03	114,4848	3434,544	140				
mai/98	8,16	14,46	117,9936	3539,808	140				
jun/98	8,16	16,24	132,5184	3975,552	140				
jul/98	8,36	16,32	136,4352	4093,056	140				
ago/98	8,12	14,23	115,5476	3466,428	140				

set/98	7,01	16	112,16	3364,8	140				
out/98	8,06	17,45	140,647	4219,41	140				
nov/98	7,2	20,08	144,576	4337,28	140				
dez/98	6,03	13,23	79,7769	2393,307	140				
jan/99	7,86	11,12	87,4032	2622,096	140				
fev/99	7,82	10,24	80,0768	2402,304	140				
mar/99	7	13,54	94,78	2843,4	140				
abr/99	12,74	10,26	130,7124	3921,372	140				
mai/99	7	18,1	126,7	3801	140				
jun/99	7,87	16,14	127,0218	3810,654	140				
jul/99	7,42	17,17	127,4014	3822,042	140				
ago/99	8,18	19,19	156,9742	4709,226	140				
set/99	7,75	17,56	136,09	4082,7	140				
out/99	6,99	17,33	121,1367	3634,101	140				
nov/99	7,13	17,14	122,2082	3666,246	140				
dez/99	7,06	15,5	109,43	3282,9	140				
jan/00	9,95	13,21	131,4395	3943,185	140				
fev/00	14,15	13,58	192,157	5764,71	140				
mar/00	13,81	14,23	196,5163	5895,489	140				
abr/00	13,94	13,22	184,2868	5528,604	140				
mai/00	13,09	13,33	174,4897	5234,691	140				
jun/00	12,03	11,22	134,9766	4049,298	140				
jul/00	14,98	10,21	152,9458	4588,374	140				
ago/00	14,58	13,14	191,5812	5747,436	140				
set/00	14,3675	12,47	179,1627	5374,8818	140				
out/00	14,13	13,33	188,3529	5650,587	140		98,8	41,2	
nov/00	13,78	14,46	199,2588	5977,764	140		100,5	39,5	
dez/00	13,54	15,58	210,9532	6328,596	140		101,5	38,5	
jan/01	13,43	17,15	230,3245	6909,735	140		102,5	37,5	
fev/01	13,24	17,56	232,4944	6974,832	140				
mar/01	13,43	17,15	230,3245	6909,735	140		102,5	37,5	
abr/01	12,95	17,3	224,035	6721,05	140				
mai/01	12,95	17,3	224,035	6721,05	140				
jun/01	13	16,54	211,8774	6356,322	140		101,5	38,5	
jul/01	12,81	16,54	211,8774	6356,322	140				
ago/01	12,43	18,1	224,983	6749,49	140				
set/01	12,41	19,08	236,7828	7103,484	140				
out/01	12,18	22,08	268,9344	8068,032	140		101,5	38,5	
nov/01	11,91	22	262,02	7860,6	140				
dez/01	11,5	19,43	223,445	6703,35	140				
jan/02	11,48	19,33	221,9084	6657,252	140				
fev/02	11,43	20,21	231,0003	6930,009	140		97	43	
mar/02	11,42	22,35	255,237	7657,11	140		99,5	40,5	
abr/02	10,99	22,12	243,0988	7292,964	140				
mai/02	11,3	21,21	239,673	7190,19	140				
jun/02	11,13	20,08	223,4904	6704,712	140				

jul/02	13,14	21,14	277,7796	8333,388	140			96,5	43,5
ago/02	10,89	21,33	232,2837	6968,511	140			98	42
set/02	12,92	20,18	260,7256	7821,768	140				
out/02	12,04	19,21	231,2884	6938,652	140				
nov/02	12,2225	20,48	250,3168	7509,504	140				
dez/02	12,13	21,35	258,9755	7769,265	140				
jan/03	11,8	22,45	264,91	7947,3	140				
fev/03	11,53	22,28	256,8884	7706,652	140				
mar/03	11,49	19,31	221,8719	6656,157	140				
abr/03	11,28	18,48	208,4544	6253,632	140				
mai/03	11,21	19,48	218,3708	6551,124	140				
jun/03	11,48	18,43	211,5764	6347,292	140				
jul/03	9,42	18,06	170,1252	5103,756	140				
ago/03	8,96	20,45	183,232	5496,96	140				
set/03	8,96	20,45	183,232	5496,96	140				
out/03	7,99	20,25	161,7975	4853,925	140				
nov/03	7,59	20,04	152,1036	4563,108	140				
dez/03	7,36	18,21	134,0256	4020,768	140	78,00	62	90,5	49,5
jan/04	7,43	21,04	156,3272	4689,816	140	77,00	63	88,5	51,5
fev/04	12,88	20,45	263,396	7901,88	140	80,80	59,2	110,9	29,1
mar/04	12,3	21,52	264,696	7940,88	140	82,00	58	108,5	31,5
abr/04	12,14	21,08	255,9112	7677,336	140	80,00	60	108,1	31,9
mai/04	12,46	16,54	206,0884	6182,652	140	81,00	59	106,8	33,2
jun/04	12,27	17,46	214,2342	6427,026	140	82,00	58	107	33
jul/04	12,75	17,37	221,4675	6644,025	140	81,20	58,8	106,3	33,7
ago/04	12,29	16,41	201,6789	6050,367	140	80,70	59,3	105,5	34,5
set/04	12,44	14,46	179,8824	5396,472	140	79,50	60,5	106,5	33,5
out/04	12,23	15,45	188,9535	5668,605	140	82,10	57,9	107,1	32,9
nov/04	12,14	15,18	184,2852	5528,556	140	79,80	60,2	102,2	37,8
dez/04	11,7	18,23	213,291	6398,73	140	100,00	40	104,5	35,5
jan/05	11,54	16,58	191,3332	5739,996	140	100,20	39,8	103,1	36,9
fev/05	11,33	16,11	182,5263	5475,789	140	78,80	61,2	99	41
mar/05	11,39	14,08	160,3712	4811,136	140	79,20	60,8	100,5	39,5
abr/05	11,59	12,36	143,2524	4297,572	140	80,60	59,4	103,50	36,5
mai/05	11,38	11,02	125,4076		140	80,00	60	102,00	38
jun/05	11,52	13,12	151,1424		140	81,00	59	103,00	37
jul/05	12,02	11,37	136,6674		140	79,50	60,5	99,80	40,2
ago/05	11,60	11,56	134,096		140	81,20	58,8	102,10	37,9
set/05	11,54	11,52	132,9408		140	79,20	60,8	100,00	40
out/05	11,41	14,17	161,6797		140	77,00	63	95,50	44,5
nov/05	11,03	17,16	189,2748		140	78,10	61,9	97,00	43
dez/05	10,75	18,21	195,7575		140	79,40	60,6	98,30	41,7
jan/06	10,26	21,58	221,4108	6992,00	140	82,30	57,7	102,60	37,4
fev/06	10,17	20,51	208,5867	5915,00	140	99,30	40,7	101,90	38,1
mar/06	9,75	22,52	219,57	6910,00	140	96,10	43,9	104,40	35,6
abr/06	9,54	21,34	203,5836	6183,00	140	81,20	58,8	102,50	37,5
mai/06	9,00	22,12	199,08	6162,00	140	78,00	62	78,20	61,8

jun/06	10,93	22,24	243,1425	7379,00	140	81,70	58,3	101,70	38,3
jul/06	10,85	18,37	199,3145	6111,00	140	82,70	57,3	102,40	37,6
ago/06	10,60	20,58	218,148	6882,00	140	81,20	58,8	102,80	37,2
set/06	10,48	21,42	224,4816	6823,00	140	81,90	58,1	102,70	37,3
out/06	10,51	21,31	223,8925	7004,00	140	81,70	58,3	102,20	37,8
nov/06	10,36	20,26	209,8936	6346,00	140	82,20	57,8	103,00	37
dez/06	10,38	20,06	208,2228	6459,00	140	82,10	57,9	104,70	35,3
jan/07	10,20	21,58	220,1438	6941,00	140	82,30	57,7	105,00	35
fev/07	10,04	21,24	213,2724	6013,00	140	83,10	56,9	107,20	32,8
mar/07	10,15	17,06	173,2415	5357,00	140	82,20	57,8	104,20	35,8
abr/07	10,24	18,10	185,344	5560,00	140	86,00	54	104,10	35,9
mai/07	10,20	17,52	178,7549	5650,00	140	82,50	57,5	101,30	38,7
jun/07	10,14	16,58	168,1488	5153,00	140	84,00	56	105,30	34,7
jul/07	9,89	17,52	173,335	5477,00	140	82,10	57,9	102,00	38
ago/07	9,91	15,46	153,2285	4835,00	140	82,10	57,9		
set/07	9,92	14,40	142,912	4358,00	140	82,40	57,6	104,20	35,8
out/07	9,72	18,14	176,3325	5487,00	140	82,70	57,3	103,10	36,9
nov/07	9,20	21,28	195,698	5920,00	140	82,00	58	103,60	36,4
dez/07	9,05	21,04	190,412	5902,8	140	83,1	56,9	105,3	34,7

IV 10	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	----------	---------	------------	------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90	10	10	100	3000	165	83,62	81,38	128	37
ago/90			0	0	165				
set/90			0	0	165				
out/90			0	0	165				
nov/90			0	0	165				
dez/90			0	0	165				
jan/91			0	0	165				
fev/91			0	0	165				
mar/91			0	0	165				
abr/91			0	0	165				
mai/91			0	0	165				
jun/91			0	0	165				
jul/91			0	0	165				
ago/91			0	0	165				
set/91			0	0	165				
out/91			0	0	165				
nov/91			0	0	165				
dez/91			0	0	165				
jan/92			0	0	165				
fev/92			0	0	165				
mar/92			0	0	165				
abr/92			0	0	165				
mai/92			0	0	165				
jun/92			0	0	165				
jul/92			0	0	165				
ago/92			0	0	165				
set/92			0	0	165				
out/92			0	0	165				
nov/92			0	0	165				
dez/92			0	0	165				
jan/93			0	0	165				
fev/93			0	0	165				
mar/93			0	0	165				
abr/93			0	0	165				
mai/93			0	0	165				
jun/93			0	0	165				
jul/93			0	0	165				
ago/93				0	165				
set/93				0	165				
out/93				0	165				
nov/93				0	165				
dez/93				0	165				
jan/94				0	165				
fev/94				0	165				
mar/94				0	165				
abr/94				0	165				

mai/94				0	165				
jun/94				0	165				
jul/94				0	165				
ago/94				0	165				
set/94				0	165				
out/94				0	165				
nov/94				0	165				
dez/94				0	165				
jan/95				0	165				
fev/95				0	165				
mar/95				0	165				
abr/95				0	165				
mai/95				0	165				
jun/95				0	165				
jul/95				0	165				
ago/95				0	165				
set/95				0	165				
out/95				0	165				
nov/95				0	165				
dez/95	8,26	23,48	193,9448	5818,344	165			122	43
jan/96	7,85	21,28	167,048	5011,44	165				
fev/96	7,66	20,12	154,1192	4623,576	165				
mar/96	7,61	19,52	148,5472	4456,416	165				
abr/96	7,65	19,51	149,2515	4477,545	165				
mai/96	7,75	19,54	151,435	4543,05	165				
jun/96	7,26	21,13	153,4038	4602,114	165				
jul/96	6,99	21,52	150,4248	4512,744	165				
ago/96	6,86	19,52	133,9072	4017,216	165				
set/96	6,73	18,12	121,9476	3658,428	165				
out/96	6,65	18,36	122,094	3662,82	165				
nov/96	6,84	17,49	119,6316	3588,948	165				
dez/96	5,49	20,11	110,4039	3312,117	165				
jan/97	9	19,44	174,96	5248,8	165				
fev/97	9,11	19,04	173,4544	5203,632	165				
mar/97	9,19	18,51	170,1069	5103,207	165				
abr/97	8,99	18,45	165,8655	4975,965	165				
mai/97	8,89	18,38	163,3982	4901,946	165				
jun/97	8,94	18,27	163,3338	4900,014	165				
jul/97	8,85	18,49	163,6365	4909,095	165				
ago/97	8,97	18,25	163,7025	4911,075	165				
set/97	9	18,45	166,05	4981,5	165				
out/97	9,09	18,34	166,7106	5001,318	165				
nov/97	9,11	18,54	168,8994	5066,982	165				
dez/97	9	20,38	183,42	5502,6	165				
jan/98	8,89	20,12	178,8668	5366,004	165				
fev/98	9,12	17,17	156,5904	4697,712	165				
mar/98	8,97	19	170,43	5112,9	165				
abr/98	8,47	16,27	137,8069	4134,207	165				
mai/98	8,25	15,42	127,215	3816,45	165				
jun/98	8,03	15,25	122,4575	3673,725	165				
jul/98	7,9	19,38	153,102	4593,06	165				
ago/98	8,52	17,25	146,97	4409,1	165				

set/98	8,54	16,21667	138,4903	4154,71	165				
out/98	9,202	12,02	110,608	3318,2412	165				
nov/98	9,08	13,24	120,2192	3606,576	165				
dez/98	8,91	14,21	126,6111	3798,333	165				
jan/99	8,67	10,58	91,7286	2751,858	165				
fev/99	8,3	11,16	92,628	2778,84	165				
mar/99	7,94	14,27	113,3038	3399,114	165				
abr/99	8,19	8,44	69,1236	2073,708	165				
mai/99	7,99	13,37	106,8263	3204,789	165				
jun/99	8,13	13,2	107,316	3219,48	165				
jul/99	8,16	13	106,08	3182,4	165				
ago/99	8,63	13,31	114,8653	3445,959	165			131,2	33,8
set/99	7,88	14	110,32	3309,6	165				
out/99	8,5	12,12	103,02	3090,6	165				
nov/99	7,98	14,32	114,2736	3428,208	165				
dez/99	8,05	13,54	108,997	3269,91	165				
jan/00	8,22	13,17	108,2574	3247,722	165				
fev/00	7,98	11,39	90,8922	2726,766	165				
mar/00	8,96	12,02	107,6992	3230,976	165				
abr/00	8,88	12	106,56	3196,8	165				
mai/00	8,79	11,56	101,6124	3048,372	165				
jun/00	8,46	12,1	102,366	3070,98	165				
jul/00	8,5	12	102	3060	165				
ago/00	8,59	11,35	97,4965	2924,895	165				
set/00	8,425	11,44	96,382	2891,46	165				
out/00	8,6	12	103,2	3096	165			132	33
nov/00	8,11	11,56	93,7516	2812,548	165			128	37
dez/00	7,57	11,56	87,5092	2625,276	165			121	44
jan/01	7,59	11,54	87,5886	2627,658	165			120	45
fev/01	7,52	11,58	87,0816	2612,448	165				
mar/01	7,59	11,54	87,5886	2627,658	165			120	45
abr/01	7,61	12	91,32	2739,6	165				
mai/01	7,61	12	91,32	2739,6	165				
jun/01	8,35	11,56	96,526	2895,78	165			115	50
jul/01	8,35	11,56	96,526	2895,78	165				
ago/01	8,49	11,58	98,3142	2949,426	165				
set/01	8,5	12	102	3060	165				
out/01	8,5	12	102	3060	165			130	35
nov/01	8,5	11,44	97,24	2917,2	165				
dez/01	8,46	11,58	97,9668	2939,004	165				
jan/02	8,44	12	101,28	3038,4	165				
fev/02	8,45	11,54	97,513	2925,39	165			130	35
mar/02	8,85	12	106,2	3186	165			131	34
abr/02	8,41	11,48	96,5468	2896,404	165				
mai/02	8,35	11,54	96,359	2890,77	165				
jun/02	8,41	11,54	97,0514	2911,542	165				

jul/02	8,41	12	100,92	3027,6	165			132	33
ago/02	8,47	11,48	97,2356	2917,068	165			132	33
set/02	8,39	11,56	96,9884	2909,652	165				
out/02	8,34	11,46	95,5764	2867,292	165				
nov/02	8,485	11,4	96,729	2901,87	165				
dez/02	8,38	11,56	96,8728	2906,184	165				
jan/03	8,83	12,12	107,0196	3210,588	165				
fev/03	8,31	12,02	99,8862	2996,586	165				
mar/03	8,1	11,58	93,798	2813,94	165				
abr/03	7,8	12,43	96,954	2908,62	165				
mai/03	7,97	14,15	112,7755	3383,265	165				
jun/03	8,07	12,33	99,5031	2985,093	165				
jul/03	8,06	13	104,78	3143,4	165				
ago/03	8,08	13,43	108,5144	3255,432	165				
set/03	8,08	13,43	108,5144	3255,432	165				
out/03	7,91	15,28	120,8648	3625,944	165				
nov/03	7,96	14,28	113,6688	3410,064	165				
dez/03	7,87	14,54	114,4298	3432,894	165	110,50	54,5	132	33
jan/04	7,86	13,39	105,2454	3157,362	165	103,00	62	132,00	33
fev/04	7,43	17,37	129,0591	3871,773	165	112,00	53	124,60	40,4
mar/04	7,62	17,36	132,2832	3968,496	165	113,00	52	132,00	33
abr/04	7,57	18	136,26	4087,8	165	111,80	53,2	124,70	40,3
mai/04	7,51	18	135,18	4055,4	165	109,50	55,5	124,50	40,5
jun/04	7,55	17,21	129,9355	3898,065	165	112,00	53	128,00	37
jul/04	7,48	17,46	130,6008	3918,024	165	111,00	54	126,00	39
ago/04	7,51	17,52	131,5752	3947,256	165	112,60	52,4	127,80	37,2
set/04	7,48	17,32	129,5536	3886,608	165	113,00	52	128,00	37
out/04	7,44	18	133,92	4017,6	165	112,10	52,9	128,50	36,5
nov/04	7,39	17,54	129,6206	3888,618	165	113,20	51,8	129,00	36
dez/04	7,42	17,46	129,5532	3886,596	165	114,00	51	124,50	40,5
jan/05	7,23	19,14	138,3822	4151,466	165	111,00	54	130,00	35
fev/05	7,11	18,11	128,7621	3862,863	165	112,20	52,8	130,00	35
mar/05	7,02	17,56	123,2712	3698,136	165	111,10	53,9	132,00	33
abr/05	7	17,48	122,36	3670,8	165	111,00	54	124,20	40,8
mai/05	7,00	17,56	122,92	3687,6	165	111,80	53,2	127,00	38
jun/05	6,97	17,48	121,8356	3655,068	165	111,00	54	129,00	36
jul/05	6,89	18,00	124,02	3720,6	165	111,50	53,5	129,50	35,5
ago/05	6,92	17,23	119,2316	3576,948	165	112,00	53	129,00	36
set/05	6,98	17,46	121,8708	3656,124	165	111,50	53,5	128,20	36,8
out/05	6,95	17,00	118,15	3544,5	165	112,20	52,8	129,50	35,5
nov/05	7,02	19,32	135,6264	4068,792	165	112,10	52,9	129,80	35,2
dez/05	6,86	17,58	120,5988	3617,964	165	112,40	52,6	130,10	34,9
jan/06	6,82	17,52	119,4864	3584,592	165	112,50	52,5	129,80	35,2
fev/06	6,82	17,49	119,2818	3578,454	165	112,40	52,6	129,70	35,3
mar/06	6,82	17,54	119,6228	3588,684	165	112,70	52,3	130,00	35
abr/06	7,20	17,26	124,272	3728,16	165	112,90	52,1	129,50	35,5
mai/06	7,36	17,52	128,9472	3868,416	165	113,50	51,5	129,60	35,4

jun/06	7,34	18,00	132,12	3963,6	165	113,80	51,2	129,10	35,9
jul/06	7,15	17,27	123,4805	3704,415	165	112,70	52,3	129,50	35,5
ago/06	7,30	16,00	116,8	3504	165	112,70	52,3	129,10	35,9
set/06	7,75	16,00	124	3720	165	112,50	52,5	140,60	24,4
out/06	7,70	14,54	111,958	3358,74	165	112,80	52,2	139,50	25,5
nov/06	7,92	15,50	122,76	3682,8	165	112,10	52,9	139,10	25,9
dez/06	8,05	15,56	125,258	3757,74	165	113,00	52	132,50	32,5
jan/07	7,95	15,56	123,7221	3711,6623	165	113,90	51,1	130,00	35
fev/07	7,98	15,51	123,7089	3711,266	165	115,00	50	134,40	30,6
mar/07	7,99	16,00	127,7935	3833,8065	165	114,00	51	139,20	25,8
abr/07	7,99	16,14	128,9694	3869,0808	165	114,20	50,8	140,20	24,8
mai/07	8,00	15,48	123,9099	3717,2973	165	113,50	51,5	138,40	26,6
jun/07	8,03	16,00	128,528	3855,84	165	115,10	49,9	142,50	22,5
jul/07	7,92	15,52	122,8934	3686,801	165	113,70	51,3	139,00	26
ago/07	7,97	16,02	127,7052	3831,1572	165	113,70			
set/07	8,07	15,54	125,4803	3764,4096	165	114,10	50,9	142,00	23
out/07	8,11	15,58	126,2834	3788,5032	165	114,30	50,7	141,00	24
nov/07	8,14	16,06	130,7659	3922,9762	165	114,00	51	141,00	24
dez/07	8,01	18,43	147,6243	4576,3533	165	115,1	49,9	140,1	24,9

