



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DA RECARGA ANUAL NO AQUÍFERO BAURU
NO MUNICÍPIO DE ARAGUARI, MINAS GERAIS**

AUTORA: Gisele Ana Bertol

ORIENTAÇÃO: Prof^a Dr^a Leila Nunes Menegasse Velásquez
COORIENTAÇÃO: Dr^a Stela Dalva Santos Cota

BELO HORIZONTE
2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DA RECARGA ANUAL NO AQUÍFERO BAURU
NO MUNICÍPIO DE ARAGUARI, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao curso
de mestrado do Instituto de
Geociências da Universidade
Federal de Minas Gerais

Área de concentração:
Geologia Econômica e Aplicada

AUTORA: Gisele Ana Bertol

BANCA EXAMINADORA:

Dr^a Leila Nunes Menegasse Velásquez
(IGC/UFMG)

Dr. Luis de Almeida Prado Bacellar
(UFOP)

Dr. Rubens Martins Moreira
(CDTN)

BELO HORIZONTE
2007

Poema da Água

Bendita seja, pois, água divina que fecunda, consola, dessedenta, purifica, e que, desde pequenina, feita gota de orvalho, mata a sede das plantas entreabertas e prepara o festivo esplendor da primavera e que, nascida em píncaros da serra vem de tão alto, procurando sempre ter um fim de planície e de humildade até perder, na última renúncia, o nome de batismo de seus rios para ficar anônima nos mares.

Luiz Nogueira Barros

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais Luiz e Zeli que tanto amo e que deram o impulso inicial em minha trajetória.

Agradeço a Prof^a Dr^a Leila Nunes Menegasse Velásquez e à Dr^a Stela Dalva dos Santos Cota, pela orientação, sugestões, críticas, dedicação, paciência e estímulos a mim dedicados.

Agradeço a todos os amigos do CDTN por estarem sempre dispostos a me ajudar no esclarecimento de qualquer dúvida, Otávio Eurico, Carlos Alberto, Virgílio Bontempo, Paulo Minardi, Paulo Rodrigues, Vinícius Verna e um agradecimento muito especial ao Cláudio Camargos que muito me auxiliou dispondo de seu tempo e por todo o conhecimento a mim transmitido.

Ao Programa de pós-graduação em geologia pela da UFMG pela oportunidade que me foi concedida para a realização do mestrado.

Ao fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF) pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) e a Superintendência de Água e Esgoto de Araguari (SAE) pela disponibilização dos dados fluviométricos, imprescindíveis para esse estudo.

Ao Geógrafo Rafael Rodrigues pela disponibilização de dados pluviométricos e pela realização das medidas de variação do nível da água nos poços em Araguari, colaboração de fundamental importância.

A Jussara Diaz por sua amizade, apoio e pela troca de conhecimentos durante o caminho percorrido ao longo desses dois anos.

Agradeço também a minha maninha Jakelaine e as minhas amigas Alessandra e Rosilene, que mesmo distantes sempre me apoiaram e me deram forças para enfrentar os desafios e as dificuldades para a elaboração dessa dissertação.

E por fim, dedico essa dissertação ao meu amor Otávio e aos meus sogros Luiz Octávio e Maria Célia por me acolherem em seu maravilhoso lar, pelo incentivo, compreensão e carinho. Amo vocês.

RESUMO

No município de Araguari, o aquífero Bauru é intensamente explorado, sendo que o suprimento de água para o abastecimento público, irrigação e uso industrial é feito quase exclusivamente por suas águas, gerando conflitos entre os usuários, principalmente do setor agrícola. A avaliação da recarga aquífera é um fator determinante para o gerenciamento das explorações de água subterrânea, sendo a recarga definida, de maneira geral, como a quantidade de água que é acrescentada ao aquífero, em um determinado período de tempo. Nesta dissertação, a recarga aquífera anual foi estimada por meio dos métodos da análise da curva de recessão do hidrograma e pelas medidas de variação do nível da água e os resultados foram comparados às recargas estimadas pelo balanço hídrico e pelo traçador radioativo, efetuadas por outros autores na mesma área e período. O trabalho foi desenvolvido em duas sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica Ribeirão das Araras, totalizando uma área de 37,3km². Os valores estimados pela análise da curva do hidrograma compreenderam dois anos hidrológicos 2003/2004 e 2004/2005. Para o primeiro ano foram estimados valores de 398mm para sub-bacia Córrego Amanhece e 422mm para a sub-bacia Ribeirão das Araras, e de 515mm e 543mm, respectivamente, para o segundo ano hidrológico. Em comparação com os métodos do balanço hídrico e do traçador radioativo, o método da análise da curva de recessão mostrou-se menos influenciado pela precipitação mais recente, fornecendo estimativas mais representativas ao longo do tempo. Entretanto, este método aplicado em áreas com influência antrópica podem levar a incertezas na obtenção do coeficiente de recessão devido a alterações na geometria da curva de recessão pelas retiradas de água superficial e subterrânea. A recarga aquífera anual estimada por meio da variação do nível da água, utilizando a média da somatória dos incrementos de nível d'água, foi de 470mm, correspondente ao período de mar/2005 a fev/2006. Esse método foi aplicado em um período diferente dos demais métodos, mas o valor estimado apresentou resultados satisfatórios. A comparação do resultado com valores de literatura estimados a partir do desnível máximo mostrou que o uso da média dos eventos de ascensão permite agregar todos os incrementos de recarga ao longo do período monitorado, levando a valores de recargas maiores. Esse método mostrou-se também bastante sensível a influências antrópicas em áreas urbanas.