IV 13	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	----------	---------	------------	------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0					
nov/91	12	16	145	4350	145	65,48	79,52	90	55
dez/91			0	0	145				
jan/92			0	0	145				
fev/92			0	0	145				
mar/92			0	0	145				
abr/92			0	0	145				
mai/92			0	0	145				
jun/92			0	0	145				
jul/92			0	0	145				
ago/92			0	0	145				
set/92			0	0	145				
out/92			0	0	145				
nov/92			0	0	145				
dez/92			0	0	145				
jan/93			0	0	145				
fev/93			0	0	145				
mar/93			0	0	145				
abr/93			0	0	145				
mai/93			0	0	145				
jun/93			0	0	145				
jul/93			0	0	145				
ago/93			0	0	145				
set/93			0	0	145				
out/93			0	0	145				
nov/93			0	0	145				
dez/93			0	0	145				
jan/94			0	0	145				
fev/94			0	0	145				
mar/94			0	0	145				
abr/94			0	0	145				

mai/94			0	0	145				
jun/94			0	0	145				
jul/94			0	0	145				
ago/94			0	0	145				
set/94			0	0	145				
out/94			0	0	145				
nov/94			0	0	145				
dez/94			0	0	145				
jan/95			0	0	145				
fev/95			0	0	145				
mar/95			0	0	145				
abr/95			0	0	145				
mai/95			0	0	145				
jun/95			0	0	145				
jul/95			0	0	145				
ago/95			0	0	145				
set/95			0	0	145				
out/95			0	0	145				
nov/95			0	0	145				
dez/95	11,99	23,21	278,2879	8348,637	145		107	38	
jan/96	11,14	20,17	224,6938	6740,814	145				
fev/96	10,13	19,31	195,6103	5868,309	145				
mar/96	10,14	19,19	194,5866	5837,598	145				
abr/96	9,46	21,48	203,2008	6096,024	145				
mai/96	9,37	22,58	211,5746	6347,238	145				
jun/96	8,81	21,07	185,6267	5568,801	145				
jul/96	8,38	18,25	152,935	4588,05	145				
ago/96	8,29	15,21	126,0909	3782,727	145				
set/96	8,21	17,12	140,5552	4216,656	145		94,21	50,79	
out/96	8,07	21	169,47	5084,1	145				
nov/96	8,24	23,48	193,4752	5804,256	145				
dez/96	8,67	23,59	204,5253	6135,759	145				
jan/97	9,29	23,17	215,2493	6457,479	145				
fev/97	8,53	23,59	201,2227	6036,681	145				
mar/97	8,52	23,36	199,0272	5970,816	145				
abr/97	8,11	22,15	179,6365	5389,095	145				
mai/97	7,89	21,42	169,0038	5070,114	145				
jun/97	8,52	23,21	197,7492	5932,476	145				
jul/97	10,47	21,13	221,2311	6636,933	145				
ago/97	12,71	21,58	274,2818	8228,454	145				
set/97	12,35	20,51	253,2985	7598,955	145				
out/97	11,71	21,41	250,7111	7521,333	145				
nov/97	11,04	23,21	256,2384	7687,152	145				
dez/97	11,53	21,41	246,8573	7405,719	145				
jan/98	10,22	22,36	228,5192	6855,576	145				
fev/98	10,33	23,17	239,3461	7180,383	145				
mar/98	10,12	15,19	153,7228	4611,684	145				
abr/98	10,1	17,31	174,831	5244,93	145				
mai/98	10,33	20,09	207,5297	6225,891	145				
jun/98	9,98	19,07	190,3186	5709,558	145				
jul/98	10,07	11,3	113,791	3413,73	145				
ago/98	10,05	16,18	162,609	4878,27	145				

set/98	9,67	14,57	140,8919	4226,757	145				
out/98	9,76	17,37	169,5312	5085,936	145				
nov/98	9,6	18,44	177,024	5310,72	145				
dez/98	9,9	14,56	144,144	4324,32	145				
jan/99	9,77	19,29	188,4633	5653,899	145				
fev/99	9,38	20,47	192,0086	5760,258	145				
mar/99	7,91	18,58	146,9678	4409,034	145				
abr/99	8,74	19,32	168,8568	5065,704	145				
mai/99	8,53	16,33	139,2949	4178,847	145				
jun/99	8,62	17,18	148,0916	4442,748	145				
jul/99	8,45	17,41	147,1145	4413,435	145				
ago/99	9,47	16,02	151,7094	4551,282	145				
set/99	8,25	16,21	133,7325	4011,975	145				
out/99	17,94	13,28	238,2432	7147,296	145				
nov/99	17,96	10,42	187,1432	5614,296	145				
dez/99	17,08	10,5	179,34	5380,2	145				
jan/00	12,91	9,27	119,6757	3590,271	145				
fev/00	16,25	8,49	137,9625	4138,875	145				
mar/00	15,86	10,21	161,9306	4857,918	145				
abr/00	14,36	18,18	261,0648	7831,944	145				
mai/00	11,94	13,43	160,3542	4810,626	145				
jun/00	13,4	12	160,8	4824	145				
jul/00	15,41	7,27	112,0307	3360,921	145				
ago/00	14,81	6,54	96,8574	2905,722	145				
set/00	14,6625	7,55	110,7019	3321,056	145				
out/00	13,3	8,46	112,518	3375,54	145			88	57
nov/00	15,13	9,39	142,0707	4262,121	145			85	60
dez/00	14,91	9,41	140,3031	4209,093	145			89	56
jan/01	14,88	9,43	140,3184	4209,552	145			87	58
fev/01	14,76	11,58	170,9208	5127,624	145				
mar/01	14,88	9,43	140,3184	4209,552	145			87	58
abr/01	14,48	13,54	196,0592	5881,776	145				
mai/01	14,48	13,54	196,0592	5881,776	145				
jun/01	14,43	14,1	203,463	6103,89	145			86	59
jul/01	14,43	14,1	203,463	6103,89	145				
ago/01	13,78	12,31	169,6318	5088,954	145				
set/01	13,93	5,06	70,4858	2114,574	145				
out/01	26,32	11,27	296,6264	8898,792	145				
nov/01	12,5	15,04	188	5640	145				
dez/01	12,08	14,06	169,8448	5095,344	145				
jan/02	15,84	13,25	209,88	6296,4	145				
fev/02	14,02	5,11	71,6422	2149,266	145			90	55
mar/02	8,47	7,23	61,2381	1837,143	145			86,6	58,4
abr/02	13,04	11,4	148,656	4459,68	145				
mai/02	14,34	12,41	177,9594	5338,782	145				
jun/02	14,27	13,1	186,937	5608,11	145				

jul/02	14,04	14,37	201,7548	6052,644	145			88	57
ago/02	14,01	12,54	175,6854	5270,562	145			85	60
set/02	12,57	12,02	151,0914	4532,742	145				
out/02	13,97	15,25	213,0425	6391,275	145				
nov/02	14,62	15,555	227,4141	6822,423	145				
dez/02	13,52	17,45	235,924	7077,72	145				
jan/03	18,42	17,5	322,35	9670,5	145				
fev/03	12,94	19,43	251,4242	7542,726	145				
mar/03	13,23	18,58	245,8134	7374,402	145				
abr/03	9,28	10,02	92,9856	2789,568	145				
mai/03	14,39	15,48	222,7572	6682,716	145				
jun/03	14,47	11,45	165,6815	4970,445	145				
jul/03	14,4	11,17	160,848	4825,44	145				
ago/03	14,11	14,02	197,8222	5934,666	145				
set/03	14,11	14,02	197,8222	5934,666	145				
out/03	13,37	14,45	193,1965	5795,895	145				
nov/03	12,98	15,52	201,4496	6043,488	145				
dez/03	12,82	14,27	182,9414	5488,242	145	77,50	67,5	90	55
jan/04	12,77	17,43	222,5811	6677,433	145	79,00	66	93,5	51,5
fev/04	12,46	15,29	190,5134	5715,402	145	78,00	67	91,4	53,6
mar/04	12,41	16,33	202,6553	6079,659	145	80,00	65	94,2	50,8
abr/04	12,2	16,16	197,152	5914,56	145	80,20	64,8	96	49
mai/04	11,88	14,37	170,7156	5121,468	145	78,50	66,5	93,2	51,8
jun/04	11,93	12,35	147,3355	4420,065	145	76,80	68,2	94	51
jul/04	12,01	12,43	149,2843	4478,529	145	78,00	67	92	53
ago/04	12,13	11,56	140,2228	4206,684	145	79,00	66	93,1	51,9
set/04	12,0125	13,36	160,487	4814,61	145	80,50	64,5	93,7	51,3
out/04	11,98	15,08	180,6584	5419,752	145	79,10	65,9	92,3	52,7
nov/04	11,85	15,18	179,883	5396,49	145	83,00	62	95,5	49,5
dez/04	11,82	18,14	214,4148	6432,444	145	81,00	64	97,3	47,7
jan/05	11,61	17,46	202,7106	6081,318	145	82,00	63	96	49
fev/05	11,39	17,17	195,5663	5866,989	145	83,20	61,8	97,5	47,5
mar/05	11,34	17,21	195,1614	5854,842	145	82,10	62,9	95	50
abr/05	11,27	17,42	196,3234	5889,702	145	82,00	63	95,80	49,2
mai/05	11,33	15,15	171,65	5149,485	145	81,90	63,1	94,50	50,5
jun/05	11,35	14,06	159,58	4787,43	145	82,00	63	96,00	49
jul/05	11,38	13,14	149,53	4485,996	145	82,00	63		
ago/05	11,51	15,37	176,91	5307,261	145	83,00	62	96,10	48,9
set/05	11,60	15,20	176,32	5289,6	145	82,00	63	94,20	50,8
out/05	11,61	16,15	187,50	5625,045	145	83,70	61,3	95,20	49,8
nov/05	11,76	16,46	193,57	5807,088	145	84,00	61	96,00	49
dez/05	11,54	18,06	208,41	6252,372	145	84,60	60,4	97,10	47,9
jan/06	13,83	18,22	251,98	7559,478	145	84,80	60,2	95,50	49,5
fev/06	14,01	18,21	255,12	7653,663	145	85,00	60	98,60	46,4
mar/06	13,62	18,27	248,84	7465,122	145	85,10	59,9	96,30	48,7
abr/06	13,31	17,44	232,13	6963,792	145	85,60	59,4	95,10	49,9
mai/06	13,45	15,33	206,19	6185,655	145	86,20	58,8	98,20	46,8

jun/06	13,58	15,52	210,76	6322,848	145	84,90	60,1	96,30	48,7
jul/06	13,42	16,58	222,50	6675,108	145	82,10	62,9	92,10	52,9
ago/06	13,68	14,54	198,91	5967,216	145	84,70	60,3	95,10	49,9
set/06	13,67	13,34	182,36	5470,734	145	87,10	57,9	97,10	47,9
out/06	13,48	14,31	192,90	5786,964	145	86,70	58,3	96,50	48,5
nov/06	13,45	14,44	194,22	5826,54	145	85,70	59,3	94,20	50,8
dez/06	13,47	17,00	228,99	6869,7	145	86,30	58,7	97,40	47,6
jan/07	13,21	17,10	225,89	6776,565	145	86,70	58,3	99,10	45,9
fev/07	12,73	17,49	222,60	6678,119	145	85,80	59,2	98,70	46,3
mar/07	12,90	16,02	206,73	6201,91	145	86,40	58,6	96,70	48,3
abr/07	13,24	16,12	213,39	6401,736	145	87,00	58	96,10	48,9
mai/07	13,01	16,17	210,35	6310,525	145	85,90	59,1	95,50	49,5
jun/07	12,68	16,00	202,92	6087,52	145	86,20	58,8	95,60	49,4
jul/07	12,77	15,02	191,84	5755,179	145	86,10	58,9	93,20	51,8
ago/07	12,87	15,39	198,11	5943,419	145	86,10	58,9		
set/07	16,88	17,46	294,65	8839,474	145	86,80	58,2	95,50	49,5
out/07	12,68	18,25	231,42	6942,653	145	87,00	58	96,00	49
nov/07	12,59	18,56	233,67	7010,112	145	87,00	58	96,20	48,8
dez/07	12,23	18,21	222,7083	6903,957	145	88	57	97,3	47,7

IV 14	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	----------	---------	------------	------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90	20	16	320	9600	178	97,86	80,14	115	63
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92	20	16	320	9600	174	97,86	76,14	115	59
fev/92			0	0	174				
mar/92			0	0	174				
abr/92			0	0	174				
mai/92			0	0	174				
jun/92			0	0	174				
jul/92			0	0	174				
ago/92			0	0	174				
set/92			0	0	174				
out/92			0	0	174				
nov/92			0	0	174				
dez/92			0	0	174				
jan/93			0	0	174				
fev/93			0	0	174				
mar/93			0	0	174				
abr/93			0	0	174				
mai/93			0	0	174				
jun/93			0	0	174				
jul/93			0	0	174				
ago/93			0	0	174				
set/93			0	0	174				
out/93			0	0	174				
nov/93			0	0	174				
dez/93			0	0	174				
jan/94			0	0	174				
fev/94			0	0	174				
mar/94			0	0	174				
abr/94			0	0	174				

mai/94			0	0	174				
jun/94			0	0	174				
jul/94			0	0	174				
ago/94			0	0	174				
set/94			0	0	174				
out/94			0	0	174				
nov/94			0	0	174				
dez/94			0	0	174				
jan/95			0	0	174				
fev/95			0	0	174				
mar/95			0	0	174				
abr/95			0	0	174				
mai/95			0	0	174				
jun/95			0	0	174				
jul/95			0	0	174				
ago/95			0	0	174				
set/95			0	0	174				
out/95			0	0	174				
nov/95			0	0	174				
dez/95	11,44	23,09	264,1496	7924,488	174				
jan/96	9,98	17,21	171,7558	5152,674	174				
fev/96	9,65	16,12	155,558	4666,74	174				
mar/96	8,66	19,04	164,8864	4946,592	174				
abr/96	15,08	16,21	244,4468	7333,404	174				
mai/96	14,84	18,17	269,6428	8089,284	174				
jun/96	14,62	17,07	249,5634	7486,902	174				
jul/96	14,51	17,29	250,8779	7526,337	174				
ago/96	14,31	17,36	248,4216	7452,648	174				
set/96	14,16	17,39	246,2424	7387,272	174				
out/96	14,15	18,25	258,2375	7747,125	174				
nov/96	14,21	19,37	275,2477	8257,431	174				
dez/96	13,88	17,38	241,2344	7237,032	174				
jan/97	13,99	20,48	286,5152	8595,456	174				
fev/97	13,64	19,15	261,206	7836,18	174				
mar/97	13,72	19	260,68	7820,4	174				
abr/97	13,53	20,31	274,7943	8243,829	174				
mai/97	12,36	19,41	239,9076	7197,228	174				
jun/97	10,63	17,27	183,5801	5507,403	174				
jul/97	10,14	16,34	165,6876	4970,628	174				
ago/97	12,58	18	226,44	6793,2	174				
set/97	12,49	18,13	226,4437	6793,311	174				
out/97	12,27	12,23	150,0621	4501,863	174				
nov/97	12,17	10,47	127,4199	3822,597	174				
dez/97	12,45	15,29	190,3605	5710,815	174				
jan/98	12,26	15,56	190,7656	5722,968	174				
fev/98	12,14	14,25	172,995	5189,85	174				
mar/98	12,54	15,4	193,116	5793,48	174				
abr/98	12,49	14,06	175,6094	5268,282	174				
mai/98	12,75	15,3	195,075	5852,25	174				
jun/98	12,82	16,12	206,6584	6199,752	174				
jul/98	12,59	16,3	205,217	6156,51	174				
ago/98	13,23	14,02	185,4846	5564,538	174				

set/98	13,18	15,51	204,4218	6132,654	174				
out/98	13,09	17,25	225,8025	6774,075	174				
nov/98	12,99	20	259,8	7794	174				
dez/98	12,94	12,52	162,0088	4860,264	174				
jan/99	12,75	12,27	156,4425	4693,275	174				
fev/99	12,97	10,43	135,2771	4058,313	174				
mar/99	13,06	13,46	175,7876	5273,628	174				
abr/99	12,86	10,22	131,4292	3942,876	174				
mai/99	10,39	17,02	176,8378	5305,134	174				
jun/99	12,26	16,32	200,0832	6002,496	174				
jul/99	12,14	18,08	219,4912	6584,736	174				
ago/99	12,2	19,1	233,02	6990,6	174			106	68
set/99	13,07	17,36	226,8952	6806,856	174				
out/99	13,04	18,08	235,7632	7072,896	174				
nov/99	12,87	18,32	235,7784	7073,352	174				
dez/99	14,13	15,06	212,7978	6383,934	174				
jan/00	14,84	15,48	229,7232	6891,696	174				
fev/00	13,81	13,41	185,1921	5555,763	174				
mar/00	13,69	14,04	192,2076	5766,228	174				
abr/00	13,65	14,26	194,649	5839,47	174				
mai/00	13,72	13,08	179,4576	5383,728	174				
jun/00	13,42	12,48	167,4816	5024,448	174				
jul/00	13,51	12,27	165,7677	4973,031	174				
ago/00	13,33	13,33	177,6889	5330,667	174				
set/00	14,1675	13,38	189,5612	5686,835	174				
out/00	15,58	12,58	195,9964	5879,892	174			99,8	74,2
nov/00	14,25	15,34	218,595	6557,85	174			115,5	58,5
dez/00	13,62	16,15	219,963	6598,89	174			120	54
jan/01	13,35	17,15	228,9525	6868,575	174			115	59
fev/01	13,14	17,58	231,0012	6930,036	174				
mar/01	13,35	17,15	228,9525	6868,575	174			115	59
abr/01	12,03	17,28	207,8784	6236,352	174				
mai/01	12,03	17,28	207,8784	6236,352	174				
jun/01	11,38	19,34	220,0892	6602,676	174			115	59
jul/01	11,38	19,34	220,0892	6602,676	174				
ago/01	10,07	17,31	174,3117	5229,351	174				
set/01	10,04	19,5	195,78	5873,4	174				
out/01	10,1	21,58	217,958	6538,74	174			119,3	54,7
nov/01	11,72	22,22	260,4184	7812,552	174				
dez/01	10,44	19,45	203,058	6091,74	174				
jan/02	10,11	19,35	195,6285	5868,855	174				
fev/02	10,01	20,24	202,6024	6078,072	174			110	64
mar/02	10,49	22,1	231,829	6954,87	174			114,2	59,8
abr/02	11,1	22,54	250,194	7505,82	174				
mai/02	9,84	21,14	208,0176	6240,528	174				
jun/02	9,69	20,46	198,2574	5947,722	174				

jul/02	9,92	21,46	212,8832	6386,496	174			121	53
ago/02	12,02	20	240,4	7212	174			129	45
set/02	12,5	20,38	254,75	7642,5	174				
out/02	13,78	20,39	280,9742	8429,226	174				
nov/02	13,4475	20,49	275,5393	8266,178	174				
dez/02	18,71	21,28	398,1488	11944,46	174				
jan/03	8,8	21,17	186,296	5588,88	174				
fev/03	12,15	22,34	271,431	8142,93	174				
mar/03	12,65	19,45	246,0425	7381,275	174				
abr/03	12,27	18,5	226,995	6809,85	174				
mai/03	12,64	19,48	246,2272	7386,816	174				
jun/03	13	18,54	241,02	7230,6	174				
jul/03	12,67	19,15	242,6305	7278,915	174				
ago/03	11,09	20,46	226,9014	6807,042	174				
set/03	11,09	20,46	226,9014	6807,042	174				
out/03	9,73	20,31	197,6163	5928,489	174				
nov/03	9,48	20,18	191,3064	5739,192	174				
dez/03	10,11	19,08	192,8988	5786,964	174	112,80	61,2	123,4	50,6
jan/04	10,18	21,14	215,2052	6456,156	174	114,00	60	125	49
fev/04	16,3	20,23	329,749	9892,47	174	111,00	63	115	59
mar/04	17,11	21,31	364,6141	10938,42	174	112,00	62	117	57
abr/04	16,57	20,58	341,0106	10230,32	174	114,00	60	129	45
mai/04	11,62	16,56	192,4272	5772,816	174	115,80	58,2	127,9	46,1
jun/04	11,42	17	194,14	5824,2	174	114,80	59,2	126,5	47,5
jul/04	9,94	16,35	162,519	4875,57	174	111,30	62,7	125,5	48,5
ago/04	9,17	15,46	141,7682	4253,046	174	113,70	60,3	126,8	47,2
set/04	17,03	12,4	211,172	6335,16	174	112,30	61,7	127,3	46,7
out/04	17,39	15,04	261,5456	7846,368	174	113,70	60,3	126,3	47,7
nov/04	16,97	15,08	255,9076	7677,228	174	120,50	53,5	133,5	40,5
dez/04	16,65	17,52	291,708	8751,24	174	116,50	57,5	138,2	35,8
jan/05	16,74	18,17	304,1658	9124,974	174	118,00	56	134	40
fev/05	14,82	16,11	238,7502	7162,506	174	117,15	56,85	126	48
mar/05	15,1	14,04	212,004	6360,12	174	116,80	57,2	127,8	46,2
abr/05	15,16	12,2	184,952	5548,56	174	119,00	55	126	48
mai/05	14,87	11,31	168,1797	5045,391	174	117,00	57	126,00	48,00
jun/05	14,76	13,26	195,7176	5871,528	174	118,10	55,9	124,00	50,00
jul/05	14,57	11,43	166,5351	4996,053	174	118,90	55,1	123,50	50,50
ago/05	14,52	12,00	174,24	5227,2	174	117,10	56,9	124,00	50,00
set/05	14,54	11,48	166,9192	5007,576	174	115,90	58,1	125,10	48,90
out/05	14,69	12,58	184,8002	5544,006	174	117,80	56,2	125,00	49,00
nov/05	14,61	17,00	248,37	7451,1	174	115,70	58,3	130,00	44,00
dez/05	14,58	18,10	263,898	7916,94	174	118,00	56	126,00	48,00
jan/06	14,55	20,23	294,3465	8830,395	174	118,50	55,5	129,00	45,00
fev/06	14,59	18,19	265,3921	7961,763	174	120,00	54	127,80	46,20
mar/06	13,02	15,56	202,5912	6077,736	174	119,40	54,6	124,60	49,40
abr/06	12,03	22,58	271,6374	8149,122	174	121,00	53	131,20	42,80
mai/06	9,29	17,37	161,3673	4841,019	174	121,50	52,5	128,10	45,90

jun/06	14,69	13,58	199,4902	5984,706	174	121,00	53	130,20	43,80
jul/06	14,17	19,15	271,3555	8140,665	174	121,70	52,3	129,60	44,40
ago/06	14,26	21,58	307,7308	9231,924	174	120,10	53,9	128,70	45,30
set/06	14,10	20,08	283,128	8493,84	174	121,10	52,9	129,40	44,60
out/06	14,04	20,23	284,0292	8520,876	174	120,80	53,2	131,20	42,80
nov/06	13,21	18,58	245,4418	7363,254	174	121,20	52,8	130,20	43,80
dez/06	13,04	20,02	261,0608	7831,824	174	122,00	52	131,40	42,60
jan/07	5,53	19,29	106,5965	3197,896	174	118,00	56	132,00	42,00
fev/07	17,23	20,19	347,9602	10438,81	174	119,30	54,7	128,20	45,80
mar/07	17,28	15,31	264,5914	7937,741	174	118,15	55,85	130,10	43,90
abr/07	17,00	18,00	306,03	9180,9	174	118,00	56	139,20	34,80
mai/07	16,89	17,54	296,2336	8887,009	174	118,50	55,5	137,80	36,20
jun/07	16,82	16,48	277,1936	8315,808	174	118,20	55,8	136,80	37,20
jul/07	16,79	17,52	294,1608	8824,824	174	118,00	56	138,20	35,80
ago/07	16,86	14,41	242,9991	7289,973	174	118,00	56	138,00	36,00
set/07	16,78	16,38	274,8182	8244,545	174	118,20	55,8		
out/07	16,62	18,17	301,9795	9059,386	174	118,60	55,4	137,60	36,40
nov/07	16,35	21,32	348,6531	10459,59	174	118,70	55,3	138,00	36,00
dez/07	16,25	21,04	341,9	10598,9	174	118,1	55,9	137,40	36,60