Palavras chave: Recarga, aquífero Bauru, curva de recessão.

ABSTRACT

In the Araguari district, the Bauru aquifer is intensely explored, and it is the main water supply source for public provisioning, irrigation and industrial uses. That intense exploitation generates conflicts among users, mainly of the agricultural sector. The aquifer recharge evaluation is a decisive factor for the ground water management. Ground water recharge is defined in general, as the amount of water that is added to the aquifer, in a certain period of time. In this dissertation, the aquifer annual recharge was estimated through hidrogram recession curve analysis methods and water level variation measures, and the results were compared to the water balance estimated recharges and by the radioactive tracer, made by other authors in the same area and period. The work was developed in two sub-basins that belong to the Ribeirão das Araras hidrographical basin, which has a total area of 37,3km². The estimated values in the hidrogram curve analysis comprehend two hydrological years - 2003/2004 and 2004/2005. For the first year, the 398mm value was estimated for Córrego Amanhece sub basin and the 422mm for Ribeirão das Araras sub basin; also, the 515mm and the 543mm values were estimated, respectively, for the second hydrological year. Compared to the water balance and the radioactive tracer methods, the recession curve analysis method was less influenced by the most recent precipitation, supplying more representative estimates along the time. However, to apply this method in areas where some anthropogenic influence exists can take to uncertainties in the recession coefficient obtaining due to recession curve geometry variations for the superficial and underground water withdrawn. The estimated aquifer annual recharge through the water level variation, using the water level increments sum average, was 470mm, corresponding to mar/2005-fev/2006 period. That method was applied in a different period from other methods, but the obtained estimated value was satisfactory. When the obtained results where compared to literature values estimated from the maximum level variation, it was shown that the water level increased events average use allows to join all the recharge increments along the monitored period, taking to larger recharges values. This method was also shown quite sensitive to antropogenic influences in urban areas.

Key Words: Recharge, Bauru aquifer, recession curves.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII

CAPÍTULO 1

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ARAGUARI	3
1.2 – OBJETIVOS.....	4
1.3 - JUSTIFICATIVAS	4

CAPÍTULO 2

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 – CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA REGIONAL.....	5
2.1.2 – <i>Bacia Sedimentar do Paraná</i>	5
2.1.2 – <i>Sistema Aquífero Guarani (SAG)</i>	8
2.2 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO DE ARAGUARI	11
2.2.1 - <i>Dados sócio-economicos</i>	11
2.2.2 – <i>Uso da água no município</i>	12
2.2.3 – <i>Clima</i>	14
2.2.4 – <i>Hidrografia</i>	14
2.2.5 – <i>Geomorfologia</i>	17
2.2.6 – <i>Solos</i>	18
2.2.7 – <i>Vegetação</i>	20
2.2.8 – <i>Geologia</i>	20
2.2.8.1 - <i>Unidades Pré-Cambrianas</i>	20
2.2.8.2 - <i>Unidades Mesozóicas</i>	22
2.2.8.2.1 - <i>Grupo São Bento</i>	22
2.2.8.2.2 - <i>Grupo Bauru</i>	24
2.2.8.3 - <i>Unidades Cenozóicas</i>	26
2.2.9 – <i>Unidades Aquíferas</i>	27
2.2.9.1 - <i>Aquífero Botucatu</i>	27
2.2.9.2 - <i>Aquífero Serra Geral</i>	27
2.2.9.3 - <i>Aquífero Bauru</i>	28
2.3 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, USO DA ÁGUA E DO SOLO NAS SUB-BACIAS EXPERIMENTAIS	31
2.4 – RECARGA AQUÍFERA	33
2.4.1 – <i>Fatores que influenciam na recarga aquífera</i>	35
2.4.2 – <i>Métodos de avaliação de recarga</i>	36
2.4.2.1 – <i>Análise da curva de recessão do hidrograma</i>	36
2.4.2.2 – <i>Variação do nível da água (VNA)</i>	40
2.4.2.3 – <i>Balanço Hídrico</i>	42

2.4.2.4 – Técnica de Traçadores.....	44
2.5 – HISTÓRICOS DOS ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS REALIZADOS NO MUNICÍPIO DE ARAGUARI	46
CAPÍTULO 3	
3 - METODOLOGIA	50
CAPÍTULO 4	
4 - RESULTADOS	53
4.1 – TRATAMENTO DOS DADOS MONITORADOS	53
4.1.1 - <i>Dados pluviométricos</i>	53
4.1.2 - <i>Dados Fluviométricos</i>	56
4.1.3 - <i>Dados de Variação do Nível da Água</i>	62
4.2 – RESULTADOS DOS MÉTODOS ESTIMATIVOS DE RECARGA APLICADOS NO ESTUDO.....	66
4.2.1 – <i>Estimativa da recarga anual pelo método da Análise da curva de recessão de hidrograma</i>	66
4.2.2 – <i>Estimativa da recarga anual pelo método da Variação do nível d’água</i>	71
4.3 – DISCUSSÕES.....	72
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS.....	82
ANEXO 1 - SÉRIE DAS PRECIPITAÇÕES MENSAS DA ESTAÇÃO ARAGUARI (MG) - CÓDIGO ANA: 01848010	82
ANEXO 2 – OUTORGADOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NAS SUB-BACIAS RIBEIRÃO DAS ARARAS E CÓRREGO AMANHECE.....	83
ANEXO 3 – DADOS DIÁRIOS DE VAZÕES DA SUB-BACIA RIBEIRÃO DAS ARARAS.....	85
ANEXO 4 – DADOS DIÁRIOS DE VAZÕES DA SUB-BACIA CÓRREGO AMANHECE.....	93
ANEXO 5 – DADOS DOS POÇOS SELECIONADOS PARA MEDIÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA.....	101

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Localização do Município de Araguari.....	3
--	---

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Localização da Bacia do Paraná na América do Sul.....	6
Figura 2.2 – Coluna cronoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná.....	8
Figura 2.3 – Mapa esquemático do SAG... ..	9
Figura 2.4 – Mapa Hidrográfico do município de Araguari.....	16
Figura 2.5 - Mapa de solo das sub-bacias.....	19
Figura 2.6 - Mapa geológico simplificado do município de Araguari.....	21
Figura 2.7 - Mapa Potenciométrico do Aquífero Bauru em Araguari.....	30
Figura 2.8 – Mapa de localização da sub-bacias.....	32
Figura 2.9 – Exemplo de um hidrograma característico gerado por uma chuva.....	37
Figura 2.10 – Determinação do coeficiente de recessão pelo método de Barnes.....	39

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Distribuição e série dos valores das precipitações Ribeirão das Araras.....	53
Figura 4.2 – Distribuição e séries dos valores das precipitações Córrego Amanhece.....	54
Figura 4.3 –Correlação pluviométrica das sub-bacias C. Amanhece e R. Araras.....	54
Figura 4.4 – Séries dos valores das precipitações da estação Araguari.....	55
Figura 4.5 – Séries dos valores das precipitações relativos aos meses de mar/05 a fev/06.....	56
Figura 4.6 - Réguas linimétricas.....	57
Figura 4.7 – Série de valores de deficiência e excedentes das sub-bacias.....	58
Figura 4.8 - Hidrograma das vazões médias diárias das sub-bacia.....	59
Figura 4.9 - Hidrograma das vazões e precipitação das sub-bacias.....	61
Figura 4.10 - Medidor de nível elétrico.....	63
Figura 4.11 - Variação do nível da água nos poços monitorados.....	64
Figura 4.12 - Hidrograma das vazões médias diárias da sub-bacia Amanhece com as curvas de recessão.....	67
Figura 4.13 - Hidrograma das vazões médias diárias da sub-bacia Araras com as curvas de recessão.....	68
Figura 4.14 - Hidrograma Córrego Amanhece período de recessão 2004-2005.....	71

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 2**

Tabela 2.1 – Principais produtos agrícolas no município de Araguari.....	12
Tabela 2.2 - Distribuição quantitativa de poços por aquífero.....	13
Tabela 2.3 - Distribuição quantitativa dos poços por tipo de uso.....	13
Tabela 2.4 - Cronologia dos eventos geológicos que controlaram a evolução geomorfológica regional.....	17
Tabela 2.5 – Extrações hídricas outorgadas nas sub-bacias experimentais.....	33
Tabela 2.6 – Resumo dos valores de recargas encontradas no município de Araguari.....	48

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 – Localização das estações de coleta de dados.....	52
---	----

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Valores de medidas de variação do nível da água dos poços monitorados.....	63
Tabela 4.2 – Valores de vazão inicial (Q_0) e final (Q_1).....	66
Tabela 4.3 – Coeficientes de recessão das sub-bacias.....	69
Tabela 4.4 – Valores de recarga encontrados com a avaliação da curva de recessão.....	70
Tabela 4.5 - Síntese das medições sistemáticas de NA realizadas na área de estudo.....	71
Tabela 4.6 – Resumo dos valores de recarga aquífera calculada por quatro métodos na área de estudo.....	72

CAPÍTULO 1

1 - INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar do Paraná, localizada no centro-leste da América do Sul, abriga um enorme reservatório de água subterrânea denominado Sistema Aquífero Guarani (SAG), que se estende por quatro países (Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai). Em uma ação conjunta desses países que abrigam o SAG, iniciou-se o projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Aquífero Guarani, com o propósito de elaboração de estudos para implantação coordenada de uma estrutura técnica e institucional com vistas à proteção e gestão sustentável do Sistema Aquífero Guarani. Este projeto contou com recursos do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF), sendo o Banco Mundial o órgão implementador, e coordenação da Organização dos Estados Americanos (OEA).