IV 15	Q (m³/h)	tem/bom	Q (m³/dia)	Q (m³/mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	-------------	---------	---------------	---------------	-------------	-----------	-------------	-----------	-------------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92	20	16	320	9600	130	64,89	65,11	86	44
fev/92			0	0	130				
mar/92			0	0	130				
abr/92			0	0	130				
mai/92			0	0	130				
jun/92			0	0	130				
jul/92			0	0	130				
ago/92			0	0	130				
set/92			0	0	130				
out/92			0	0	130				
nov/92			0	0	130				
dez/92			0	0	130				
jan/93			0	0	130				
fev/93			0	0	130				
mar/93			0	0	130				
abr/93			0	0	130				
mai/93			0	0	130				
jun/93			0	0	130				
jul/93			0	0	130				
ago/93			0	0	130				
set/93			0	0	130				
out/93			0	0	130				
nov/93			0	0	130				
dez/93			0	0	130				
jan/94			0	0	130				
fev/94			0	0	130				
mar/94			0	0	130				
abr/94			0	0	130				

mai/94			0	0	130				
jun/94			0	0	130				
jul/94			0	0	130				
ago/94			0	0	130				
set/94			0	0	130				
out/94			0	0	130				
nov/94			0	0	130				
dez/94			0	0	130				
jan/95			0	0	130				
fev/95			0	0	130				
mar/95			0	0	130				
abr/95			0	0	130				
mai/95			0	0	130				
jun/95			0	0	130				
jul/95			0	0	130				
ago/95			0	0	130				
set/95			0	0	130				
out/95			0	0	130				
nov/95			0	0	130				
dez/95	20,23	23,48	475,0004	14250,01	130				
jan/96	20,07	19,25	386,3475	11590,43	130				
fev/96	20,07	17,51	351,4257	10542,77	130				
mar/96	20,21	18	363,78	10913,4	130				
abr/96	20,11	18,03	362,5833	10877,5	130				
mai/96	19,72	18,31	361,0732	10832,2	130				
jun/96	19,61	22,37	438,6757	13160,27	130				
jul/96	19,47	22,07	429,7029	12891,09	130				
ago/96	19,34	21,42	414,2628	12427,88	130				
set/96	19,21	22,27	427,8067	12834,2	130				
out/96	19,13	22,34	427,3642	12820,93	130				
nov/96	19,03	21,37	406,6711	12200,13	130				
dez/96	18,92	23,44	443,4848	13304,54	130				
jan/97	19,48	23,51	457,9748	13739,24	130				
fev/97	18,63	23,38	435,5694	13067,08	130				
mar/97	18,41	23,42	431,1622	12934,87	130				
abr/97	18,29	23,37	427,4373	12823,12	130				
mai/97	18,21	23,21	422,6541	12679,62	130				
jun/97	18,23	23,59	430,0457	12901,37	130				
jul/97	18,07	23,59	426,2713	12788,14	130				
ago/97	18,04	23	414,92	12447,6	130				
set/97	18,47	17,21	317,8687	9536,061	130				
out/97	17,91	20,38	365,0058	10950,17	130				
nov/97	17,14	20,15	345,371	10361,13	130				
dez/97	17,95	23,47	421,2865	12638,6	130				
jan/98	18,84	19,07	359,2788	10778,36	130				
fev/98	18,02	20,08	361,8416	10855,25	130				
mar/98	17,87	22,32	398,8584	11965,75	130				
abr/98	17,42	21,55	375,401	11262,03	130				
mai/98	17,31	20,38	352,7778	10583,33	130				
jun/98	17,37	17	295,29	8858,7	130				
jul/98	17,31	18,32	317,1192	9513,576	130				
ago/98	16,97	21,27	360,9519	10828,56	130				

set/98	16,96	20,5367	348,3019	10449,06	130				
out/98	16,598	22,02	365,488	10964,64	130				
nov/98	15,95	22,58	360,151	10804,53	130				
dez/98	15,34	21,02	322,4468	9673,404	130				
jan/99	14,61	21,04	307,3944	9221,832	130				
fev/99	12,82	19,28	247,1696	7415,088	130				
mar/99	17,31	15,56	269,3436	8080,308	130				
abr/99	19,05	15,22	289,941	8698,23	130				
mai/99	19,25	14,46	278,355	8350,65	130				
jun/99	18,88	15,44	291,5072	8745,216	130				
jul/99	20,41	13,39	273,2899	8198,697	130				
ago/99	18,75	17,45	327,1875	9815,625	130				
set/99	18,76	17,42	326,7992	9803,976	130				
out/99	18,37	18,04	331,3948	9941,844	130				
nov/99	18,08	21,22	383,6576	11509,73	130				
dez/99	18,05	20,19	364,4295	10932,89	130				
jan/00	17,76	20,15	357,864	10735,92	130				
fev/00	17,87	18,58	332,0246	9960,738	130				
mar/00	18,25	17,31	315,9075	9477,225	130				
abr/00	18,24	18,12	330,5088	9915,264	130				
mai/00	19,29	16,12	310,9548	9328,644	130				
jun/00	18,88	17,32	327,0016	9810,048	130				
jul/00	18,22	18,33	333,9726	10019,18	130				
ago/00	18,41	17,15	315,7315	9471,945	130				
set/00	18,0325	17,585	317,1015	9513,045	130				
out/00	18,03	16,48	297,1344	8914,032	130			120	10
nov/00	17,47	18,38	321,0986	9632,958	130			125	5
dez/00	17,39	19,21	334,0619	10021,86	130			128	2
jan/01	17,32	19,25	333,41	10002,3	130			120	10
fev/01	17,34	18,34	318,0156	9540,468	130				
mar/01	17,32	19,25	333,41	10002,3	130			120	10
abr/01	17,06	19,44	331,6464	9949,392	130				
mai/01	17,06	19,44	331,6464	9949,392	130				
jun/01	16,99	19,02	323,1498	9694,494	130			121	9
jul/01	16,99	19,02	323,1498	9694,494	130				
ago/01	16,95	18,04	305,778	9173,34	130				
set/01	17,05	18,3	312,015	9360,45	130				
out/01	16,76	20,31	340,3956	10211,87	130			127	3
nov/01	16,5	22,14	365,31	10959,3	130				
dez/01	16,26	21,23	345,1998	10355,99	130				
jan/02	15,79	21,27	335,8533	10075,6	130				
fev/02	15,45	21,54	332,793	9983,79	130			122	8
mar/02	16,81	23,41	393,5221	11805,66	130			124	6
abr/02	14,89	23,48	349,6172	10488,52	130				
mai/02	14,45	23,25	335,9625	10078,88	130				
jun/02	14,5	22,44	325,38	9761,4	130				

jul/02	13,9	22,48	312,472	9374,16	130			109,5	20,5
ago/02	11,01	21,46	236,2746	7088,238	130			107	23
set/02	8,67	20,46	177,3882	5321,646	130			99,5	30,5
out/02	17,4	19,23	334,602	10038,06	130			117,8	12,2
nov/02	15,005	21,0625	316,0428	9481,284	130				
dez/02	16,86	22,25	375,135	11254,05	130				
jan/03	17,09	22,31	381,2779	11438,34	130				
fev/03	16,7	23,09	385,603	11568,09	130				
mar/03	16,67	22,46	374,4082	11232,25	130				
abr/03	16,6	20,1	333,66	10009,8	130				
mai/03	17,45	19,37	338,0065	10140,2	130				
jun/03	16,55	19,25	318,5875	9557,625	130				
jul/03	16,75	19,29	323,1075	9693,225	130				
ago/03	16,51	20,5	338,455	10153,65	130				
set/03	16,51	20,5	338,455	10153,65	130				
out/03	16,07	21,35	343,0945	10292,84	130				
nov/03	16,17	21,42	346,3614	10390,84	130				
dez/03	16,3	21,06	343,278	10298,34	130	98,00	32	124,30	5,7
jan/04	16,36	21	343,56	10306,8	130	99,00	31	124,80	5,2
fev/04	16,17	21,5	347,655	10429,65	130	97,00	33	124,00	6
mar/04	16,04	21,48	344,5392	10336,18	130	97,00	33	124,90	5,1
abr/04	15,89	21,44	340,6816	10220,45	130	97,20	32,8	124,50	5,5
mai/04	16,62	20	332,4	9972	130	97,00	33	123,80	6,2
jun/04	16	19,14	306,24	9187,2	130	97,50	32,5	124,10	5,9
jul/04	14,32	20	286,4	8592	130	97,00	33	124,00	6
ago/04	15,25	17,17	261,8425	7855,275	130	98,00	32	124,50	5,5
set/04	16,16	18,54	299,6064	8988,192	130	97,50	32,5	124,00	6
out/04	16,14	18,5	298,59	8957,7	130	98,00	32	123,30	6,7
nov/04	16,16	18,38	297,0208	8910,624	130	96,50	33,5	124,15	5,85
dez/04	16,7	18,41	307,447	9223,41	130	97,50	32,5	130,50	-0,5
jan/05	16,75	21,31	356,9425	10708,28	130	96,50	33,5	130,40	-0,4
fev/05	16,4	21,43	351,452	10543,56	130	97,00	33	130,50	-0,5
mar/05	16,39	20,48	335,6672	10070,02	130	96,50	33,5	130,00	0
abr/05	16,03	18,28	293,0284	8790,852	130	95,70	34,3	130,00	0
mai/05	16,34	18,15	296,57	8897,13	130	95,50	34,5	128,30	1,7
jun/05	15,99	17,22	275,35	8260,434	130	96,10	33,9	129,00	1
jul/05	15,60	15,45	241,02	7230,6	130	95,00	35	127,20	2,8
ago/05	15,81	15,56	246,00	7380,108	130	96,80	33,2	126,60	3,4
set/05	15,75	17,30	272,48	8174,25	130	97,00	33	125,60	4,4
out/05	15,81	16,52	261,18	7835,436	130	98,80	31,2	129,20	0,8
nov/05	16,79	17,24	289,46	8683,788	130	98,00	32	128,00	2
dez/05	15,57	18,46	287,42	8622,666	130	99,00	31	129,00	1
jan/06	15,34	17,23	264,31	7929,246	130	99,00	31	130,00	0
fev/06	14,95	15,51	231,87	6956,235	130	97,80	32,2	130,20	-0,2
mar/06	14,62	16,35	239,04	7171,11	130	98,20	31,8	130,10	-0,1
abr/06	14,32	17,16	245,73	7371,936	130	98,50	31,5	130,50	-0,5
mai/06	14,63	15,25	223,11	6693,225	130	100,50	29,5	129,90	0,1

jun/06	15,49	7,46	115,56	3466,662	130	98,70	31,3	129,60	0,4
jul/06	15,28	12,08	184,58	5537,472	130	112,00	18	131,10	-1,1
ago/06	12,08	17,37	209,83	6294,888	130	98,10	31,9	129,40	0,6
set/06	11,32	17,24	195,16	5854,704	130	100,10	29,9	129,90	0,1
out/06	11,94	19,37	231,28	6938,334	130	99,50	30,5	130,20	-0,2
nov/06	12,22	18,38	224,60	6738,108	130	110,20	19,8	134,10	-4,1
dez/06	12,81	18,15	232,50	6975,045	130	99,10	30,9	130,50	-0,5
jan/07	13,01	18,19	236,57	7097,093	130	100,20	29,8	130,20	-0,2
fev/07	13,20	20,25	267,29	8018,783	130	99,50	30,5	130,80	-0,8
mar/07	13,47	17,23	232,03	6960,809	130	97,70	32,3	129,80	0,2
abr/07	13,32	17,56	233,88	7016,449	130	97,00	33	128,60	1,4
mai/07	13,57	17,56	238,23	7146,977	130	96,90	33,1	128,00	2
jun/07	13,51	18,42	248,92	7467,652	130	97,10	32,9	129,40	0,6
jul/07	13,62	17,48	238,03	7140,975	130	97,00	33	128,70	1,3
ago/07	13,99	15,56	217,73	6532,038	130	97,00	33	128,70	
set/07	13,79	16,34	225,25	6757,407	130	97,20	32,8	129,40	0,6
out/07	13,30	17,08	227,16	6814,755	130	97,00	33	128,50	1,5
nov/07	12,98	18,20	236,31	7089,446	130	97,00	33	129,10	0,9
dez/07	13,14	17,08	224,4312	6957,367	130	96,9	33,1	127,8	2,2

IV 18	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	-----------------------	---------	-------------------------	-------------------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92			0	0			0		0
fev/92			0	0			0		0
mar/92			0	0			0		0
abr/92			0	0			0		0
mai/92			0	0			0		0
jun/92			0	0			0		0
jul/92			0	0			0		0
ago/92			0	0			0		0
set/92			0	0			0		0
out/92			0	0			0		0
nov/92			0	0			0		0
dez/92			0	0			0		0
jan/93			0	0			0		0
fev/93			0	0			0		0
mar/93			0	0			0		0
abr/93			0	0			0		0
mai/93			0	0			0		0
jun/93			0	0			0		0
jul/93			0	0			0		0
ago/93			0	0			0		0
set/93			0	0			0		0
out/93			0	0			0		0
nov/93			0	0			0		0
dez/93			0	0			0		0
jan/94			0	0			0		0
fev/94			0	0			0		0
mar/94			0	0			0		0
abr/94			0	0			0		0

mai/94			0	0			0		0
jun/94			0	0			0		0
jul/94			0	0			0		0
ago/94			0	0			0		0
set/94			0	0			0		0
out/94			0	0			0		0
nov/94			0	0			0		0
dez/94			0	0			0		0
jan/95			0	0			0		0
fev/95			0	0			0		0
mar/95			0	0			0		0
abr/95			0	0			0		0
mai/95			0	0			0		0
jun/95			0	0			0		0
jul/95			0	0			0		0
ago/95			0	0			0		0
set/95			0	0			0		0
out/95			0	0			0		0
nov/95			0	0			0		0
dez/95			0	0			0		0
jan/96			0	0			0		0
fev/96			0	0			0		0
mar/96			0	0			0		0
abr/96			0	0			0		0
mai/96			0	0			0		0
jun/96	18	16	288	8640	143	73,05	69,95		
jul/96			0	0	143				
ago/96			0	0	143				
set/96			0	0	143				
out/96			0	0	143				
nov/96			0	0	143				
dez/96			0	0	143				
jan/97			0	0	143				
fev/97			0	0	143				
mar/97			0	0	143				
abr/97			0	0	143				
mai/97			0	0	143				
jun/97			0	0	143				
jul/97			0	0	143				
ago/97			0	0	143				
set/97			0	0	143				
out/97			0	0	143				
nov/97			0	0	143				
dez/97	18,17	13,49	245,113	7353,399	143				
jan/98	18,52	14,48	268,17	8045,088	143				
fev/98	17,24	17,47	301,183	9035,484	143				
mar/98	16,72	20,27	338,914	10167,432	143				
abr/98	16,99	16,36	277,956	8338,692	143				
mai/98	16,86	16,39	276,335	8290,062	143				
jun/98	16,83	15,07	253,628	7608,843	143				
jul/98	16,87	14,4	242,928	7287,84	143				
ago/98	20,05	7,33	146,967	4408,995	143				

set/98	18,17	10,0133	181,942	5458,268	143				
out/98	17,587	8,31	146,148	4384,4391	143				
nov/98	17,22	12,06	207,673	6230,196	143				
dez/98	16,97	13,5	229,095	6872,85	143				
jan/99	17,23	11,31	194,871	5846,139	143				
fev/99	17,73	9,26	164,18	4925,394	143				
mar/99	15,92	16,12	256,63	7698,912	143				
abr/99	17,11	12,4	212,164	6364,92	143				
mai/99	16,86	12,33	207,884	6236,514	143				
jun/99	16,95	12,44	210,858	6325,74	143				
jul/99	16,77	14,54	243,836	7315,074	143				
ago/99	16,58	16,56	274,565	8236,944	143				
set/99	16,83	15,52	261,202	7836,048	143				
out/99	16,77	13,04	218,681	6560,424	143				
nov/99	16,73	12,26	205,11	6153,294	143				
dez/99	16,28	16,25	264,55	7936,5	143				
jan/00	15,26	16,14	246,296	7388,892	143				
fev/00	14,58	12,46	181,667	5450,004	143				
mar/00	13,45	12,04	161,938	4858,14	143				
abr/00	12,26	14,54	178,26	5347,812	143				
mai/00	11,27	16,06	180,996	5429,886	143				
jun/00	15,16	15,46	234,374	7031,208	143				
jul/00	17,11	9,27	158,61	4758,291	143				
ago/00	17,24	8,15	140,506	4215,18	143				
set/00	16,8025	10,2825	172,772	5183,1512	143				
out/00	16,81	10,35	173,984	5219,505	143			130	13
nov/00	16,05	13,36	214,428	6432,84	143			131	12
dez/00	16,12	12,43	200,372	6011,148	143			115	28
jan/01	16,27	11,45	186,292	5588,745	143			146	-3
fev/01	16,11	12,02	193,642	5809,266	143				
mar/01	16,27	11,45	186,292	5588,745	143			146	-3
abr/01	15,84	14,08	223,027	6690,816	143				
mai/01	15,84	14,08	223,027	6690,816	143				
jun/01	15,7	14,1	221,37	6641,1	143			136	7
jul/01	15,7	14,1	221,37	6641,1	143				
ago/01	15,66	13,04	204,206	6126,192	143				
set/01	15,57	14,08	219,226	6576,768	143				
out/01	15,43	14,52	224,044	6721,308	143			140	3
nov/01	15,18	16,3	247,434	7423,02	143				
dez/01	15,08	17,27	260,432	7812,948	143				
jan/02	15,32	13,54	207,433	6222,984	143				
fev/02	15,19	15,58	236,66	7099,806	143			139	4
mar/02	14,85	17,48	259,578	7787,34	143			142	1
abr/02	15,1	15,26	230,426	6912,78	143				
mai/02	15,16	14,19	215,12	6453,612	143				
jun/02	15,06	15,02	226,201	6786,036	143				