Os sedimentos que constituem o SAG se depositaram ao longo da Era Mesozóica (períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo Inferior e Superior), e correspondem, da base para o topo, às seguintes Formações: Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Grupo Bauru.

O Sistema Aquífero Guarani possui extensão aproximada de 1,2 milhão de km², sendo que aproximadamente 94% pertence ao território brasileiro distribuindo-se pelos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, totalizando oito estados. A região oeste do Estado de Minas Gerais, pertencente à zona geográfica do Triângulo Mineiro, abriga aproximadamente 10% do total do SAG no Brasil.

No âmbito do projeto supracitado, foi aprovado em 2004 o projeto “Avaliação dos Recursos Hídricos do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Município de Araguari, Minas Gerais, Brasil”. Este projeto contou com recursos disponibilizados pelo Fundo das Universidades e tem a participação das seguintes Instituições: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), e colaboração do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Esta dissertação insere-se neste projeto e visa contribuir para a avaliação da recarga do Aquífero Bauru no Município de Araguari. Esse município se encontra situado no extremo da borda nordeste do SAG.

No município de Araguari o aquífero Bauru é intensamente explorado e o suprimento de água para o abastecimento público, irrigação e uso industrial é feito quase exclusivamente por suas águas. Essa intensa exploração já vem gerando conflitos entre os usuários, principalmente do setor agrícola. A estimativa da recarga aquífera é um fator determinante dos estudos hidrogeológicos e do gerenciamento das explorações de água subterrânea, tendo em vista a sustentabilidade, a longo prazo, da quantidade e da qualidade da água do aquífero. A recarga de águas subterrâneas é definida, de maneira geral, como a quantidade de água que é acrescentada ao aquífero, num determinado tempo.

Desta forma a estimativa da recarga subterrânea no aquífero Bauru constitui-se num parâmetro fundamental para os estudos que subsidiarão o IGAM em suas atividades de gerenciamento, elaboração e implementação de planos de gestão dos recursos hídricos do município para um uso mais eficiente dos aquíferos.

Dentro do contexto desse estudo foram selecionadas como áreas experimentais para a estimativa da recarga no aquífero Bauru as sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece, situadas em áreas de intensa exploração das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas. Para a estimativa da recarga nessas sub-bacias foram escolhidos dois métodos, sendo eles: análise da curva de recessão de hidrograma (α) e medidas de variação do nível da água. Esses métodos serão posteriormente comparados entre si e com os métodos do Balanço Hídrico e do Traçador Radioativo (trítio) aplicados na área em estudo para a avaliação da recarga no aquífero Bauru (Velásquez *et al.* 2006).

1.1 – Localização do Município de Araguari

O município de Araguari pertencente à zona geográfica do Triângulo Mineiro, região oeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1.1), distante a 569 km da capital Belo Horizonte. O município possui uma extensão total de 2.745,85km², e está inserido entre as coordenadas geográficas S 18°19'15" – 18°54'00" e W 48°40'50" – 47°49'50". As sub-bacias em estudo situam-se nesse município.

O município de Araguari encontra-se distribuído entre as folhas plani-altimétricas editadas pelo IBGE (1984), escala 1:100.000: Folha Corumbaíba – MI-2413; Folha Goiandira - MI-2414; Folha Catalão – MI-2415; Folha Tupaciguara - MI-2450; Folha Uberlândia – 2451 e Folha Estrela do Sul – MI-2452.

Limita-se ao norte com o Estado de Goiás, ao sul com o município de Uberlândia, a sudeste com o município de Indianópolis, a nordeste com o município de Cascalho Rico, a leste com o município de Estrela do Sul e a oeste com o município de Tupaciguara, todos estes em Minas Gerais.

O município de Araguari está posicionado no interflúvio dos rios Araguari e Paranaíba, sendo o rio Araguari afluente do rio Paranaíba e este afluente da margem esquerda do rio Paraná.

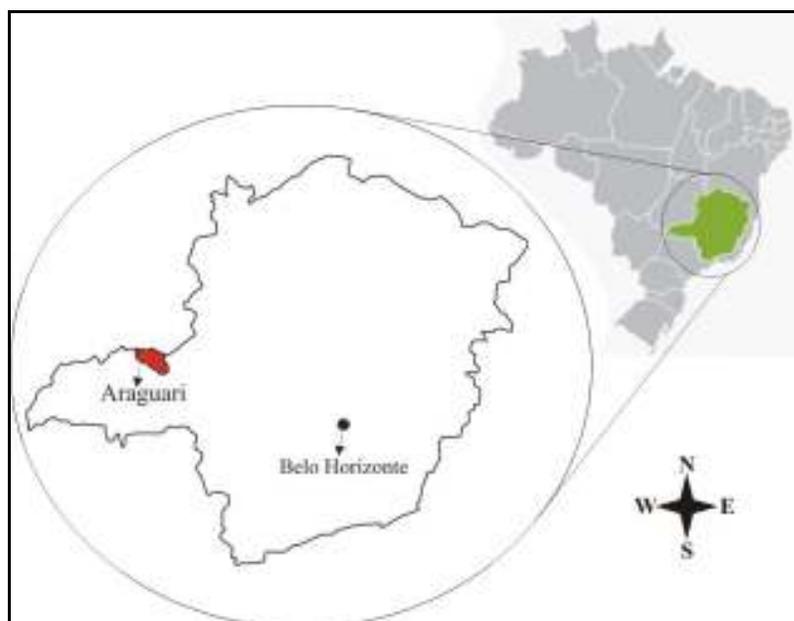


Figura 1.1 – Localização do Município de Araguari.

1.2 – Objetivos

Este trabalho tem por objetivo avaliar a recarga natural do Aquífero Bauru no município de Araguari, por meio dos métodos de análise da curva de recessão de hidrograma (α) e medidas de variação do nível da água, assim como fazer a comparação dos mesmos entre si e com os métodos do balanço hídrico e do traçador radioativo artificial (trítio) aplicados anteriormente na área em estudo (Velásquez *et al.* 2006).

1.3 - Justificativas

A peculiar localização do município de Araguari sobre a chapada que separa as bacias do rio Araguari e Paranaíba resulta em uma elevada infiltração e pouco escoamento superficial. Desta forma, o suprimento de água do município é quase exclusivamente de origem subterrânea, extraída de poços tubulares perfurados predominantemente no aquífero Bauru, para o abastecimento público, irrigação e uso industrial.

Entre as principais atividades econômicas do município se destacam a agropecuária e a agricultura (plantio de café, soja e hortifrutigranjeiros). Nos períodos de estiagem as águas superficiais e subterrâneas são utilizadas para irrigação das culturas. À medida que a região se desenvolve a necessidade de água é cada vez maior, assim a intensa exploração, principalmente pelos usuários do setor agrícola, já vem gerando conflitos.

Esses conflitos e o pouco conhecimento do potencial quantitativo do aquífero Bauru no município têm incitado dúvidas quanto à sustentabilidade dos recursos hídricos, ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas –IGAM (órgão gestor do estado), a Superintendência de Água e Esgoto - SAE (empresa de saneamento municipal), e aos próprios usuários da água. Para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos na região, o IGAM vem estabelecendo parcerias visando à obtenção de dados e informações que possam subsidiar suas atividades de gerenciamento, em especial quanto à outorga de poços e seu respectivo monitoramento.

A estimativa da recarga subterrânea no aquífero Bauru, intensamente explorado no município, constitui-se num parâmetro fundamental para os estudos que subsidiarão o IGAM em suas atividades de gerenciamento, elaboração e implementação de planos de gestão dos recursos hídricos do município e para um uso mais eficiente dos aquíferos em particular.

CAPÍTULO 2

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Caracterização geológica e hidrogeológica regional

O município de Araguari situa-se geologicamente no limite nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, representada por rochas sedimentares e vulcânicas de idade Juro-Cretácicas. A Bacia Sedimentar do Paraná abriga o Sistema Aquífero Guarani (SAG), constituído da base para o topo pelas formações: Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e pelo Grupo Bauru (Rocha 1997).

A seguir será apresentada uma descrição sucinta da geologia e hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Paraná que compõem o SAG.

2.1.2 – *Bacia Sedimentar do Paraná*

Geograficamente a Bacia Sedimentar do Paraná ocupa uma área aproximada de 1,5 milhões de km² e engloba territórios do Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina. No Paraguai e na Argentina, esta Bacia é denominada de Bacia do Chaco-Paraná (Figura 2.1). A área pertencente ao Brasil ocupa oito Estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. A área estudada nesta dissertação insere-se no oeste do Estado de Minas Gerais, onde as rochas aflorantes são subdivididas nos Grupo São Bento e Grupo Bauru.

A Bacia do Paraná é do tipo intracratônica e encontra-se contida na placa sul-americana, estabelecida no interior do Continente Gondwana, com acumulação de rochas sedimentares e vulcânicas, com idades entre o Ordoviciano e o Cretáceo. O embasamento é composto por rochas ígneas e metamórficas com idades radiométricas entre 700 a 450 Ma (Cordani *et al.* 1984 *in* Quintas *et al.* 1999), que correspondem ao Ciclo orogênico Brasileiro.