jul/02	15,07	15,12	227,858	6835,752	143			135	8
ago/02	15,07	15,12	227,858	6835,752	143			138,8	4,2
set/02	14,97	15,14	226,646	6799,374	143				
out/02	14,96	15,12	226,195	6785,856	143			139	4
nov/02	14,905	16,205	241,536	7246,0658	143				
dez/02	14,9	17,02	253,598	7607,94	143				
jan/03	14,79	17,54	259,417	7782,498	143				
fev/03	14,56	20,24	294,694	8840,832	143				
mar/03	14,41	20,04	288,776	8663,292	143				
abr/03	14,49	17,02	246,62	7398,594	143				
mai/03	14,68	15,35	225,338	6760,14	143				
jun/03	14,54	14,25	207,195	6215,85	143				
jul/03	14,8	12,36	182,928	5487,84	143				
ago/03	14,74	13,41	197,663	5929,902	143				
set/03	14,74	13,41	197,663	5929,902	143				
out/03	14,56	14,21	206,898	6206,928	143				
nov/03	14,41	16,02	230,848	6925,446	143				
dez/03	14,32	16,1	230,552	6916,56	143	86,00	57	137,4	5,6
jan/04	14,39	17,31	249,091	7472,727	143	90,00	53	137,9	5,1
fev/04	14,16	17,27	244,543	7336,296	143	88,00	55	138,1	4,9
mar/04	14,2	17,02	241,684	7250,52	143	88,00	55	138,8	4,2
abr/04	14,12	16,54	233,545	7006,344	143	87,50	55,5	138,3	4,7
mai/04	14,21	15,46	219,687	6590,598	143	88,20	54,8	136,7	6,3
jun/04	14,09	15,37	216,563	6496,899	143	87,00	56	137	6
jul/04	14,13	15,56	219,863	6595,884	143	86,00	57	138	5
ago/04	14,15	15	212,25	6367,5	143	88,00	55	137,2	5,8
set/04	14,13	15,02	212,233	6366,978	143	86,00	57	138	5
out/04	14,16	15,04	212,966	6388,992	143	88,30	54,7	136,7	6,3
nov/04	14,16	14,58	206,453	6193,584	143	88,20	54,8	148,2	-5,2
dez/04	14,16	15,19	215,09	6452,712	143	85,00	58	146	-3
jan/05	13,78	19,06	262,647	7879,404	143	89,00	54	145,1	-2,1
fev/05	13,86	17,19	238,253	7147,602	143	87,00	56	137,2	5,8
mar/05	13,86	16,58	229,799	6893,964	143	86,50	56,5	136,4	6,6
abr/05	13,91	16,4	228,124	6843,72	143	86,10	56,9	136	7
mai/05	13,79	16,35	225,467	6763,995	143	86,50	56,5	135,50	7,5
jun/05	13,69	17,02	233,004	6990,114	143	86,30	56,7	136,10	6,9
jul/05	13,68	16,08	219,974	6599,232	143	86,30	56,7		
ago/05	13,75	15,37	211,338	6340,125	143	86,00	57	133,80	9,2
set/05	13,73	15,54	213,364	6400,926	143	85,00	58	134,60	8,4
out/05	13,74	15,56	213,794	6413,832	143	85,20	57,8	132,50	10,5
nov/05	13,65	15,58	212,667	6380,01	143	85,00	58	133,10	9,9
dez/05	13,54	15,58	210,953	6328,596	143	86,10	56,9	133,40	9,6
jan/06	13,65	15,45	210,893	6326,775	143	87,50	55,5	143,20	-0,2
fev/06	13,56	15,56	210,994	6329,808	143	86,50	56,5	143,10	-0,1
mar/06	13,47	16,54	222,794	6683,814	143	86,10	56,9	139,40	3,6
abr/06	13,24	18,48	244,675	7340,256	143	86,90	56,1	135,70	7,3
mai/06	13,13	18,35	240,936	7228,065	143	87,20	55,8	138,40	4,6

jun/06	13,36	15,56	207,882	6236,448	143	86,60	56,4	136,80	6,2
jul/06	13,25	16,19	214,518	6435,525	143	86,20	56,8	137,80	5,2
ago/06	13,30	16,02	213,066	6391,98	143	86,10	56,9	135,10	7,9
set/06	13,22	15,56	205,703	6171,096	143	87,20	55,8	139,10	3,9
out/06	12,40	15,48	191,952	5758,56	143	88,00	55	140,50	2,5
nov/06	13,18	15,54	204,817	6144,516	143	87,40	55,6	138,70	4,3
dez/06	13,29	16,00	212,64	6379,2	143	87,30	55,7	144,50	-1,5
jan/07	13,13	15,58	204,606	6138,1682	143	87,70	55,3	146,70	-3,7
fev/07	13,18	16,15	212,817	6384,4988	143	86,60	56,4	145,80	-2,8
mar/07	13,16	15,54	204,547	6136,3951	143	88,30	54,7	141,40	1,6
abr/07	13,12	15,44	202,593	6077,8016	143	87,90	55,1	142,80	0,2
mai/07	13,07	15,52	202,816	6084,4908	143	88,00	55	142,00	1
jun/07	13,02	15,32	199,497	5984,9112	143	88,40	54,6	143,50	-0,5
jul/07	12,84	16,00	205,394	6161,8065	143	89,00	54	143,40	-0,4
ago/07	12,90	15,56	200,654	6019,6119	143	89,00	54		
set/07	12,91	15,56	200,916	6027,4772	143	89,20	53,8	146,10	-3,1
out/07	11,98	15,15	181,531	5445,9363	143	89,00	54	145,20	-2,2
nov/07	12,85	15,56	199,889	5996,6684	143	87,00	56	145,30	-2,3
dez/07	12,63	18,45	233,024	6990,705	143	89,3	53,7	147,1	-4,1

IV 19	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	--------------------------	---------	----------------------------	----------------------------	----------	--------	-------------	--------	-------------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92			0	0			0		0
fev/92			0	0			0		0
mar/92			0	0			0		0
abr/92			0	0			0		0
mai/92			0	0			0		0
jun/92			0	0			0		0
jul/92			0	0			0		0
ago/92			0	0			0		0
set/92			0	0			0		0
out/92			0	0			0		0
nov/92			0	0			0		0
dez/92			0	0			0		0
jan/93			0	0			0		0
fev/93			0	0			0		0
mar/93			0	0			0		0
abr/93			0	0			0		0
mai/93			0	0			0		0
jun/93			0	0			0		0
jul/93			0	0			0		0
ago/93			0	0			0		0
set/93			0	0			0		0
out/93			0	0			0		0
nov/93			0	0			0		0
dez/93			0	0			0		0
jan/94			0	0			0		0
fev/94			0	0			0		0
mar/94			0	0			0		0
abr/94			0	0			0		0

mai/94			0	0			0		0
jun/94			0	0			0		0
jul/94			0	0			0		0
ago/94			0	0			0		0
set/94			0	0			0		0
out/94			0	0			0		0
nov/94			0	0			0		0
dez/94			0	0			0		0
jan/95			0	0			0		0
fev/95			0	0			0		0
mar/95			0	0			0		0
abr/95			0	0			0		0
mai/95			0	0			0		0
jun/95			0	0			0		0
jul/95			0	0			0		0
ago/95			0	0			0		0
set/95			0	0			0		0
out/95			0	0			0		0
nov/95			0	0			0		0
dez/95			0	0			0		0
jan/96			0	0			0		0
fev/96			0	0			0		0
mar/96			0	0			0		0
abr/96			0	0			0		0
mai/96			0	0			0		0
jun/96			0	0			0		0
jul/96			0	0			0		0
ago/96			0	0			0		0
set/96			0	0			0		0
out/96			0	0			0		0
nov/96			0	0			0		0
dez/96			0	0			0		0
jan/97	18	16	288	8640	182	97,4	84,6	120	62
fev/97			0	0	182				
mar/97			0	0	182				
abr/97			0	0	182				
mai/97			0	0	182				
jun/97			0	0	182				
jul/97	13,85	16	221,6	6648	182				
ago/97	11,45	18,42	210,909	6327,27	182				
set/97	10,42	21,24	221,3208	6639,624	182				
out/97	10,04	17,32	173,8928	5216,784	182				
nov/97	9,38	22,15	207,767	6233,01	182				
dez/97	7,66	21,54	164,9964	4949,892	182				
jan/98	7,87	16,15	127,1005	3813,015	182				
fev/98	7,68	15,23	116,9664	3508,992	182				
mar/98	7,7	18,3	140,91	4227,3	182				
abr/98	7,56	15,43	116,6508	3499,524	182				
mai/98	7,8	18,36	143,208	4296,24	182				
jun/98	7,5	18,06	135,45	4063,5	182				
jul/98	7,26	15,11	109,6986	3290,958	182				
ago/98	7,17	8,04	57,6468	1729,404	182				

set/98	9,57	10,5133	100,6126	3018,378	182				
out/98	12,056	8,39	101,1498	3034,4952	182				
nov/98	12,07	8,38	101,1466	3034,398	182				
dez/98	9,79	11,46	112,1934	3365,802	182				
jan/99	8,95	11,33	101,4035	3042,105	182				
fev/99	8,72	11,12	96,9664	2908,992	182				
mar/99	8,7	12,21	106,227	3186,81	182				
abr/99	9,4	10,5	98,7	2961	182				
mai/99	9,3	14,1	131,13	3933,9	182				
jun/99	9,38	14,54	136,3852	4091,556	182				
jul/99	9,29	16,25	150,9625	4528,875	182				
ago/99	8,46	17,04	144,1584	4324,752	182				
set/99	12,7	14,02	178,054	5341,62	182				
out/99	11,87	13,37	158,7019	4761,057	182				
nov/99	11,94	10,08	120,3552	3610,656	182				
dez/99	11,9	17,08	203,252	6097,56	182				
jan/00	11,8	14,15	166,97	5009,1	182				
fev/00	11,96	9,46	113,1416	3394,248	182				
mar/00	11,9	11,21	133,399	4001,97	182				
abr/00	12	20,24	242,88	7286,4	182				
mai/00	15,95	20,06	319,957	9598,71	182				
jun/00	16,21	17,18	278,4878	8354,634	182				
jul/00	16,5	7,14	117,81	3534,3	182				
ago/00	15,99	10,35	165,4965	4964,895	182				
set/00	15,29	10,44	159,6276	4788,828	182				
out/00	14,54	13,43	195,2722	5858,166	182			116	66
nov/00	14,13	12	169,56	5086,8	182			116,4	65,6
dez/00	14,15	10,52	148,858	4465,74	182			113,2	68,8
jan/01	14,13	12,33	174,2229	5226,687	182				
fev/01	13,64	11,33	154,5412	4636,236	182				
mar/01	14,13	12,33	174,2229	5226,687	182			112	70
abr/01	11,37	14	159,18	4775,4	182				
mai/01	11,37	14	159,18	4775,4	182				
jun/01	10,85	14	151,9	4557	182			114	68
jul/01	10,85	14	151,9	4557	182				
ago/01	11	12,14	133,54	4006,2	182				
set/01	9,05	14,58	131,949	3958,47	182				
out/01	8,54	15,29	130,5766	3917,298	182			113	69
nov/01	7,75	16,44	127,41	3822,3	182				
dez/01	4,67	15,04	70,2368	2107,104	182				
jan/02	16,85	12,27	206,7495	6202,485	182				
fev/02	12,9	14	180,6	5418	182			113	69
mar/02	11,93	15	178,95	5368,5	182			110,5	71,5
abr/02	12,25	13,5	165,375	4961,25	182				
mai/02	11,77	13,39	157,6003	4728,009	182				
jun/02	11,55	14,38	166,089	4982,67	182				

jul/02	13	14,27	185,51	5565,3	182			99	83
ago/02	12,96	15,17	196,6032	5898,096	182			105	77
set/02	12,96	15,52	201,1392	6034,176	182				
out/02	12,46	14,21	177,0566	5311,698	182				
nov/02	12,55	16,0825	201,8354	6055,0613	182				
dez/02	12,49	17,35	216,7015	6501,045	182				
jan/03	12,28	17,25	211,83	6354,9	182				
fev/03	11,97	19,41	232,3377	6970,131	182				
mar/03	11,91	19,21	228,7911	6863,733	182				
abr/03	11,68	16,56	193,4208	5802,624	182				
mai/03	12,86	16,15	207,689	6230,67	182				
jun/03	10,93	10,41	113,7813	3413,439	182				
jul/03	15,87	12,14	192,6618	5779,854	182				
ago/03	15,64	14,06	219,8984	6596,952	182				
set/03	15,64	14,06	219,8984	6596,952	182				
out/03	15,87	16,15	256,3005	7689,015	182				
nov/03	15,86	16,26	257,8836	7736,508	182				
dez/03	15,83	15,21	240,7743	7223,229	182	106,00	76	121	61
jan/04	15,66	18,25	285,795	8573,85	182	106,90	75,1	121,9	60,1
fev/04	15,59	15,31	238,6829	7160,487	182	106,50	75,5	120,6	61,4
mar/04	16,18	17,04	275,7072	8271,216	182	105,70	76,3	120,6	61,4
abr/04	14,75	17	250,75	7522,5	182	106,20	75,8	121	61
mai/04	14,8	15,15	224,22	6726,6	182	104,80	77,2	120	62
jun/04	14,7	12,5	183,75	5512,5	182	104,00	78	119,6	62,4
jul/04	14,64	12,48	182,7072	5481,216	182	104,00	78	120,1	61,9
ago/04	14,64	11,54	168,9456	5068,368	182	105,00	77	120	62
set/04	14,45	14	202,3	6069	182	105,70	76,3	121,3	60,7
out/04	14,24	15,06	214,4544	6433,632	182	104,80	77,2	119,7	62,3
nov/04	14,03	15,56	218,3068	6549,204	182	105,40	76,6	121,6	60,4
dez/04	13,74	18,41	252,9534	7588,602	182	105,90	76,1	120	62
jan/05	13,81	17,37	239,8797	7196,391	182	105,90	76,1	118,8	63,2
fev/05	13,73	17,45	239,5885	7187,655	182	104,50	77,5	117	65
mar/05	13,66	17,27	235,9082	7077,246	182	104,10	77,9	117,8	64,2
abr/05	13,21	16,46	217,4366	6523,098	182	104,30	77,7	118	64
mai/05	13,20	15,14	199,85	5995,44	182	104,40	77,6	117,20	64,8
jun/05	13,28	14,06	186,72	5601,504	182	104,10	77,9	116,80	65,2
jul/05	13,39	13,10	175,41	5262,27	182	104,10	77,9		
ago/05	13,63	15,02	204,72	6141,678	182	104,70	77,3	116,50	65,5
set/05	13,56	15,14	205,30	6158,952	182	104,10	77,9	116,80	65,2
out/05	13,45	16,27	218,83	6564,945	182	104,60	77,4	117,10	64,9
nov/05	13,29	17,08	226,99	6809,796	182	104,70	77,3	116,00	66
dez/05	13,13	18,12	237,92	7137,468	182	105,00	77	117,70	64,3
jan/06	12,93	18,56	239,98	7598,00	182	105,60	76,4	117,70	64,3
fev/06	12,92	18,28	236,18	6680,00	182	104,70	77,3	119,10	62,9
mar/06	12,87	18,25	234,88	7350,00	182	105,20	76,8	117,90	64,1
abr/06	12,55	18,12	227,41	6847,00	182	105,50	76,5	118,40	63,6
mai/06	12,65	15,31	193,67	6083,00	182	104,90	77,1	117,50	64,5

jun/06	12,54	15,52	194,62	5958,00	182	104,80	77,2	117,60	64,4
jul/06	12,34	15,35	189,42	5000,00	182	104,10	77,9	116,70	65,3
ago/06	12,33	14,15	174,47	5451,00	182	104,10	77,9	117,10	64,9
set/06	12,33	13,32	164,24	5007,00	182	105,30	76,7	118,20	63,8
out/06	12,08	13,58	164,05	5231,00	182	104,70	77,3	117,20	64,8
nov/06	11,92	14,20	169,26	5126,00	182	104,10	77,9	116,90	65,1
dez/06	11,61	16,37	190,06	5980,00	182	106,30	75,7	119,50	62,5
jan/07	10,29	16,45	169,27	5338,00	182	105,00	77	119,10	62,9
fev/07	10,21	18,04	184,19	5167,00	182	105,70	76,3	118,20	63,8
mar/07	10,14	16,06	162,85	5060,00	182	104,40	77,6	117,20	64,8
abr/07	10,08	15,50	156,24	4790,00	182	105,10	76,9	118,20	63,8
mai/07	10,07	16,17	162,83	5086,00	182	105,40	76,6	117,00	65
jun/07	10,03	16,08	161,28	4853,00	182	104,10	77,9	117,40	64,6
jul/07	10,01	14,21	142,24	4456,00	182	105,00	77	117,80	64,2
ago/07	9,92	15,39	152,67	4810,00	182	104,60	77,4	117,10	64,9
set/07	9,84	17,28	170,04	5154,00	182	103,90	78,1	117,20	64,8
out/07	9,47	18,25	172,83	5409,00	182	104,40	77,6	117,00	65
nov/07	9,41	18,48	173,90	5308,00	182	104,20	77,8	117,10	64,9
dez/07	8,59	17,41	173,90	5308,00	182	108,9	73,1	124,60	57,4

IV 24	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	--------------------------	---------	----------------------------	----------------------------	-------------	-----------	-------------	--------	-------------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92			0	0			0		0
fev/92			0	0			0		0
mar/92			0	0			0		0
abr/92			0	0			0		0
mai/92			0	0			0		0
jun/92			0	0			0		0
jul/92			0	0			0		0
ago/92			0	0			0		0
set/92			0	0			0		0
out/92			0	0			0		0
nov/92			0	0			0		0
dez/92			0	0			0		0
jan/93			0	0			0		0
fev/93			0	0			0		0
mar/93			0	0			0		0
abr/93			0	0			0		0
mai/93			0	0			0		0
jun/93			0	0			0		0
jul/93			0	0			0		0
ago/93			0	0			0		0
set/93			0	0			0		0
out/93			0	0			0		0
nov/93			0	0			0		0
dez/93			0	0			0		0
jan/94			0	0			0		0
fev/94			0	0			0		0
mar/94			0	0			0		0
abr/94			0	0			0		0

mai/94			0	0			0		0
jun/94			0	0			0		0
jul/94			0	0			0		0
ago/94			0	0			0		0
set/94			0	0			0		0
out/94			0	0			0		0
nov/94			0	0			0		0
dez/94			0	0			0		0
jan/95			0	0			0		0
fev/95			0	0			0		0
mar/95			0	0			0		0
abr/95			0	0			0		0
mai/95			0	0			0		0
jun/95			0	0			0		0
jul/95			0	0			0		0
ago/95			0	0			0		0
set/95			0	0			0		0
out/95			0	0			0		0
nov/95			0	0			0		0
dez/95			0	0			0		0
jan/96			0	0			0		0
fev/96			0	0			0		0
mar/96			0	0			0		0
abr/96			0	0			0		0
mai/96			0	0			0		0
jun/96			0	0			0		0
jul/96			0	0			0		0
ago/96			0	0			0		0
set/96			0	0			0		0
out/96			0	0			0		0
nov/96			0	0			0		0
dez/96			0	0			0		0
jan/97			0	0			0		0
fev/97			0	0			0		0
mar/97			0	0			0		0
abr/97			0	0			0		0
mai/97			0	0			0		0
jun/97			0	0			0		0
jul/97	18	16	288	8640	206	130,3	75,7	152	54
ago/97			0	0	206				
set/97			0	0	206				
out/97			0	0	206				
nov/97			0	0	206				
dez/97			0	0	206				
jan/98			0	0	206				
fev/98			0	0	206				
mar/98			0	0	206				
abr/98			0	0	206				
mai/98			0	0	206				
jun/98			0	0	206				
jul/98			0	0	206				
ago/98			0	0	206				

set/98			0	0	206				
out/98			0	0	206				
nov/98			0	0	206				
dez/98	9,53	11,46	109,2138	3276,414	206				
jan/99	17,27	11,08	191,3516	5740,548	206				
fev/99	15,9	9,36	148,824	4464,72	206				
mar/99	16,17	16,06	259,6902	7790,706	206				
abr/99	15,48	11,56	178,9488	5368,464	206				
mai/99	15,13	17,14	259,3282	7779,846	206				
jun/99	13,29	16,28	216,3612	6490,836	206				
jul/99	12,83	17,41	223,3703	6701,109	206				
ago/99	13,01	19,5	253,695	7610,85	206				
set/99	13,27	20,08	266,4616	7993,848	206				
out/99	12,66	18,52	234,4632	7033,896	206				
nov/99	12,74	20,44	260,4056	7812,168	206				
dez/99	12,3	21,27	261,621	7848,63	206				
jan/00	11,58	22,04	255,2232	7656,696	206				
fev/00	9,91	18,28	181,1548	5434,644	206				
mar/00	8,73	16,12	140,7276	4221,828	206				
abr/00	7,12	15,48	110,2176	3306,528	206				
mai/00	11,1	14,56	161,616	4848,48	206				
jun/00	11,53	15,3	176,409	5292,27	206				
jul/00	11,32	14,15	160,178	4805,34	206				
ago/00	11,37	13,54	153,9498	4618,494	206				
set/00	11,21	13,53	151,6713	4550,139	206				
out/00	11,11	13,58	150,8738	4526,214	206			145	61
nov/00	11,04	14,25	157,32	4719,6	206			142	64
dez/00	10,98	16,1	176,778	5303,34	206			142,5	63,5
jan/01	10,96	18,1	198,376	5951,28	206			143	63
fev/01	10,93	18,19	198,8167	5964,501	206				
mar/01	10,96	18,1	198,376	5951,28	206				
abr/01	10,42	17,38	181,0996	5432,988	206				
mai/01	10,42	17,38	181,0996	5432,988	206				
jun/01	8,62	18,36	158,2632	4747,896	206			142	64
jul/01	8,62	18,36	158,2632	4747,896	206				
ago/01	16,39	17,25	282,7275	8481,825	206				
set/01	15,11	18,42	278,3262	8349,786	206				
out/01	14,03	22,04	309,2212	9276,636	206			140	66
nov/01	12,33	22,1	272,493	8174,79	206				
dez/01	11,6	20,48	237,568	7127,04	206				
jan/02	8,47	19,48	164,9956	4949,868	206				
fev/02	7,87	20,56	161,8072	4854,216	206			144	62
mar/02	7,74	23,08	178,6392	5359,176	206			146	60
abr/02	7,37	23,12	170,3944	5111,832	206				
mai/02	7,19	22,15	159,2585	4777,755	206				
jun/02	7,29	21,34	155,5686	4667,058	206				

jul/02	7,92	19,46	154,1232	4623,696	206			140	66
ago/02	16,7	19,08	318,636	9559,08	206			141	65
set/02	15,11	21,2	320,332	9609,96	206				
out/02	12,12	21,36	258,8832	7766,496	206				
nov/02	12,178	21,4575	261,2987	7838,961	206				
dez/02	10,86	21,23	230,5578	6916,734	206				
jan/03	10,63	22,04	234,2852	7028,556	206				
fev/03	10,49	23	241,27	7238,1	206				
mar/03	10,28	21,36	219,5808	6587,424	206				
abr/03	9,73	18,17	176,7941	5303,823	206				
mai/03	9,8	17,21	168,658	5059,74	206				
jun/03	9,68	17,08	165,3344	4960,032	206				
jul/03	10,06	18,12	182,2872	5468,616	206				
ago/03	9,2	20,25	186,3	5589	206				
set/03	17,21	19,5	335,595	10067,85	206				
out/03	17,19	19,46	334,5174	10035,52	206				
nov/03	18,27	18,12	331,0524	9931,572	206				
dez/03	18,11	20,25	366,7275	11001,83	206	141,00	65,00	160	46
jan/04	15,51	19,04	295,3104	8859,312	206	143,00	63,00	156,5	49,5
fev/04	14,69	20,35	298,9415	8968,245	206	141,00	65,00	158,5	47,5
mar/04	14,5	20,12	291,74	8752,2	206	141,00	65,00	156,1	49,9
abr/04	14,74	14	206,36	6190,8	206	142,50	63,50	161,5	44,5
mai/04	14,4	14,39	207,216	6216,48	206	139,00	67,00	157	49
jun/04	14,59	13,14	191,7126	5751,378	206	140,20	65,80	156,8	49,2
jul/04	14,03	17,31	242,8593	7285,779	206	139,00	67,00	155	51
ago/04	14,19	14	198,66	5959,8	206	140,00	66,00	157	49
set/04	14,02	12,58	176,3716	5291,148	206	141,30	64,70	156,7	49,3
out/04	14,09	15,28	215,2952	6458,856	206	140,10	65,90	158,2	47,8
nov/04	13,98	18,54	259,1892	7775,676	206	143,00	63,00	159,5	46,5
dez/04	13,92	17,54	244,1568	7324,704	206	141,00	65,00	159,1	46,9
jan/05	13,73	15,02	206,2246	6186,738	206	139,00	67,00	153,6	52,4
fev/05	13,36	14,17	189,3112	5679,336	206	139,50	66,50	157,8	48,2
mar/05	12,66	12,2	154,452	4633,56	206	139,00	67,00	155,8	50,2
abr/05	18,73	14	262,22	7866,6	206	138,50	67,50	153	53
mai/05	15,97	13,58	262,22	7866,6	206	139,80	66,20	157,10	48,9
jun/05	16,92	14,15	216,8726	6506,178	206	138,20	67,80	151,70	54,3
jul/05	18,82	13,02	239,418	7182,54	206	138,80	67,20	154,50	51,5
ago/05	18,87	12,4	245,0364	7351,092	206	138,50	67,50	153,70	52,3
set/05	18,35	7,52	233,988	7019,64	206	140,00	66	157,20	48,8
out/05	19,77	13,46	137,992	4139,76	206	137,50	68,5	154,10	51,9
nov/05	18,29	14,17	266,1042	7983,126	206	139,00	67	155,00	51
dez/05	16,93	16,15	259,1693	7775,079	206	140,10	65,9	158,30	47,7
jan/06	17,05	19,41	273,4195	8470	206	137,10	68,9	154,60	51,4
fev/06	17,30	19,29	330,9405	9390	206	139,70	66,3	157,00	49
mar/06	19,06	19,22	333,717	10450	206	138,10	67,9	153,60	52,4
abr/06	16,90	20,27	366,3332	9961	206	137,70	68,3	151,20	54,8
mai/06	16,99	18,14	342,563	10729	206	139,10	66,9	154,80	51,2

jun/06	16,81	18,45	308,1986	9290	206	137,20	68,8	151,40	54,6
jul/06	16,78	18	310,1445	9750	206	139,20	66,8	155,20	50,8
ago/06	17,49	17,26	302,04	9352	206	137,20	68,8	150,80	55,2
set/06	11,34	18,27	301,8774	9148	206	139,30	66,7	156,40	49,6
out/06	10,83	17,18	207,1818	6940	206	139,10	66,9	154,30	51,7
nov/06	11,05	13,45	186,0594	5630	206	137,90	68,1	155,80	50,2
dez/06	16,96	16,54	148,6225	4653	206	139,00	67	154,30	51,7
jan/07	17,54	16,41	280,5878	8887	206	140,20	65,8	158,30	47,7
fev/07	17,95	15,12	287,7845	8061	206	138,50	67,5	157,40	48,6
mar/07	17,86	13,52	271,4089	8429	206	138,00	68	156,20	49,8
abr/07	17,86	13,5	241,5303	7430	206	139,50	66,5	157,80	48,2
mai/07	17,68	16,34	241,1753	7655	206	137,10	68,9	154,50	51,5
jun/07	17,58	15,56	288,8585	8783	206	138,70	67,3	155,70	50,3
jul/07	17,42	16,06	273,5097	8682	206	137,30	68,7	155,30	50,7
ago/07	17,34	16	279,7756	8690	206	137,30	68,7		206
set/07	17,29	15,48	277,3707	8320	206	138,00	68	156,10	49,9
out/07	17,22	16,14	267,6242	8470	206	138,20	67,8	158,10	47,9
nov/07	17,22	16,14	277,8878	8380	206	138,00	68	155,00	51
dez/07	16,99	18,19	277,8878	8380	206	137,50	68,5	156	50

IV 26	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
--------------	-----------------------	---------	-------------------------	-------------------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0			0		0
fev/90			0	0			0		0
mar/90			0	0			0		0
abr/90			0	0			0		0
mai/90			0	0			0		0
jun/90			0	0			0		0
jul/90			0	0			0		0
ago/90			0	0			0		0
set/90			0	0			0		0
out/90			0	0			0		0
nov/90			0	0			0		0
dez/90			0	0			0		0
jan/91			0	0			0		0
fev/91			0	0			0		0
mar/91			0	0			0		0
abr/91			0	0			0		0
mai/91			0	0			0		0
jun/91			0	0			0		0
jul/91			0	0			0		0
ago/91			0	0			0		0
set/91			0	0			0		0
out/91			0	0			0		0
nov/91			0	0			0		0
dez/91			0	0			0		0
jan/92			0	0			0		0
fev/92			0	0			0		0
mar/92			0	0			0		0
abr/92			0	0			0		0
mai/92			0	0			0		0
jun/92			0	0			0		0
jul/92			0	0			0		0
ago/92			0	0			0		0
set/92			0	0			0		0
out/92			0	0			0		0
nov/92			0	0			0		0
dez/92			0	0			0		0
jan/93			0	0			0		0
fev/93			0	0			0		0
mar/93			0	0			0		0
abr/93			0	0			0		0
mai/93			0	0			0		0
jun/93			0	0			0		0
jul/93			0	0			0		0
ago/93			0	0			0		0
set/93			0	0			0		0
out/93			0	0			0		0
nov/93			0	0			0		0
dez/93			0	0			0		0
jan/94			0	0			0		0
fev/94			0	0			0		0
mar/94			0	0			0		0
abr/94			0	0			0		0

mai/94			0	0			0		0
jun/94			0	0			0		0
jul/94			0	0			0		0
ago/94			0	0			0		0
set/94			0	0			0		0
out/94			0	0			0		0
nov/94			0	0			0		0
dez/94			0	0			0		0
jan/95			0	0			0		0
fev/95			0	0			0		0
mar/95			0	0			0		0
abr/95			0	0			0		0
mai/95			0	0			0		0
jun/95			0	0			0		0
jul/95			0	0			0		0
ago/95			0	0			0		0
set/95			0	0			0		0
out/95			0	0			0		0
nov/95			0	0			0		0
dez/95			0	0			0		0
jan/96			0	0			0		0
fev/96			0	0			0		0
mar/96			0	0			0		0
abr/96			0	0			0		0
mai/96			0	0			0		0
jun/96			0	0			0		0
jul/96			0	0			0		0
ago/96			0	0			0		0
set/96			0	0			0		0
out/96			0	0			0		0
nov/96			0	0			0		0
dez/96			0	0			0		0
jan/97			0	0			0		0
fev/97			0	0			0		0
mar/97			0	0			0		0
abr/97			0	0			0		0
mai/97			0	0			0		0
jun/97			0	0			0		0
jul/97	12	16	192	5760	170	93,21	76,79	111	59
ago/97			0	0	170				
set/97			0	0	170				
out/97			0	0	170				
nov/97			0	0	170				
dez/97			0	0	170				
jan/98			0	0	170				
fev/98			0	0	170				
mar/98			0	0	170				
abr/98			0	0	170				
mai/98			0	0	170				
jun/98			0	0	170				
jul/98			0	0	170				
ago/98			0	0	170				

set/98			0	0	170				
out/98			0	0	170				
nov/98			0	0	170				
dez/98			0	0	170				
jan/99			0	0	170				
fev/99			0	0	170				
mar/99			0	0	170				
abr/99			0	0	170				
mai/99			0	0	170				
jun/99			0	0	170				
jul/99			0	0	170				
ago/99			0	0	170				
set/99			0	0	170				
out/99			0	0	170				
nov/99			0	0	170				
dez/99			0	0	170				
jan/00			0	0	170				
fev/00			0	0	170				
mar/00			0	0	170				
abr/00			0	0	170				
mai/00			0	0	170				
jun/00			0	0	170				
jul/00	8	13,46	107,68	3230,4	170				
ago/00	8	13,23	105,84	3175,2	170				
set/00	8	13,59	108,72	3261,6	170				
out/00	8	13,29	106,32	3189,6	170			110,3	59,7
nov/00	8	14,38	115,04	3451,2	170			108,4	61,6
dez/00	8	15,35	122,8	3684	170				
jan/01	8	17,19	137,52	4125,6	170				
fev/01	8	18	144	4320	170				
mar/01	8	17,19	137,52	4125,6	170				
abr/01	8	14,26	114,08	3422,4	170				
mai/01	8	14,26	114,08	3422,4	170				
jun/01	7,57	19,14	144,8898	4346,694	170			110	60
jul/01	7,57	19,14	144,8898	4346,694	170				
ago/01	7	18,12	126,84	3805,2	170				
set/01	7	18,5	129,5	3885	170				
out/01	7	22,08	154,56	4636,8	170			109	61
nov/01	7	22,14	154,98	4649,4	170				
dez/01	7	19,37	135,59	4067,7	170				
jan/02	7	19,15	134,05	4021,5	170				
fev/02	7	19,47	136,29	4088,7	170			107,5	62,5
mar/02	7	22,48	157,36	4720,8	170			110	60
abr/02	7	22,34	156,38	4691,4	170				
mai/02	7	21,23	148,61	4458,3	170				
jun/02	6,73	20,08	135,1384	4054,152	170				

jul/02	6,73	21,5	144,695	4340,85	170			111,2	58,8
ago/02	6,73	21,33	143,5509	4306,527	170			113	57
set/02	6,73	20,28	136,4844	4094,532	170				
out/02	7	20,58	144,06	4321,8	170				
nov/02	6,9325	21,1825	146,8477	4405,43	170				
dez/02	7	21,33	149,31	4479,3	170				
jan/03	7	22,54	157,78	4733,4	170				
fev/03	7	22,28	155,96	4678,8	170				
mar/03	7	19,41	135,87	4076,1	170				
abr/03	7	18,5	129,5	3885	170				
mai/03	7	19,48	136,36	4090,8	170				
jun/03	7	18,41	128,87	3866,1	170				
jul/03	7	19,15	134,05	4021,5	170				
ago/03	7	20,48	143,36	4300,8	170				
set/03	6,68	20	133,6	4008	170				
out/03	7	20,15	141,05	4231,5	170				
nov/03	14,4	19,46	280,224	8406,72	170				
dez/03	14	20,48	286,72	8601,6	170	101,00	69,00	121,5	48,5
jan/04	14	20,45	286,3	8589	170	108,40	61,60	125,4	44,6
fev/04	14	21,27	297,78	8933,4	170	105,50	64,50	124,6	45,4
mar/04	14	21,08	295,12	8853,6	170	102,00	68,00	122,3	47,7
abr/04	14	16,54	231,56	6946,8	170	114,00	56,00	134	36
mai/04	13	17,45	226,85	6805,5	170	111,00	59,00	130	40
jun/04	13	16,33	212,29	6368,7	170	112,50	57,50	130	40
jul/04	13	16,43	213,59	6407,7	170	112,00	58,00	130	40
ago/04	13	14,46	187,98	5639,4	170	111,00	59,00	129	41
set/04	13	15,35	199,55	5986,5	170	113,40	56,60	130	40
out/04	13	16,06	208,78	6263,4	170	113,00	57,00	129	41
nov/04	13	22	286	8580	170	106,00	64,00	130	40
dez/04	13	16,52	214,76	6442,8	170	107,80	62,20	130	40
jan/05	13	16,56	215,28	6458,4	170	109,10	60,90	140	30
fev/05	13	14,25	185,25	5557,5	170	105,20	64,80	157,5	12,5
mar/05	13	12,54	163,02	4890,6	170	106,70	63,30	150,5	19,5
abr/05	13	12,06	156,78	4703,4	170	106,00	64,00	158	12
mai/05	13,00	13,56	156,78	4703,4	170	105,40	64,60	127,00	43
jun/05	13,00	12,02	176,28	5288,4	170	105,00	65,00	126,00	44
jul/05	13,00	10,27	156,26	4687,8	170	105,00	65,00	145,50	24,5
ago/05	13,00	11,5	133,51	4005,3	170	106,00	64,00	137,00	33
set/05	12,86	13,29	149,5	4485	170	104,00	66,00	123,50	46,5
out/05	12,00	17,18	170,9094	5127,282	170	104,50	65,50	125,20	44,8
nov/05	11,80	14,5	206,16	6184,8	170	104,00	66,00	123,40	46,6
dez/05	11,67	21,06	171,1	5133	170	105,30	64,70	124,70	45,3
jan/06	11,08	21,06	245,7702	7632	170	106,90	63,10	124,90	45,1
fev/06	10,32	22,52	233,3448	6546	170	108,00	62,00	130,00	40
mar/06	10,26	21,06	232,4064	7313	170	107,60	62,40	128,70	41,3
abr/06	10,24	22,45	216,0756	6492	170	108,20	61,80	128,20	41,8
mai/06	10,24	14,44	229,888	7220	170	108,40	61,60	129,00	41

jun/06	10,14	19,45	147,8656	4527	170	107,40	62,60	128,80	41,2
jul/06	10,14	20,15	197,223	6206	170	106,50	63,50	127,60	42,4
ago/06	10,14	19,48	204,321	6368	170	107,20	62,80	127,90	42,1
set/06	10,29	19,54	197,5272	5820	170	108,80	61,20	129,10	40,9
out/06	10,14	20,28	201,0666	5749	170	106,80	63,20	126,20	43,8
nov/06	10,07	20,1	205,6392	6226	170	107,20	62,80	128,10	41,9
dez/06	10,03	19,12	202,407	6293	170	107,30	62,70	129,00	41
jan/07	10,07	20,39	191,7736	5535	170	107,50	62,50	130,00	40
fev/07	10,39	14,15	205,3273	5820	170	108,20	61,80	129,20	40,8
mar/07	12,06	18	146,9478	4631	170	105,00	65,00	123,10	46,9
abr/07	8,85	17,52	217,08	6512	170	106,20	63,80	132,30	37,7
mai/07	11,08	13,25	154,9819	4720	170	105,90	64,10	133,70	36,3
jun/07	10,91	14,43	146,81	4464	170	105,60	64,40	135,10	34,9
jul/07	10,70	13,15	157,4313	4975	170	106,00	64,00	135,00	35
ago/07	10,40	16,32	140,705	4397	170	106,20	63,80	136,40	33,6
set/07	9,50	18,19	169,728	5160	170	105,60	64,40	140,00	30
out/07	9,47	21,26	172,805	5395	170	105,70	64,30	140,20	29,8
nov/07	9,47	21,26	201,3322	6091	170	105,00	65,00	137,00	33
dez/07	9,31	21,04	201,3322	6091	170	105,9	64,10	143	27

EV 4^a	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------------------	--------------------------	---------	----------------------------	----------------------------	-------------	--------	-------------	--------	-------------

jan/90			0	0	47				
fev/90			0	0	47				
mar/90			0	0	47				
abr/90			0	0	47				
mai/90			0	0	47				
jun/90			0	0	47				
jul/90			0	0	47				
ago/90			0	0	47				
set/90			0	0	47				
out/90			0	0	47				
nov/90			0	0	47				
dez/90			0	0	47				
jan/91			0	0	47				
fev/91			0	0	47				
mar/91			0	0	47				
abr/91			0	0	47				
mai/91			0	0	47				
jun/91			0	0	47				
jul/91			0	0	47				
ago/91			0	0	47				
set/91			0	0	47				
out/91			0	0	47				
nov/91			0	0	47				
dez/91			0	0	47				
jan/92			0	0	47				
fev/92			0	0	47				
mar/92			0	0	47				
abr/92			0	0	47				
mai/92			0	0	47				
jun/92			0	0	47				
jul/92			0	0	47				
ago/92			0	0	47				
set/92			0	0	47				
out/92			0	0	47				
nov/92			0	0	47				
dez/92			0	0	47				
jan/93			0	0	47				
fev/93			0	0	47				
mar/93			0	0	47				
abr/93			0	0	47				
mai/93			0	0	47				
jun/93			0	0	47				
jul/93			0	0	47				
ago/93			0	0	47				
set/93			0	0	47				
out/93			0	0	47				
nov/93			0	0	47				
dez/93			0	0	47				
jan/94			0	0	47				
fev/94			0	0	47				
mar/94			0	0	47				
abr/94			0	0	47				

mai/94			0	0	47				
jun/94			0	0	47				
jul/94			0	0	47				
ago/94			0	0	47				
set/94			0	0	47				
out/94			0	0	47				
nov/94			0	0	47				
dez/94			0	0	47				
jan/95			0	0	47				
fev/95			0	0	47				
mar/95			0	0	47				
abr/95			0	0	47				
mai/95			0	0	47				
jun/95			0	0	47				
jul/95			0	0	47				
ago/95			0	0	47				
set/95			0	0	47				
out/95			0	0	47				
nov/95			0	0	47				
dez/95			0	0	47				
jan/96			0	0	47				
fev/96			0	0	47				
mar/96			0	0	47				
abr/96			0	0	47				
mai/96			0	0	47				
jun/96			0	0	47				
jul/96			0	0	47				
ago/96			0	0	47				
set/96			0	0	47				
out/96			0	0	47				
nov/96			0	0	47				
dez/96			0	0	47				
jan/97	36	19,55	703,8	21114	47	0,42	46,58	17,75	29,25
fev/97	36	13,36	480,96	14428,8	47	0,21	46,79	18	29
mar/97	35,7	15,37	548,709	16461,27	47	0,11	46,89	18	29
abr/97	36	17,08	614,88	18446,4	47	0,28	46,72	18	29
mai/97	26	14,28	371,28	11138,4	47	0,57	46,43	18	29
jun/97	16,91	13,48	227,947	6838,404	47	0,23	46,77	18	29
jul/97	16,71	13,48	225,251	6757,524	47	0,07	46,93	18	29
ago/97	16,71	13,48	225,251	6757,524	47	0,04	46,96	18	29
set/97	16,51	15,02	247,98	7439,406	47		47	18	29
out/97	17	12,54	213,18	6395,4	47		47	18	29
nov/97	17	14,22	241,74	7252,2	47		47	18	29
dez/97	17	22,08	375,36	11260,8	47		47	18	29
jan/98	17	23,59	401,03	12030,9	47		47	18	29
fev/98	17	23,59	401,03	12030,9	47		47	12,39	34,61
mar/98	17	23	391	11730	47		47	12,9	34,1
abr/98	17	17,22	292,74	8782,2	47		47	11,62	35,38
mai/98	16,1	15,46	248,906	7467,18	47		47	11,3	35,7
jun/98	16,5	16,02	264,33	7929,9	47		47	12,7	34,3
jul/98	17,3	15,37	265,901	7977,03	47		47	14,4	32,6
ago/98	16,21	15,54	251,903	7557,102	47		47	11,15	35,85