Segundo Milani & Zálan (1999), a gênese das bacias intracratônicas é atribuída a diversas teorias, dentre as quais destacam-se: esforços de tensão distensionais gerados por intrusões graníticas na crosta ao final do Neoproterozóico; mecânica de estiramento crustal (*rift*); subsidência térmica de amplas regiões; desequilíbrio isostático, dentre outras. Destaca-se ainda na formação das bacias os movimentos de compensação isostática com episódios de

subsidência e soerguimento, que conduziram a ciclos deposicionais e erosivos, relacionados à formação do Continente Gondwana, bem como a sua fragmentação.

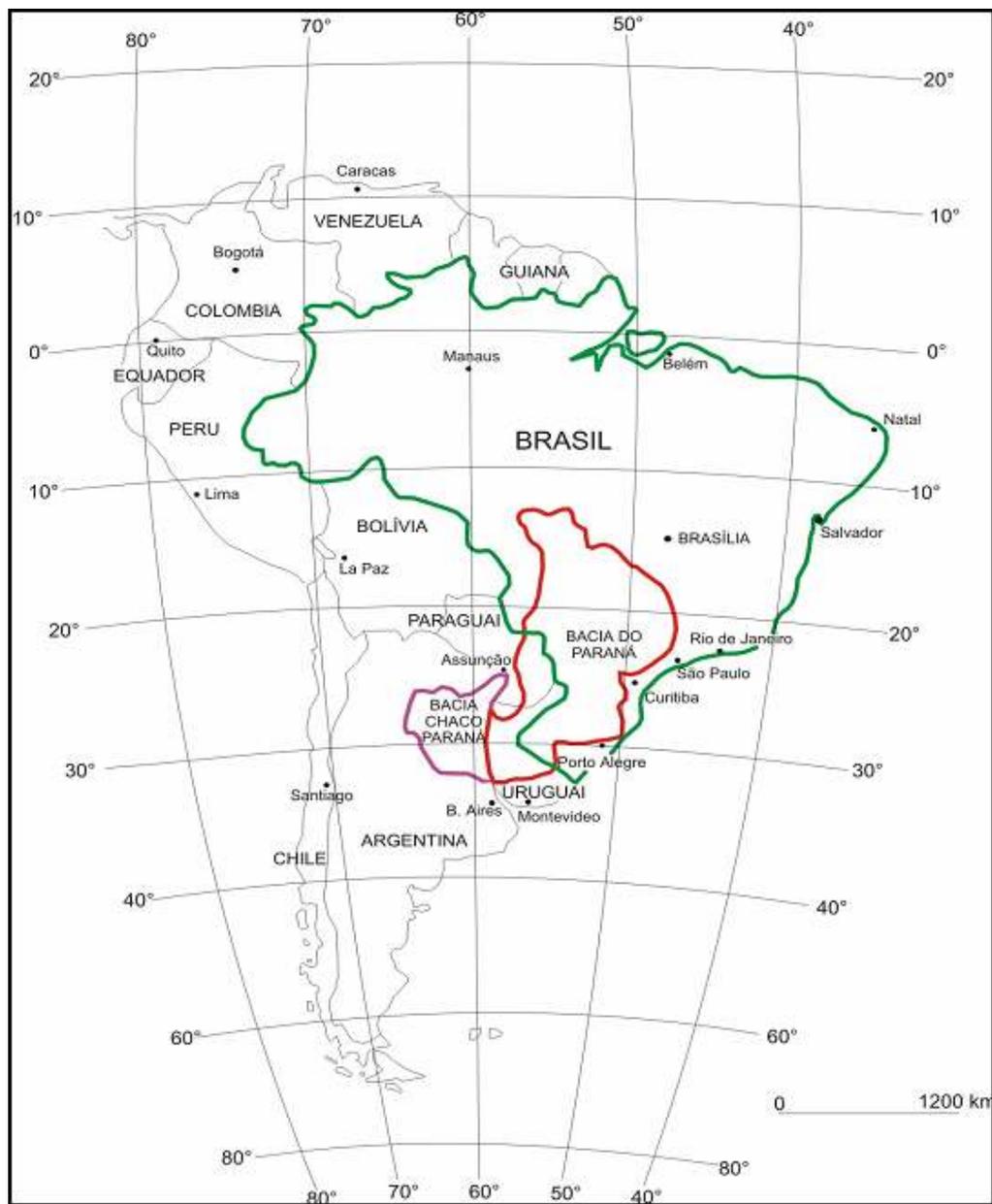


Figura 2.1 – Localização da Bacia do Paraná na América do Sul. Modificado de Zálan *et al* (1991).