set/98	16,55	15,5	256,525	7695,75	47		47	11,53	35,47
out/98	16,6	15,57	258,462	7753,86	47		47	11,26	35,74
nov/98	16,9	19,36	327,184	9815,52	47		47	10,56	36,44
dez/98	16,7	21,23	354,541	10636,23	47		47	13,76	33,24
jan/99	16,6	23,52	390,432	11712,96	47		47	13,94	33,06
fev/99	16,7	15,55	259,685	7790,55	47		47	12,2	34,8
mar/99	16,5	17,25	284,625	8538,75	47	0,24	46,76	12,78	34,22
abr/99	16,55	17,36	287,308	8619,24	47			12,13	34,87
mai/99	16,07	17,37	279,136	8374,077	47			11,65	35,35
jun/99	16,8	17,3	290,64	8719,2	47			11,98	35,02
jul/99	16,1	17,16	276,276	8288,28	47	0,25	46,75	10,8	36,2
ago/99	16,3	17,29	281,827	8454,81	47			11,25	35,75
set/99	16,7	17,22	287,574	8627,22	47			11,58	35,42
out/99	18,1	17,46	316,026	9480,78	47			9,64	37,36
nov/99	17,9	17,36	310,744	9322,32	47			8,35	38,65
dez/99	16,85	17,43	293,696	8810,865	47	2,44	44,56	18	29
jan/00	16,5	17,43	287,595	8627,85	47	2,44	44,56	18	29
fev/00	16,6	17,23	286,018	8580,54	47	2,61	44,39	18	29
mar/00	16,3	17,35	282,805	8484,15	47	3,1	43,9	18	29
abr/00	16,6	17,26	286,516	8595,48	47	2,96	44,04	18	29
mai/00	16,7	17,35	289,745	8692,35	47	3,7	43,3	18	29
jun/00	17	17,1	290,7	8721	47	5	42	18	29
jul/00	17,2	8	137,6	4128	47	6	41	18	29
ago/00	16,8	8,21	137,928	4137,84	47	6	41	18	29
set/00	17,3	10,2	176,46	5293,8	47	7	40	18	29
out/00	16,9	8,16	137,904	4137,12	47	7	40	18	29
nov/00	17,02	10,2	173,604	5208,12	47	6,9	40,1	18	29
dez/00	17	13,28	225,76	6772,8	47	7	40	18	29
jan/01	16,9	14,17	239,473	7184,19	47				
fev/01	16,9	14,45	244,205	7326,15	47				
mar/01	17,1	13,56	231,876	6956,28	47				
abr/01	16,8	13,56	227,808	6834,24	47				
mai/01	16,6	14,54	241,364	7240,92	47				
jun/01	16,6	13,58	225,428	6762,84	47				
jul/01	16,1	13,54	217,994	6539,82	47				
ago/01	16,5	13,46	222,09	6662,7	47				
set/01	16,3	13,3	216,79	6503,7	47				
out/01	16,7	14,14	236,138	7084,14	47				
nov/01	16,6	13,4	222,44	6673,2	47				
dez/01	16,52	13,58	224,342	6730,248	47				
jan/02	17,66	14,02	247,593	7427,796	47				
fev/02	16,56	14,04	232,502	6975,072	47				
mar/02	16,83	16,35	275,171	8255,115	47				
abr/02	16,93	14,01	237,189	7115,679	47				
mai/02	15,51	15,39	238,699	7160,967	47				
jun/02	17,29	13,58	234,798	7043,946	47				

jul/02	16,5	14,02	231,33	6939,9	47				
ago/02	16,6	14,31	237,546	7126,38	47				
set/02	16,5	15,26	251,79	7553,7	47				
out/02	17	15,41	261,97	7859,1	47				
nov/02	17,2	16,12	277,264	8317,92	47				
dez/02	17,37	17,12	297,374	8921,232	47				
jan/03	15,35	22,5	345,375	10361,25	47				
fev/03	16,75	20,41	341,868	10256,025	47				
mar/03	16,45	21,21	348,905	10467,135	47				
abr/03	15,9	23,5	373,65	11209,5	47				
mai/03	15,32	23,54	360,633	10818,984	47				
jun/03	15,32	15,25	233,63	7008,9	47	3	44	18	
jul/03	16,7	17,5	292,25	8767,5	47				
ago/03	15,8	16,41	259,278	7778,34	47				
set/03	16	17,36	277,76	8332,8	47				
out/03	17,73	15,52	275,17	8255,088	47				
nov/03			0	0	47				
dez/03	15,7	15,52	243,664	7309,92	47				

EV 8	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	-----------------------	---------	-------------------------	-------------------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0	60				
fev/90			0	0	60				
mar/90			0	0	60				
abr/90			0	0	60				
mai/90			0	0	60				
jun/90			0	0	60				
jul/90			0	0	60				
ago/90			0	0	60				
set/90			0	0	60				
out/90			0	0	60				
nov/90			0	0	60				
dez/90			0	0	60				
jan/91			0	0	60				
fev/91			0	0	60				
mar/91			0	0	60				
abr/91			0	0	60				
mai/91			0	0	60				
jun/91			0	0	60				
jul/91			0	0	60				
ago/91			0	0	60				
set/91			0	0	60				
out/91			0	0	60				
nov/91			0	0	60				
dez/91			0	0	60				
jan/92			0	0	60				
fev/92			0	0	60				
mar/92			0	0	60				
abr/92			0	0	60				
mai/92			0	0	60				
jun/92			0	0	60				
jul/92			0	0	60				
ago/92			0	0	60				
set/92			0	0	60				
out/92			0	0	60				
nov/92			0	0	60				
dez/92			0	0	60				
jan/93			0	0	60				
fev/93			0	0	60				
mar/93			0	0	60				
abr/93			0	0	60				
mai/93			0	0	60				
jun/93			0	0	60				
jul/93			0	0	60				
ago/93			0	0	60				
set/93			0	0	60				
out/93			0	0	60				
nov/93			0	0	60				
dez/93			0	0	60				
jan/94			0	0	60				
fev/94			0	0	60				
mar/94			0	0	60				
abr/94			0	0	60				

mai/94			0	0	60				
jun/94			0	0	60				
jul/94			0	0	60				
ago/94			0	0	60				
set/94			0	0	60				
out/94			0	0	60				
nov/94			0	0	60				
dez/94			0	0	60				
jan/95			0	0	60				
fev/95			0	0	60				
mar/95			0	0	60				
abr/95			0	0	60				
mai/95			0	0	60				
jun/95			0	0	60				
jul/95			0	0	60				
ago/95			0	0	60				
set/95			0	0	60				
out/95			0	0	60				
nov/95			0	0	60				
dez/95			0	0	60				
jan/96			0	0	60				
fev/96			0	0	60				
mar/96			0	0	60				
abr/96			0	0	60				
mai/96			0	0	60				
jun/96			0	0	60				
jul/96			0	0	60				
ago/96			0	0	60				
set/96			0	0	60				
out/96			0	0	60				
nov/96			0	0	60				
dez/96			0	0	60				
jan/97	6,21	19,36	120,2256	3606,768	60	6,21	53,79		
fev/97	6,51	13	84,63	2538,9	60	6,51	53,49		
mar/97	6,61	14,02	92,6722	2780,166	60	6,61	53,39		
abr/97	6,51	15,08	98,1708	2945,124	60	6,51	53,49		
mai/97	6,51	12,31	80,1381	2404,143	60	6,51	53,49		
jun/97	6,51	12	78,12	2343,6	60	6,51	53,49		
jul/97	6,51	12	78,12	2343,6	60		60		
ago/97	6,41	12	76,92	2307,6	60		60		
set/97	7,71	12	92,52	2775,6	60	7,71	52,29		
out/97	7,31	13,12	95,9072	2877,216	60	7,31	52,69		
nov/97	6,51	12,35	80,3985	2411,955	60		60		
dez/97	6,11	12,48	76,2528	2287,584	60		60		
jan/98	6,21	22,57	140,1597	4204,791	60		60		
fev/98		18,34	0	0	60		60		
mar/98	12,7	12	152,4	4572	60	12,7	47,3		
abr/98	12,3	12	147,6	4428	60	12,3	47,7		
mai/98	11,5	11,58	133,17	3995,1	60	11,4	48,6		
jun/98	11,7	12	140,4	4212	60	11,7	48,3		
jul/98	11,9	10,43	124,117	3723,51	60				
ago/98	11,81	8,31	98,1411	2944,233	60				

set/98	11,8	8,3	97,94	2938,2	60				
out/98	11,3	7,58	85,654	2569,62	60				
nov/98	11,5	9,36	107,64	3229,2	60				
dez/98	11,2	8,33	93,296	2798,88	60				
jan/99	11,3	7,54	85,202	2556,06	60				
fev/99	11,2	8	89,6	2688	60				
mar/99	8,63	7,54	65,0702	1952,106	60				
abr/99	7,1	8	56,8	1704	60				
mai/99	6,23	8	49,84	1495,2	60				
jun/99	7,6	7,52	57,152	1714,56	60				
jul/99	6,5	8	52	1560	60				
ago/99	5,9	7,52	44,368	1331,04	60				
set/99	6,2	8	49,6	1488	60				
out/99	6	8	48	1440	60				
nov/99	6,2	8,48	52,576	1577,28	60				
dez/99	6,41	8	51,28	1538,4	60				
jan/00	6,7	8	53,6	1608	60				
fev/00	6,7	8,02	53,734	1612,02	60				
mar/00	6,6	8	52,8	1584	60				
abr/00	6,8	8	54,4	1632	60				
mai/00	6,2	8	49,6	1488	60				
jun/00	6,1	8	48,8	1464	60				
jul/00	6,2	8	49,6	1488	60				
ago/00	6,2	7,43	46,066	1381,98	60				
set/00	6,8	8,04	54,672	1640,16	60				
out/00	6,9	7,5	51,75	1552,5	60				
nov/00	6,7	8,2	54,94	1648,2	60				
dez/00	6,4	8	51,2	1536	60				
jan/01	6,7	7,55	50,585	1517,55	60				
fev/01	7,1	8	56,8	1704	60				
mar/01	7,4	8,31	61,494	1844,82	60				
abr/01	7,4	8,32	61,568	1847,04	60				
mai/01	8,3	9,31	77,273	2318,19	60				
jun/01	7,9	8	63,2	1896	60				
jul/01	7,6	8	60,8	1824	60				
ago/01	7,5	8	60	1800	60				
set/01	8,1	8	64,8	1944	60				
out/01	8,7	8,19	71,253	2137,59	60				
nov/01	8,4	8,26	69,384	2081,52	60				
dez/01	9,75	8,52	83,07	2492,1	60				
jan/02	10	8	80	2400	60				
fev/02	10,35	8	82,8	2484	60				
mar/02	10,04	8	80,32	2409,6	60				
abr/02	9,33	8	74,64	2239,2	60				
mai/02	10,96	7,37	80,7752	2423,256	60				
jun/02	9,73	7,44	72,3912	2171,736	60				

jul/02	12,4	7,56	93,744	2812,32	60				
ago/02	12,9	8	103,2	3096	60				
set/02	11,7	7,56	88,452	2653,56	60				
out/02	11,4	8,33	94,962	2848,86	60				
nov/02	12,19	8,02	97,7638	2932,914	60				
dez/02	12,9	8	103,2	3096	60				
jan/03	12,45	11,21	139,5645	4186,935	60				
fev/03	11,93	11,37	135,6441	4069,323	60				
mar/03	11,9	8,47	100,793	3023,79	60				
abr/03	9,6	8,16	78,336	2350,08	60				
mai/03	8,6	9,02	77,572	2327,16	60				
jun/03	8,6	8,54	73,444	2203,32	60				
jul/03	8,6	8,44	72,584	2177,52	60				
ago/03	8,6	9,02	77,572	2327,16	60				
set/03	8,6	8,56	73,616	2208,48	60				

EV 9	Q (m ³ /h)	tem/bom	Q (m ³ /dia)	Q (m ³ /mês)	Cota (H)	NE (m)	H-NE (m)	ND (m)	H-ND (m)
-------------	-----------------------	---------	-------------------------	-------------------------	----------	--------	----------	--------	----------

jan/90			0	0	60				
fev/90			0	0	60				
mar/90			0	0	60				
abr/90			0	0	60				
mai/90			0	0	60				
jun/90			0	0	60				
jul/90			0	0	60				
ago/90			0	0	60				
set/90			0	0	60				
out/90			0	0	60				
nov/90			0	0	60				
dez/90			0	0	60				
jan/91			0	0	60				
fev/91			0	0	60				
mar/91			0	0	60				
abr/91			0	0	60				
mai/91			0	0	60				
jun/91			0	0	60				
jul/91			0	0	60				
ago/91			0	0	60				
set/91			0	0	60				
out/91			0	0	60				
nov/91			0	0	60				
dez/91			0	0	60				
jan/92			0	0	60				
fev/92			0	0	60				
mar/92			0	0	60				
abr/92			0	0	60				
mai/92			0	0	60				
jun/92			0	0	60				
jul/92			0	0	60				
ago/92			0	0	60				
set/92			0	0	60				
out/92			0	0	60				
nov/92			0	0	60				
dez/92			0	0	60				
jan/93			0	0	60				
fev/93			0	0	60				
mar/93			0	0	60				
abr/93			0	0	60				
mai/93			0	0	60				
jun/93			0	0	60				
jul/93			0	0	60				
ago/93			0	0	60				
set/93			0	0	60				
out/93			0	0	60				
nov/93			0	0	60				
dez/93			0	0	60				
jan/94			0	0	60				
fev/94			0	0	60				
mar/94			0	0	60				
abr/94			0	0	60				

mai/94			0	0	60				
jun/94			0	0	60				
jul/94			0	0	60				
ago/94			0	0	60				
set/94			0	0	60				
out/94			0	0	60				
nov/94			0	0	60				
dez/94			0	0	60				
jan/95			0	0	60				
fev/95			0	0	60				
mar/95			0	0	60				
abr/95			0	0	60				
mai/95			0	0	60				
jun/95			0	0	60				
jul/95			0	0	60				
ago/95			0	0	60				
set/95			0	0	60				
out/95			0	0	60				
nov/95			0	0	60				
dez/95			0	0	60				
jan/96			0	0	60				
fev/96			0	0	60				
mar/96			0	0	60				
abr/96			0	0	60				
mai/96			0	0	60				
jun/96			0	0	60				
jul/96			0	0	60				
ago/96			0	0	60				
set/96			0	0	60				
out/96			0	0	60				
nov/96			0	0	60				
dez/96			0	0	60				
jan/97	8,61	15,54	133,7994	4013,982	60				
fev/97	8,61	13	111,93	3357,9	60				
mar/97	8,91	13,25	118,0575	3541,725	60				
abr/97	8,74	14,28	124,8072	3744,216	60				
mai/97	8,81	12,42	109,4202	3282,606	60				
jun/97	8,91	12	106,92	3207,6	60				
jul/97	8,91	12	106,92	3207,6	60				
ago/97	8,71	11,58	100,8618	3025,854	60				
set/97	8,71	13,06	113,7526	3412,578	60				
out/97	9,51	12,45	118,3995	3551,985	60				
nov/97	8,81	12,44	109,5964	3287,892	60				
dez/97	8,31	22,48	186,8088	5604,264	60				
jan/98	8	24	192	5760	60				
fev/98	7,81	23,58	184,1598	5524,794	60				
mar/98	8,8	16,55	145,64	4369,2	60				
abr/98	9,2	13,03	119,876	3596,28	60				
mai/98	9,1	12,34	112,294	3368,82	60				
jun/98			0	0	60				
jul/98			0	0	60				
ago/98	8,9	13,15	117,035	3511,05	60				

set/98	8,45	8,3	70,135	2104,05	60				
out/98	8,8	8,25	72,6	2178	60				
nov/98	8,9	9,23	82,147	2464,41	60				
dez/98	9,5	8,08	76,76	2302,8	60				
jan/99	9,4	7,56	71,064	2131,92	60				
fev/99	8,8	8,04	70,752	2122,56	60				
mar/99	8,4	8	67,2	2016	60				
abr/99	7,73	8	61,84	1855,2	60				
mai/99	8,03	8	64,24	1927,2	60				
jun/99	8,6	8	68,8	2064	60				
jul/99	7,3	8	58,4	1752	60				
ago/99	7,9	7,58	59,882	1796,46	60				
set/99	8,9	8	71,2	2136	60				
out/99	8,2	8	65,6	1968	60				
nov/99	8,1	8	64,8	1944	60				
dez/99	8,47	8	67,76	2032,8	60				
jan/00	8,4	8	67,2	2016	60				
fev/00	8,6	8,04	69,144	2074,32	60				
mar/00	8,8	8	70,4	2112	60				
abr/00	8,9	8	71,2	2136	60				
mai/00	9	8	72	2160	60				
jun/00	8,9	8	71,2	2136	60				
jul/00	9,1	7,41	67,431	2022,93	60				
ago/00	9,2	7,37	67,804	2034,12	60				
set/00	9,8	8,07	79,086	2372,58	60				
out/00	9,9	8,01	79,299	2378,97	60				
nov/00	9,2	9,16	84,272	2528,16	60				
dez/00	9,2	8,1	74,52	2235,6	60				
jan/01	9,6	8,08	77,568	2327,04	60				
fev/01	9,8	8,07	79,086	2372,58	60				
mar/01	9,4	8,38	78,772	2363,16	60				
abr/01	9,1	7,5	68,25	2047,5	60				
mai/01	9,4	13,45	126,43	3792,9	60				
jun/01	9,4	18	169,2	5076	60				
jul/01			0	0	60				
ago/01			0	0	60				
set/01			0	0	60				
out/01	9,4	24	225,6	6768	60				
nov/01	9,4	10	94	2820	60				
dez/01	9,17	8,03	73,6351	2209,053	60				
jan/02	8,4	7,52	63,168	1895,04	60				
fev/02	9,77	8	78,16	2344,8	60				
mar/02	9,5	7,54	71,63	2148,9	60				
abr/02	8,1	7,56	61,236	1837,08	60				
mai/02	6,2	7,46	46,252	1387,56	60				
jun/02	7,9	13,41	105,939	3178,17	60				

ago/02									
set/02									
out/02									
nov/02									
dez/02									
jan/03									
fev/03									
mar/03									
abr/03									
mai/03									
jun/03									
jul/03									
ago/03									
set/03									
out/03									
nov/03									
dez/03									
jan/04									
fev/04									
mar/04									
abr/04									
mai/04									
jun/04									
jul/04									
ago/04									
set/04									
out/04									
nov/04									
dez/04									
jan/05									
fev/05									
mar/05									
abr/05									
mai/05									
jun/05	22,18	8,11	179,8798	5396,394	115,3				
jul/05	18,80	9,41	176,908	5307,24	115,3				
ago/05	20,12	11,28	226,9536	6808,608	115,3	90,30	25,00	129,10	-13,80
set/05	18,90	11,44	216,216	6486,48	115,3	89,80	25,50	130,50	-15,20
out/05	17,70	9,27	164,079	4922,37	115,3	89,60	25,70	128,50	-13,20
nov/05	17,60	8,14	143,264	4297,92	115,3	89,50	25,80	129,00	-13,70
dez/05	16,16	14,37	232,2192	6966,576	115,3	89,80	25,50	128,60	-13,30
jan/06	16,53	15,10	249,6274	7488,821	115,3	89,90	25,40	117,80	-2,50
fev/06	16,33	16,02	261,6066	7848,198	115,3	89,90	25,40	111,60	3,70
mar/06	16,23	16,31	264,7113	7941,339	115,3	89,10	26,20	113,30	2,00
abr/06	16,11	16,46	265,1706	7955,118	115,3	90,20	25,10	114,40	0,90
mai/06	16,08	15,39	247,4712	7424,136	115,3	92,80	22,50	103,10	12,20
jun/06	16,46	24,00	395,0667	11852	115,3	91,70	23,60	102,70	12,60

jul/06									
ago/06									
set/06									
out/06									
nov/06	25,98	9,51	247,0698	1790					
dez/06	25,89	13,41	347,1849	10974	140	55,00	85,00	79,30	60,70
jan/07	25,05	12,54	314,123	10016	140	55,80	84,20	80,20	59,80
fev/07	24,71	14,3	353,3377	10030	140				
mar/07	23,77	14,21	337,8038	10471,92	140	55,10	84,90	78,80	61,20
abr/07	22,76	14,12	321,3288	9639,865	140	55,30	84,70	79,80	60,20
mai/07	21,92	15,04	329,7447	10222,09	140	55,00	85,00	78,00	62,00
jun/07	21,85	16	349,552	10486,56	140	55,10	84,90	79,60	60,40
jul/07	21,20	15	318,0581	9859,8	140	55,30	84,70	80,00	60,00
ago/07	21,16	15,37	325,2837	10083,8	140				
set/07	21,04	16,08	338,3125	10149,37	140	55,50	84,50	79,20	60,80
out/07	21,03	15,41	324,132	10048,09	140	55,00	85,00	80,00	60,00
nov/07	20,79	16,06	333,8499	10015,5	140	56,60	83,40	81,30	58,70
dez/07	20,68	17,25	356,73	11058,63	140	56,10	83,90	80,2	59,80

Anexo III

Séries Históricas de Precipitação Pluviométricas no Período de janeiro 1990 até novembro 2007

Data	Tª media mensal	P mm/mes			Dias	SAG	Sed.Rec.	Serra Geral	Falhas (1)	Falhas (2)
jan/90	25,2	151,80	1/1/1990	0	31	20	20	2	23	37
fev/90	23,4	103,10	1/2/1990	31	59	14	14	1	16	25

mar/90	22,7	77,40	1/3/1990	59	90	10	10	1	12	19
abr/90	19,3	103,90	1/4/1990	90	120	14	14	1	16	25
mai/90	15,8	50,10	1/5/1990	120	151	7	7	1	8	12
jun/90	14,2	204,00	1/6/1990	151	181	27	27	3	31	50
jul/90	16,3	284,70	1/7/1990	181	212	38	38	4	44	69
ago/90	15,7	131,70	1/8/1990	212	243	18	18	2	20	32
set/90	16,6	168,30	1/9/1990	243	273	23	23	2	26	41
out/90	18,5	140,20	1/10/1990	273	304	19	19	2	22	34
nov/90	22,8	56,80	1/11/1990	304	334	8	8	1	9	14
dez/90	24,5	40,40	1/12/1990	334	365	5	5	1	6	10
jan/91	24,5	250,40	1/1/1991	365	396	34	34	3	38	61
fev/91	24,1	151,40	1/2/1991	396	424	20	20	2	23	37
mar/91	22,9	110,80	1/3/1991	424	455	15	15	1	17	27
abr/91	20,8	101,10	1/4/1991	455	485	14	14	1	16	25
mai/91	16,4	37,10	1/5/1991	485	516	5	5	0	6	9
jun/91	11,7	193,80	1/6/1991	516	546	26	26	3	30	47
jul/91	11	36,10	1/7/1991	546	577	5	5	0	6	9
ago/91	15,3	203,30	1/8/1991	577	608	27	27	3	31	50
set/91	16,2	166,10	1/9/1991	608	638	22	22	2	25	41
out/91	20,1	259,10	1/10/1991	638	669	35	35	3	40	63
nov/91	22,8	80,40	1/11/1991	669	699	11	11	1	12	20
dez/91	24,3	164,00	1/12/1991	699	730	22	22	2	25	40
jan/92	25,8	117,20	1/1/1992	730	761	16	16	2	18	29
fev/92	24,5	177,20	1/2/1992	761	789	24	24	2	27	43
mar/92	21,8	61,60	1/3/1992	789	820	8	8	1	9	15
abr/92	19,4	45,00	1/4/1992	820	850	6	6	1	7	11
mai/92	16	83,30	1/5/1992	850	881	11	11	1	13	20
jun/92	14,1	176,00	1/6/1992	881	911	24	24	2	27	43
jul/92	15,1	78,90	1/7/1992	911	942	11	11	1	12	19
ago/92	16,9	272,20	1/8/1992	942	973	36	36	4	42	66
set/92	17,4	93,50	1/9/1992	973	1003	13	13	1	14	23
out/92	19,3	319,60	1/10/1992	1003	1034	43	43	4	49	78
nov/92	21,8	165,50	1/11/1992	1034	1064	22	22	2	25	40
dez/92	24,9	217,00	1/12/1992	1064	1095	29	29	3	33	53
jan/93	25,4	290,50	1/1/1993	1095	1126	39	39	4	45	71
fev/93	23,9	99,80	1/2/1993	1126	1154	13	13	1	15	24
mar/93	22,8	105,80	1/3/1993	1154	1185	14	14	1	16	26
abr/93	21,3	47,90	1/4/1993	1185	1215	6	6	1	7	12
mai/93	16,5	109,20	1/5/1993	1215	1246	15	15	1	17	27
jun/93	13,6	168,40	1/6/1993	1246	1276	23	23	2	26	41
jul/93	12,8	240,90	1/7/1993	1276	1307	32	32	3	37	59
ago/93	13,9	34,30	1/8/1993	1307	1338	5	5	0	5	8
set/93	15,8	74,80	1/9/1993	1338	1368	10	10	1	11	18
out/93	20,9	159,10	1/10/1993	1368	1399	21	21	2	24	39
nov/93	22,5	173,90	1/11/1993	1399	1429	23	23	2	27	42
dez/93	23,9	152,00	1/12/1993	1429	1460	20	20	2	23	37
jan/94	24,2	90,80	1/1/1994	1460	1491	12	12	1	14	22
fev/94	24,1	277,80	1/2/1994	1491	1519	37	37	4	43	68
mar/94	22,5	98,40	1/3/1994	1519	1550	13	13	1	15	24

abr/94	19	151,80	1/4/1994	1550	1580	20	20	2	23	37
mai/94	19	234,20	1/5/1994	1580	1611	31	31	3	36	57
jun/94	19	149,20	1/6/1994	1611	1641	20	20	2	23	36
jul/94	14,4	211,30	1/7/1994	1641	1672	28	28	3	32	52
ago/94	14,9	138,80	1/8/1994	1672	1703	19	19	2	21	34
set/94	18,4	65,20	1/9/1994	1703	1733	9	9	1	10	16
out/94	20,1	222,50	1/10/1994	1733	1764	30	30	3	34	54
nov/94	21,5	67,10	1/11/1994	1764	1794	9	9	1	10	16
dez/94	25,4	169,10	1/12/1994	1794	1825	23	23	2	26	41
jan/95	25,2	151,80	1/1/1995	1825	1856	20	20	2	23	37
fev/95	23,4	103,10	1/2/1995	1856	1884	14	14	1	16	25
mar/95	22,7	77,40	1/3/1995	1884	1915	10	10	1	12	19
abr/95	19,3	103,90	1/4/1995	1915	1945	14	14	1	16	25
mai/95	15,8	50,10	1/5/1995	1945	1976	7	7	1	8	12
jun/95	14,2	204,00	1/6/1995	1976	2006	27	27	3	31	50
jul/95	16,3	284,70	1/7/1995	2006	2037	38	38	4	44	69
ago/95	15,7	131,70	1/8/1995	2037	2068	18	18	2	20	32
set/95	16,6	168,30	1/9/1995	2068	2098	23	23	2	26	41
out/95	18,5	140,20	1/10/1995	2098	2129	19	19	2	22	34
nov/95	22,8	56,80	1/11/1995	2129	2159	8	8	1	9	14
dez/95	24,5	40,40	1/12/1995	2159	2190	5	5	1	6	10
jan/96	24,5	250,40	1/1/1996	2190	2221	34	34	3	38	61
fev/96	24,1	151,40	1/2/1996	2221	2249	20	20	2	23	37
mar/96	22,9	110,80	1/3/1996	2249	2280	15	15	1	17	27
abr/96	20,8	101,10	1/4/1996	2280	2310	14	14	1	16	25
mai/96	16,4	37,10	1/5/1996	2310	2341	5	5	0	6	9
jun/96	11,7	193,80	1/6/1996	2341	2371	26	26	3	30	47
jul/96	11	36,10	1/7/1996	2371	2402	5	5	0	6	9
ago/96	15,3	203,30	1/8/1996	2402	2433	27	27	3	31	50
set/96	16,2	166,10	1/9/1996	2433	2463	22	22	2	25	41
out/96	20,1	259,10	1/10/1996	2463	2494	35	35	3	40	63
nov/96	22,8	80,40	1/11/1996	2494	2524	11	11	1	12	20
dez/96	24,3	164,00	1/12/1996	2524	2555	22	22	2	25	40
jan/97	25,8	117,20	1/1/1997	2555	2586	16	16	2	18	29
fev/97	24,5	177,20	1/2/1997	2586	2614	24	24	2	27	43
mar/97	21,8	61,60	1/3/1997	2614	2645	8	8	1	9	15
abr/97	19,4	45,00	1/4/1997	2645	2675	6	6	1	7	11
mai/97	16	83,30	1/5/1997	2675	2706	11	11	1	13	20
jun/97	14,1	176,00	1/6/1997	2706	2736	24	24	2	27	43
jul/97	15,1	78,90	1/7/1997	2736	2767	11	11	1	12	19
ago/97	16,9	272,20	1/8/1997	2767	2798	36	36	4	42	66
set/97	17,4	93,50	1/9/1997	2798	2828	13	13	1	14	23
out/97	19,3	319,60	1/10/1997	2828	2859	43	43	4	49	78
nov/97	21,8	165,50	1/11/1997	2859	2889	22	22	2	25	40
dez/97	24,9	217,00	1/12/1997	2889	2920	29	29	3	33	53
jan/98	24,7	157,10	1/1/1998	2920	2951	21	21	2	24	38
fev/98	24,1	143,50	1/2/1998	2951	2979	19	19	2	22	35
mar/98	22,3	139,30	1/3/1998	2979	3010	19	19	2	21	34
abr/98	20	91,40	1/4/1998	3010	3040	12	12	1	14	22

mai/98	16,3	117,60	1/5/1998	3040	3071	16	16	2	18	29
jun/98	13,4	96,90	1/6/1998	3071	3101	13	13	1	15	24
jul/98	15,1	217,20	1/7/1998	3101	3132	29	29	3	33	53
ago/98	15,9	138,30	1/8/1998	3132	3163	19	19	2	21	34
set/98	16,6	163,50	1/9/1998	3163	3193	22	22	2	25	40
out/98	19,7	65,60	1/10/1998	3193	3224	9	9	1	10	16
nov/98	22	69,80	1/11/1998	3224	3254	9	9	1	11	17
dez/98	23,3	96,80	1/12/1998	3254	3285	13	13	1	15	24
jan/99	25,2	75,70	1/1/1999	3285	3316	10	10	1	12	18
fev/99	23,9	95,20	1/2/1999	3316	3344	13	13	1	15	23
mar/99	24,8	168,50	1/3/1999	3344	3375	23	23	2	26	41
abr/99	18,7	233,30	1/4/1999	3375	3405	31	31	3	36	57
mai/99	15,4	114,90	1/5/1999	3405	3436	15	15	2	18	28
jun/99	13,2	111,50	1/6/1999	3436	3466	15	15	1	17	27
jul/99	13,6	229,80	1/7/1999	3466	3497	31	31	3	35	56
ago/99	15	86,30	1/8/1999	3497	3528	12	12	1	13	21
set/99	17,1	119,90	1/9/1999	3528	3558	16	16	2	18	29
out/99	18,3	127,90	1/10/1999	3558	3589	17	17	2	20	31
nov/99	20,4	141,90	1/11/1999	3589	3619	19	19	2	22	35
dez/99	23,5	129,80	1/12/1999	3619	3650	17	17	2	20	32
jan/00	24,8	95,60	1/1/2000	3650	3681	13	13	1	15	23
fev/00	24,2	65,20	1/2/2000	3681	3709	9	9	1	10	16
mar/00	22,3	173,00	1/3/2000	3709	3740	23	23	2	27	42
abr/00	20,5	154,30	1/4/2000	3740	3770	21	21	2	24	38
mai/00	16,1	52,70	1/5/2000	3770	3801	7	7	1	8	13
jun/00	16,5	175,10	1/6/2000	3801	3831	23	23	2	27	43
jul/00	10,9	117,80	1/7/2000	3831	3862	16	16	2	18	29
ago/00	13,8	101,70	1/8/2000	3862	3893	14	14	1	16	25
set/00	16,6	224,70	1/9/2000	3893	3923	30	30	3	34	55
out/00	20	232,10	1/10/2000	3923	3954	31	31	3	36	57
nov/00	21,2	121,80	1/11/2000	3954	3984	16	16	2	19	30
dez/00	23,8	158,30	1/12/2000	3984	4015	21	21	2	24	39
jan/01	25,5	275,90	1/1/2001	4015	4046	37	37	4	42	67
fev/01	25,7	103,90	1/2/2001	4046	4074	14	14	1	16	25
mar/01	24,8	114,80	1/3/2001	4074	4105	15	15	2	18	28
abr/01	20,8	231,50	1/4/2001	4105	4135	31	31	3	36	56
mai/01	16,3	73,20	1/5/2001	4135	4166	10	10	1	11	18
jun/01	15,3	130,30	1/6/2001	4166	4196	17	17	2	20	32
jul/01	14,5	226,80	1/7/2001	4196	4227	30	30	3	35	55
ago/01	18,4	26,40	1/8/2001	4227	4258	4	4	0	4	6
set/01	17,6	172,20	1/9/2001	4258	4288	23	23	2	26	42
out/01	21,6	158,90	1/10/2001	4288	4319	21	21	2	24	39
nov/01	22,1	138,10	1/11/2001	4319	4349	19	19	2	21	34
dez/01	23,3	97,80	1/12/2001	4349	4380	13	13	1	15	24
jan/02	24,8	100,00	1/1/2002	4380	4411	13	13	1	15	24
fev/02	23,7	88,30	1/2/2002	4411	4439	12	12	1	14	22
mar/02	25,7	154,20	1/3/2002	4439	4470	21	21	2	24	38
abr/02	21	151,80	1/4/2002	4470	4500	20	20	2	23	37
mai/02	18,3	189,20	1/5/2002	4500	4531	25	25	3	29	46

jun/02	14,4	222,60	1/6/2002	4531	4561	30	30	3	34	54
jul/02	13,7	209,10	1/7/2002	4561	4592	28	28	3	32	51
ago/02	16,6	195,20	1/8/2002	4592	4623	26	26	3	30	48
set/02	15,5	223,80	1/9/2002	4623	4653	30	30	3	34	55
out/02	21,2	282,30	1/10/2002	4653	4684	38	38	4	43	69
nov/02	22,6	129,10	1/11/2002	4684	4714	17	17	2	20	32
dez/02	24	192,80	1/12/2002	4714	4745	26	26	3	30	47
jan/03	25,1	149,10	1/1/2003	4745	4776	20	20	2	23	36
fev/03	25,2	200,00	1/2/2003	4776	4804	27	27	3	31	49
mar/03	23,6	150,80	1/3/2003	4804	4835	20	20	2	23	37
abr/03	19,7	103,20	1/4/2003	4835	4865	14	14	1	16	25
mai/03	16,4	44,80	1/5/2003	4865	4896	6	6	1	7	11
jun/03	16,5	181,20	1/6/2003	4896	4926	24	24	2	28	44
jul/03	13,6	197,70	1/7/2003	4926	4957	26	26	3	30	48
ago/03	13,6	62,30	1/8/2003	4957	4988	8	8	1	10	15
set/03	16	66,30	1/9/2003	4988	5018	9	9	1	10	16
out/03	19,9	164,60	1/10/2003	5018	5049	22	22	2	25	40
nov/03	21,6	143,40	1/11/2003	5049	5079	19	19	2	22	35
dez/03	22,7	215,50	1/12/2003	5079	5110	29	29	3	33	53
jan/04	25,1	66,60	1/1/2004	5110	5141	9	9	1	10	16
fev/04	23,4	104,60	1/2/2004	5141	5169	14	14	1	16	26
mar/04	22,4	77,30	1/3/2004	5169	5200	10	10	1	12	19
abr/04	21,7	62,20	1/4/2004	5200	5230	8	8	1	10	15
mai/04	15,5	164,20	1/5/2004	5230	5261	22	22	2	25	40
jun/04	15,3	80,20	1/6/2004	5261	5291	11	11	1	12	20
jul/04	12,9	144,20	1/7/2004	5291	5322	19	19	2	22	35
ago/04	15	68,20	1/8/2004	5322	5353	9	9	1	10	17
set/04	18,6	186,20	1/9/2004	5353	5383	25	25	2	29	45
out/04	18,8	130,00	1/10/2004	5383	5414	17	17	2	20	32
nov/04	21,3	211,90	1/11/2004	5414	5444	28	28	3	33	52
dez/04	23,3	43,60	1/12/2004	5444	5475	6	6	1	7	11
jan/05	25,1	175,00	1/1/2005	5475	5506	23	23	2	27	43
fev/05	23,4	49,80	1/2/2005	5506	5534	7	7	1	8	12
mar/05	22,4	79,80	1/3/2005	5534	5565	11	11	1	12	19
abr/05	21,7	17,70	1/4/2005	5565	5595	2	2	0	3	4
mai/05	15,5	171,00	1/5/2005	5595	5626	23	23	2	26	42
jun/05	15,3	66,60	1/6/2005	5626	5656	9	9	1	10	16
jul/05	12,9	67,50	1/7/2005	5656	5687	9	9	1	10	16
ago/05	15	80,30	1/8/2005	5687	5718	11	11	1	12	20
set/05	18,6	28,80	1/9/2005	5718	5748	4	4	0	4	7
out/05	18,8	126,90	1/10/2005	5748	5779	17	17	2	19	31
nov/05	21,3	26,30	1/11/2005	5779	5809	4	4	0	4	6
dez/05	23,3	27,30	1/12/2005	5809	5840	4	4	0	4	7
jan/06	25,1	175,00	1/1/2006	5840	5871	23	23	2	27	43
fev/06	23,4	49,80	1/2/2006	5871	5899	7	7	1	8	12
mar/06	22,4	79,80	1/3/2006	5899	5930	11	11	1	12	19
abr/06	21,7	17,70	1/4/2006	5930	5960	2	2	0	3	4
mai/06	15,5	171,00	1/5/2006	5960	5991	23	23	2	26	42
jun/06	15,3	66,60	1/6/2006	5991	6021	9	9	1	10	16

jul/06	12,9	67,50	1/7/2006	6021	6052	9	9	1	10	16
ago/06	15	80,30	1/8/2006	6052	6083	11	11	1	12	20
set/06	18,6	95,90	1/9/2006	6083	6113	13	13	1	15	23
out/06	18,8	40,20	1/10/2006	6113	6144	5	5	1	6	10
nov/06	21,3	81,00	1/11/2006	6144	6174	11	11	1	12	20
dez/06	23,3	80,70	1/12/2006	6174	6205	11	11	1	12	20
jan/07	25,1	90,90	1/1/2007	6205	6236	12	12	1	14	22
fev/07	23,4	168,60	1/2/2007	6234	6265	23	23	2	26	41
mar/07	22,4	107,60	1/3/2007	6265	6296	14	14	1	17	26
abr/07	21,7	38,90	1/4/2007	6295	6326	5	5	1	6	9
mai/07	15,5	137,00	1/5/2007	6326	6357	18	18	2	21	33
jun/07	15,3	236,00	1/6/2007	6356	6387	32	32	3	36	58
jul/07	12,9	179,00	1/7/2007	6387	6418	24	24	2	27	44
ago/07	15	145,00	1/8/2007	6418	6449	19	19	2	22	35
set/07	18,6	177,40	1/9/2007	6448	6479	24	24	2	27	43
out/07	18,8	70,00	1/10/2007	6479	6510	9	9	1	11	17
nov/07	21,3	132,20	1/11/2007	6509	6540	18	18	2	20	32

ANEXO IV

Questionário do ZEEBRA para Hidrogeologia

HIDROGEOLOGIA QUALIDADE

- 1) Qual é a característica da água subterrânea, na área de estudos, quanto ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD mg/L)?
> 1000

- entre 1000 e 200
< 200
- 2) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos de concentração de nitritos (mg/L NO^2), na área de estudos?
> 1
entre 1 e 0,1
< 0,1
- 3) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea em termos de concentração de nitratos (mg/L NO^3) na área de estudos?
> 10
entre 10 e 5
< 5
- 4) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos de concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em (mg/L O^2) na área de estudos?
> 1
Entre 1 e 0,1
< 0,1
- 5) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos de concentração de demanda química de oxigênio (DQO), em (mg/L O^2), na área de estudos?
> 10
Entre 10 e 5
< 5
- 6) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos de concentração de fosfato (mg/L PO^4), na área de estudos?
> 1,0
Entre 1,0 e 0,5
< 0,5
- 7) Como é a qualidade da água subterrânea, em termos de concentração de sólidos suspensos (Turbidez) em (UT), na área de estudos?
> 5
entre 5 e 1
< 1
- 8) Quanto de metal pesado Pb tem na água subterrânea, na área de estudos, (mg/L Pb)?
> 0,01
= 0,01
< 0,01
- 9) Quanto de fluoreto tem na água subterrânea, na área de estudo (mg/L F)?
> 1,5
entre 1,5 e 1,0
< 1,0
- 10) Quanto de metal pesado, Selênio tem na água subterrânea da área de estudos (mg/L Se)?