Conforme Assine *et al.* (1993) a intercalação de ciclos de subsidência e soerguimento controlou a estratigrafia da bacia, iniciada com a deposição do Grupo Ivaí, arenitos do Neo-Ordoviciano e conglomerados da Formação Alto Garças. Durante o Triássico ocorreu a deposição da Formação Pirambóia estendendo-se até o Jurássico com a deposição dos arenitos

da Formação Botucatu. Durante o Cretáceo Inferior, o magmatismo dos basaltos da Formação Serra Geral romperam o ciclo de deposição terrígena e cobriram a Bacia Sedimentar do Paraná com extensos derrames de lavas vulcânicas, constituindo-se num dos maiores derrames até então conhecidos. Durante o Cretáceo Superior, cessado o magmatismo, ocorreu a deposição dos sedimentos do Grupo Bauru.

Durante o Cretáceo, a porção nordeste da Bacia, que engloba o oeste de Minas Gerais e o sul de Goiás, foi submetida a deformações rúpteis, reflexo da abertura do Rifte Sul-Atlântico, com geração de movimentos ascensionais que geraram o “Soerguimento do Alto Paranaíba” e a subsidência das áreas laterais originando as Depressões de Abaeté e de Uberaba (Hasui *et al.* 1975 *in* Alves 1995).

Os sedimentos do Triássico que compõem a Formação Pirambóia foram sedimentados em ambiente flúvio-lacustre/eólico, sendo constituída por arenitos geralmente de granulação fina à média, possuindo fração argilosa na parte inferior da formação (Fili *et al.* 1998). Strugale *et al.* (2004) descrevem um afloramento dessa unidade no Estado do Paraná, constituído de litologias arenosas, friáveis, num pacote de até 20m de espessura, predominam arenitos muito finos a finos, siltosos, brancos, com seleção regular e estratificações e laminações plano-paralelas.

A Formação Botucatu constitui-se quase que inteiramente de arenitos de granulação fina a média, uniforme, com boa seleção de grãos foscos e com alta esfericidade. São avermelhados e exibe estratificação cruzada de médio a grande porte (Strugale *et al.* 2004). A deposição dessa formação ocorreu durante o Jurássico em ambiente eólico, possui uma espessura média de 300m podendo alcançar até 1.000m (Borghetti *et al.* 2004).

Diversas intrusões ígneas são encontradas no meio do pacote predominantemente arenoso destas duas formações em forma de sills de diabásio, com espessuras que variam desde poucos metros até 90m, verificados em Araraquara.

A Formação Serra Geral representa uma das maiores manifestações de vulcanismo continental do globo durante o período do Cretáceo Inferior. É representado por espessos e extensos derrames de lavas, bem como por dique e soleiras, com pequenos e eventuais corpos de rochas sedimentares associados. Na porção brasileira apresenta derrames de basaltos em dois terços da bacia, que atingem aproximadamente 1.300m de espessura, os quais somados aos sills chegam até a 2.000m de espessura de rochas ígneas (Zalán *et al.* 1988 *in* Quintas *et al.* 1999).

Sobreposta aos basaltos da Formação Serra Geral se encontram os sedimentos depositados durante o Cretáceo Superior do Grupo Bauru, formado em ambiente flúvio-

lacustre e em clima árido. Este grupo é caracterizado por conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, e em algumas áreas ocorrem depósitos conglomeráticos e lentes de calcários (Petri *et al.* 1983 *in* Oliveira 2002). Em âmbito regional o pacote sedimentar do Grupo Bauru atinge espessura de 300m.

A coluna cronoestratigráfica apresentada nesse trabalho enfoca os sedimentos que se depositaram ao longo da Era Mesozóica e que constituem o Sistema Aqüífero Guarani (Figura 2.2).

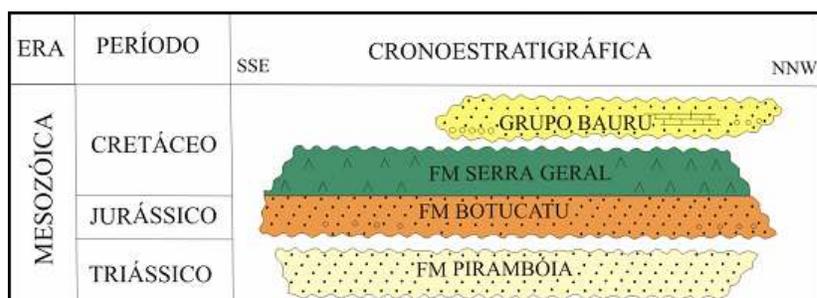


Figura 2.2 – Coluna cronoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná mostrando as unidades que compõem o SAG. Modificada de Zalán *et al.* (1991).

2.1.2 – Sistema Aqüífero Guarani (SAG)

A Bacia Sedimentar do Paraná possui posição de destaque por abrigar um enorme reservatório de águas subterrâneas denominado por Antón (1996 *in* Borghetti *et al.* 2004) de Sistema Aqüífero Guarani em homenagem aos índios guaranis que habitavam a área de sua ocorrência, vivendo, sobretudo da agricultura e da pesca. Os guaranis sempre se concentravam próximo aos rios, sendo que a região de maior concentração demográfica, cultural e histórica dos guaranis, no passado, coincide com a distribuição geográfica do Sistema Aqüífero Guarani.