- > 0,01
= 0,01
<0,01
- 11) Quanto de metal pesado Cu tem na água subterrânea da área de estudos (mg/L Cu)?
> 2
entre 2 e 1
< 1
- 12) Quanto de metal pesado Zn tem na água subterrânea da área de estudos (mg/L Zn)?
> 5,0
entre 5,0 e 0,2
< 0,2
- 13) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos pH (potencial hidrogeniônico), na área de estudos?
< 6,0
entre 6,0 e 9,5
> 9,5
- 14) Como é a cor (uH = mg Pt-Co/L) da água subterrânea, na área de estudos?
> 15
entre 15 e 1
< 1
- 15) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos sódio (mg/L), na área de estudos?
> 200
entre 200 e 100
< 100
- 16) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos cálcio (mg/L), na área de estudos?
> 500
entre 500 e 100
< 100
- 17) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos cloretos (mg/L), na área de estudos?
> 250
entre 250 e 50
< 50
- 18) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos ferro (mg/L), na área de estudos?
> 0,3
entre 0,3 e 0,1
< 0,1

- 19) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos manganês (mg/L), na área de estudos?
> 0,1
entre 0,1 e 0,01
< 0,01
- 20) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos sulfato (mg/L), na área de estudos?
> 250
entre 250 e 100
< 100
- 21) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos potássio (mg/L), na área de estudos?
> 10
entre 10 e 1
< 1
- 22) Qual é a relação referente à qualidade da água subterrânea, em termos de dureza (mg/L), na área de estudos?
> 500
entre 500 e 100
< 100
- 23) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado na distância, em relação a linha de costa? Unidade (km).
< 1
entre 1 e 10
> 10
- 24) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado na distância, em relação à linha de costa? Unidade (km). Símbolo (L) Unidade (m).
Alto < 0,1
Moderado entre 0,1 e 10
Baixo > 10

HIDROGEOLOGIA QUANTIDADE

- 1) Existem locais, na área de estudos, com relevo cárstico?
Nenhum
1
> 1
- 2) Existem, na área de estudos, vertentes de água livre, com mata ciliar renovadora e reguladora dos recursos hídricos?
Nenhuma
Poucas
Muitas

- 3) Qual é a densidade do sistema de fraturas e falhas em rochas ígneas e/ou metamórfica, na área de estudos?
Baixa (< 33,3%)
Média (entre 33,3% e 66,7%)
Alta (> 66,6%)
- 4) Qual é a densidade do sistema de fraturas e falhas em meio poroso, na área de estudos?
Baixa (< 33,3%)
Média (entre 33,3% e 66,7%)
Alta (> 66,6%)
- 5) Qual é a quantidade de água subterrânea retirada, a partir de poços tubulares, na área de estudos?
Maior do que a Recarga
Compatível com a Recarga
Menor do que a Recarga
- 6) Existe uso de água subterrânea para a irrigação?
Muito
Pouco
Nenhum
- 7) Qual é a relação do consumo de água subterrânea por economia (m^3 /dia), na área de estudos?
< 500
Entre 500 e 1.000
> 1.000
- 8) A área de estudos está inserida no denominado Sistema Aquífero Guarani?
Não
Em parte
Toda
- 9) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado nas características de difusibilidade? Unidade m^2/h .
Entre 100.000 e 1.001
Entre 1.001 e 101
Entre 100 e 10
- 10) Qual é a relação de balanço hídrico simplificado (caixa preta), que permite relacionar a entrada no sistema, recarga (R) e saídas por bombeamento da água subterrânea (Q)?
 $R < Q$
 $R = Q$
 $R > Q$
- 11) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado na relação armazenamento (S) por recarga (R) (S/R)? Unidade (m).
Entre 0,1 e 0,01
Entre 0,011 e 0,001
Entre 0,0011 e 0,0001

- 12) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado no rebaixamento permitido até o horizonte do aquífero? Unidade (m).
 < 20
 Entre 20 e 50
 > 50
- 13) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado na profundidade do nível de água? Unidade (m).
 < 50
 Entre 50 e 100
 > 100
- 14) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado nas características de difusibilidade? Símbolo T/S unidade m²/h.
 Alta (> 100.000)
 Moderada (entre 100.000 e 10)
 Baixa (< 10)
- 15) Qual é a relação de balanço hídrico simplificado (caixa preta), que permite relacionar a entrada no sistema, recarga (R) e saídas por bombeamento da água subterrânea (Q)?
 R < Q
 R = Q
 R > Q
- 16) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado na relação armazenamento (S) por recarga? Símbolo (S/R) Unidade (m).
 Alto (> 0,1)
 Moderado (entre 0,1 e 0,0001)
 Baixo (< 0,0001)
- 17) Quais são as características do aquífero, frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado no rebaixamento até o horizonte permitido (ND de Projeto) do aquífero? Símbolo (s) Unidade (m).
 Alto (> 10)
 Moderado (entre 10 e 100)
 Baixo (> 100)
- 18) Quais são as características de operação dos poços tubulares monitorados frente ao impacto de efeitos adversos do bombeamento baseado no critério colapso de bombeamento?
 Em colapso
 Em alerta
 Normal

HIDROLOGIA QUALIDADE

- 1) Qual é posição relativa da área de estudo dentro da bacia hidrográfica ou unidade maior de estudo?
 Zona de foz
 Zona de vale fluvial
 Zona de cabeceiras

- 2) Como é a qualidade da água subterrânea, em termos de coliformes fecais em nmp/100mL, na área de estudos para uma população abastecida de 20.000 a 250.000 habitantes?
Ausente
Entre 1 e 30
> 30
- 3) Existem locais, na área de estudos, para tratamento de poluentes orgânicos domésticos?
Nenhuma
Poucos
Muitos
- 4) Existe rede de coleta e afastamento de esgotos domésticos na área de estudos (%)?
Ausente
Entre 1 e 30
> 30
- 5) Existem lavras e minerações na área de estudos?
Muitas
Poucas
Nenhuma
- 6) Qual é a quantidade de adubo sintético gasto por ano, na área de estudos?
Grande
Pequena
Nenhuma
- 7) São utilizadas, na área de estudos, medidas alternativas de substituição aos agrotóxicos?
Nenhuma
Poucas
Muitas
- 8) Existe, no local de estudos, usina de reciclagem de resíduos sólidos urbanos?
Nenhuma
1
> 1
- 9) Existe, na área de estudos, depósito de resíduos sólidos urbanos a céu aberto?
Muito
Pouco
Nenhum
- 10) Existe aterro sanitário suficiente, na área de estudos, para o lixo produzido?
Não
Poucos
Muitos
- 11) Existe local, na área de estudos, com disposição de lixo atômico ou usina nuclear?
> 1
1
Nenhum

- 12) Existe local, na área de estudos, com planta petroquímica?
> 1
1
Nenhum
- 13) Existem locais, na área de estudos, com refinarias de petróleo e oleodutos?
> 1
1
Nenhum
- 14) Existem locais, na área de estudos, com termoelétricas?
> 1
1
Nenhum
- 15) Que contingente da população urbana tem acesso à água tratada, na área de estudo (%)?
< 80
= 80
> 80
- 16) Que contingente da população rural tem acesso à água tratada na área de estudo (%)?
< 20
= 20
> 20

HIDROLOGIA QUANTIDADE

- 1) Existe um controle normativo, quanto à emissão de carga poluente por curso de água, na área de estudos?
Nenhum
Parcial
Total
- 2) Qual é o valor da densidade de drenagens (km/km²), na área de estudos?
> 0,36
= 0,36
< 0,36
- 3) Qual é a precipitação média anual da área de estudos (mm/ano)?
< 250
Entre 250 e 900
> 900
- 4) Existem plantações de eucaliptos, em regiões elevadas da área de estudos?
Muitas
Pouca
Nenhuma
- 5) Existem locais com barragens ou grandes açudes, na área de estudos?
> 1

- 1
Nenhum
- 6) Existem áreas com vegetação nativa, que estão sendo, paulatinamente, devastadas na área de estudos?
Muitas
Poucas
Nenhuma
- 7) Qual é densidade populacional (hab./km²), na área de estudos?
> 150
Entre 150 e 10
< 10
- 8) Qual é a tendência do crescimento populacional da área de estudos, nos últimos cinco anos?
Positiva
Estabilizada
Negativa
- 9) Qual é a quantidade de água tratada, que está sendo perdida na rede de distribuição (%)?
> 50
Entre 50 e 30
< 30
- 10) Quais são as características da condutividade hidráulica dos cursos de água (rios, arroios, drenagens e outros) como fator de interferência ou limitação no favorecimento de recargas? Símbolo K. Unidade m/dia.
Baixa (< 0,02)
Média (entre 0,021 e 2,49)
Alta (> 2,49)
- 11) Quais são as características da recarga na área baseado na condutividade hidráulica dos solos, como fator de maior ou menor infiltração? Símbolo K. Unidade m/dia.
Baixa (< 0,02)
Média (entre 0,021 e 2,49)
Alta (> 2,49)

AÇÃO INSTITUCIONAL

- 1) Qual a quantidade de poços tubulares com monitoramento de qualidade da água, para os parâmetros de cor, turbidez, pH e fluoretos diários no sistema de distribuição na área de estudos, para uma população de até 10.000 habitantes?
Nenhum
1
> 1
- 2) São aplicadas efetivamente as leis ambientais, na área de estudos?
Não
Pouco efetivas
Sim

- 3) Existem programas de irrigação local na área de estudos?
Nenhum
Em implantação
Implantado
- 4) Existem pontos de água outorgados, na área de estudos?
Nenhum
Em implantação
Implantado
- 5) Existem indústrias, sem licença de operação (L.O.) dos respectivos órgãos ambientais nas proximidades de corpos d'água, na área de estudos?
> 2
Entre 2 e 1
Nenhuma
- 6) Existem programas de educação ambiental voltado para os recursos hídricos, na área de estudos?
Não possui
Em fase de implantação
Com atividade continuada
- 7) Existem locais de lazer e turismo como fontes termais e outros, na área de estudos?
Nenhum
1
> 1
- 8) Qual é a taxa de mortalidade infantil ($_{o/oo}$), na área de estudos?
> 50
Entre 50 e 20
< 20
- 9) Existem programas de saneamento básico na área de estudos?
Nenhum
Em implantação
Implantado
- 10) Existe mídia sobre a área de estudos voltada à conscientização ambiental?
Nenhuma
Parcial
Atuante
- 11) Existem programas de gestão de políticas públicas em recursos hídricos, na área de estudos?
Nenhum
Em implantação
Implantado
- 12) Existe Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas ou Fórum de Sub-bacia hidrográfica, na área de estudos?

Não implantado
Em implantação ou pouco atuante
Implantado e atuante

13) Existem programas de gestão de políticas públicas em recursos hídricos, na área de estudos?

Não
Em implantação
Sim

ANEXO V

**Parâmetros Hidrodinâmicos e Físicos Químicos dos Poços Cadastrados pela
CORSAN, CPRM, período de 1990 – 2007**

N.	POÇO	UTM-E	UTM-N	UTM-H	NE	ND	Q	Prof.	STD(1)	STD(06)	SO ₄ (1)	S
	IV 2	483965	6725172	145.4	67.58	93	21	186	147	160		
	IV 3	483988	6725794	150.6	81.87	92	25	175	213.4	142		
	IV 4	484443	6725586	120	14.51	85.49	70	184	278.6	166	18,3	
	IV 5	484713	6724897	153.6	76	110	10	181	214.5	207	4,0	
	IV 6	482742	6724723	164.5	85.6	115.4	15	174	272.9	185	17,6	
	IV 7	484834	6723508	192	118.5		5	200				
	IV 8	483565	6724150	140	63.46	104	16	200	126	97	4,3	
	IV 9	484414	6723580	220	SN			212				
	IV 10	484875	6724419	165	83.38	128	10	200	216.7	192	6,9	
	IV 11	484827	6722670	174	93.4	130	3	200	192.7			
	IV 12	483885	6727039	43	2.25	103	18	200	1253.4		52,2	
	IV 13	483202	6724566	145.5	65.48	95	12	156	169.1	162	1,6	
	IV 14	483751	6723651	174	97.86	115	20	180	137.9	140	1,0	
	IV 15	485191	6726047	130	64.89	86	30	198	167	162	2,0	
	IV 16	485343	6724871	180	SN			204				
	IV 18	483489	6725043	143	73	146	18	180	152	131	1,1	
	IV 19	482251	6724482	182	97.4	120	18	174	150	110		
	IV 20	484731	6723846	184	111.25	139.2	2	180	281			
	IV 21	483911	6723038	170	SN			180				
	IV 22	486332	6722803	185	SN			180				
	IV 23	485067	6726161	115.3	75.58	100	26.6	169	165	168		
	IV 24	485240	6722978	206	130.3	152	18	186	259	148	5,18	
	IV 25	484159	6726852	110	SN			120				
	IV 26	483469	6723823	170	93.21	100	12	186	116	109		
	IV 27	484990	6725536	170	120	140	20	260		198		
	IV 28	483231	6724061	140	55	95.88	35	160		95		
	CJ 1	487815	6726020	154	90		6.7	174				
	EV 4	483831	6721700	47	0.57	32	20	57	147			
	EV 6	482220	6720100	35	2.46	87	8	129	186			
	EV 7	481040	6718110	40	0.13	108.6	3.91	137	173			
	EV 8	484695	6720204	60	0.72	96.2	8	92	123.9			
	EV 10	484180	6719800	49	0.13	75.61	12	141	145			
	EV 11	481820	6719480	35	SN			190				
	EV 13	485470	6719690	50	SN			144				
	EV 14	481514	6722005	53	2.18	108.2	12	198	190			
	EV 15	486000	6719680	45	SN			198				
N.	POÇO	UTM-E	UTM-N	UTM-H	NE	ND	Q	Prof.	STD(1)	STD(06)	SO ₄ (1)	S
	EV 16	483657	6721389	52	2.5	144.6	7.33	200				
	EV 18	484000	6720350	85	21.65	100	20	153	153			
	EV 17	484202	6722589	60	4.29	70	25	140	144			
	EV 19	482027	6722589	64	3.93	76	40	121	121			
	EV 5	484113	6718840	140	76.15	132	10	207	120.7			
	EV 20	482024	6721337	43	1.83	120	30	205	205			
	EV 1	483200	6719600									
	EV 2				1.5		5.4					
	EV 3						17.6					
	EV 12											
	H-789	480889	6726500									
	EV 21	478345	6719003	60	21	120	5	300	169			

	EV 9	484404	6719897	60	0.6	122.7	10	138	194			
	PM	484588	6717924	70	0.35	80	10	150	61			
	GE	481922	6722622	80	9.5		17					
	PIV 1	484385	6725410				10					
	PIV 4	484458	6725570				18					
	PIV 5	483814	6724290				18					
	PIV 7	483559	6724430				10					
	PIV21	482013	6726840				10					
	PIV22	481887	6726950				10					
	PIV23	481779	6727070				10					
	PIV24	481540	6727110				10					
	PIV25	481306	6727000				10					
	PIV26	481296	6726230				10					
	PIV27	483145	6726230				12					
	PIV28	483915	6722357				10					
	IR 614	484731	6723832					180	191.75			
	IR 615	483912	6727066					200	565.57			
	IR 616	484161	6726853					120				
	IR 617	486858	6723702					163	69.55			
	IR 618	482942	6723560	JP 1	93.3	100.72		270	167.05			
	IR 619	482847	6723485	JP 2	99.22	116.36		350	218.4			
	IR 620	482435	6725304						193.7			
	IR 621	485462	6732334						193.7			
	IR 622	481502	6731239						214.5			
	IR 623	484853	6728631						252.2			
N	POÇO	UTM-E	UTM-N	UTM-H	NE	ND	Q	Prof.	STD(1)	STD(06)	SO₄(1)	S
	IR 624	486737	6728015		1.4	35.3	12	160	200.2			
	IR 625	487252	6728032						217.75			
	IR 626	486568	6726836	105	90	92	8.8	180	166.4			
	IR 627	487082	6726059		67.74	83.42	5.58	186	123.5			
	IR 628	489008	6725895	130	94.94	111.36	4.06	235	146.25			
	IR 629	487901	6726470		63	70	7.5	120	135.85			
	IR 630	484684	6724505	280	122.58	145.9	4.8	204	52.46			
	IR 631	484727	6724546		28	150	6	207	172.25			
	IR 632	484090	6724256		27	96	2	134	248.95			
	IR 633	483895	6724338		102.1	119.34	4.8	130	130			
	IR 634	487151	6722636		73.4	95.72	14.07	202	134.55			
	IR 635	486994	6722749		3.3	17	16	200	133.9			
	IR 636	487170	6723047	182	93.2	107.7	4.74	200	111.8			
	IR 637	484376	6724000	154	21	96	6.6	173	202.15			
	IR 638	484118	6723481		8.7	31.54	7.5	54	241.15			
	IR 639	481943	6723562		90	202	1.42	251	209.65			
	IR 640	486113	6726054					240	220.35			
	IR 641	482103	6729470						166.4			
	IR 642	484664	6726401						228.8			
	IR 643	486152	6726267	105	60		7	244	92.3			
	IR 644	486151	6726160	112	66.8	112.24	6.89	217	123.5			
	IR 645	487819	6726115					180	231.4			
	P 01	483580	6720600	60			10	73	478.8			
	P 02	483590	6720660	60			25	80	532			
	P 03	482800	6720840	60			65	150	388.1			
	P 04	482860	6720960	90			80	120	393.7			

	P 05	482890	6720500	30			4.5	100	585.2			
	P 06	482930	6721150	100			0	130	789.4			
	P 07	483480	6721640	70			18	133				
	P 08	483380	6721260	70			22	120				
	P 09	482000	6720740	45			20	123	380.5			
	P 10	483300	6719650	50	18		3	60	458.2			
	P 11	483300	6719600	50	20		7.5	110	473.3			
	P 12	483040	6719660	50			3	78	189.9			
	P 13	483070	6719620	50			7	90	448.5			
	P 14	483020	6719610	50			12	100	782.3			
	P 15	483320	6719380	55	3		6	80	255.9			
N.	POÇO	UTM-E	UTM-N	UTM-H	NE	ND	Q	Prof.	STD(1)	STD(06)	SO₄(1)	S
	P 16	483260	6719360	55			12	80				
	P 17	483220	6719400	55			8.5	150	372.2			
	P 18	482990	6720460	30			2	60	1293.2			
	P 19	482980	6720490	30			2	60	1163			
	P 20	480600	6718480	20	12		2.2	130	979			
	P 21	480620	6718530	20	8		4.7	150	1126.4			
	P 22	480620	6718600	20			3.6	120	2398.9			
	P 23	480630	6718580	20	12		7.3	130	1574.4			
	P 24	480630	6718640	20	12		10	120	652.2			
	P 25	480630	6718680	20	12		12	120	652.2			
	P 26	481380	6719420	30			12	120	744.8			
	P 27	480850	6718380	25	18		2	120	918			
	P 28	483540	6720470	60	60		30	150	606.5			
	P 29	483510	6720540	60	60		15	60	651.2			
	P 30	483470	6720540	55	70		12	70	1064			
	P 31	483680	6720920	70	20		15	110	904.4			
	P 32	482850	6720830	60	30		30	120	798			
	P 33	482900	6720840	80	30		12	120	1521.8			
	P 34	482900	6720760	55	30		10	120				
	P 35	482780	6720520	35	30		7.5	120	1010.8			
	P 36	482670	6721130	65	30		80	164	597.9			
	P 37	479800	6718530	35	30		0.4	90	819.3			
	P 38	479770	6718540	35	12		0.45	105	709.2			
	P 39	479910	6718360	40	12		0.7	100	787.4			
	P 40	483450	6720170	45			5	50	883.4			
	P 41	483430	6720210	45	8		4	92	1621.1			
	P 42	483390	6720180	45	6		5	96				
	P 43	482340	6718680	55	5		4	60	136.7			
	P 44	483360	6719920	45	4.65		3	60	136.7			
	P 45	483020	6719820	45	1.5		2	80				
	P 46	483410	6719620	45			11.42	106	594.5			
	P 47	483410	6719660	45	3		0.687	108	924			
	P 48	481410	6719710	45	2		10.7	124	500			
	P 49	481530	6719370	30	5		15	113	782.3			
	P 50	481440	6719380	30	5		12	103	1266.2			
	P 51	481530	6719420	30	5		10	107	638.4			
	P 52	480800	6719040	30			39.6	150	606.1			
N.	POÇO	UTM-E	UTM-N	UTM-H	NE	ND	Q	Prof.	STD(1)	STD(06)	SO₄(1)	S
	P 53	480800	6718980	30			20	160				

P 54	480800	6718940	30			20	160	358.7			
P 55	480670	6719170	35			15	160	269.5			
P 56	480600	6719100	40			18	140	269.5			
P 57	480680	6719070	35			20	160	269.5			
P 58	479460	6715560	33	65		0.7	160	2181.2			
P 59	485860	6719270	30	3		2.5	94	829.9			
P 60	485860	6719430	30			1.8	74.5	173.9			
P 61	485940	6719950	40	10		4	85	172.5			
P 62	485420	6721660	90	18		9	80	186.2			
P 63	485170	6721650	90			0.3	65	228.3			
P 64	486120	6718300	30	10		18	103				
P 65	484000	6722002	45	12		1.5	42	489.2			

Observação: Leituristas da CORSAN identificaram 42 pontos de bombeamento, unifamiliares ou de uso comercial (poços clandestinos / fontes alternativas)

LEGENDAS	Unidade
Nível estático - NE	m
Nível dinâmico - ND	m
Vazão - Q	m ³ /h
Profundidade – Prof.	m
Sólidos Totais Dissolvidos – STD (1)	mg/L
Sólidos Totais Dissolvidos – STD (06)	mg/L
Sulfatos – SO₄ (1)	mg/L
Sulfatos - SO₄ (06)	mg/L
MODFLOW - MOD	Modelo
Estacionário	E
Não Estacionário com poços da CORSAN	C
Não Estacionário com total de Poços	T
Modelo Numérico - MN	Legenda com números