O Sistema Aqüífero Guarani está localizado ao sudeste da América do Sul entre 12° e 35° de latitude sul e 47° e 65° de longitude oeste, ocupando uma área de 1,2 milhões de km² da Bacia do Paraná, constituindo-se num sistema transfronteiriço por ocorrer sob território de quatro países: Argentina (225.500km²), Paraguai (71.700km²), Uruguai (58.500km²) e Brasil (840.000km²), conforme pode ser observado na Figura 2.3.

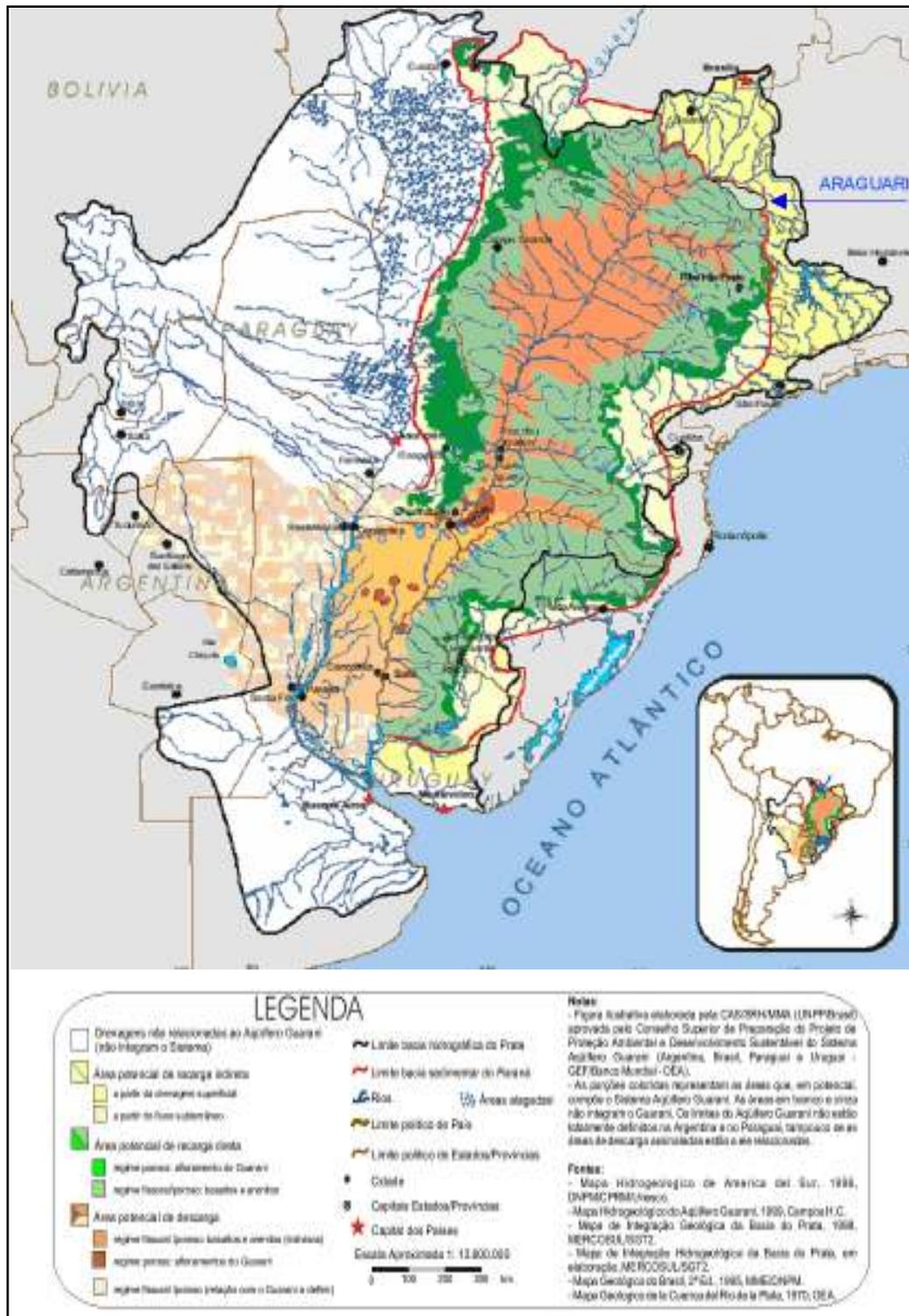


Figura 2.3 – Mapa esquemático do SAG, indicando a localização do município de Araguari nesse sistema. Modificado do site www.sg-guarani.org.

O SAG é constituído por um pacote de camadas arenosas e por derrames basálticos que se depositaram na Bacia do Paraná ao longo da Era Mesozóica durante os períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo. As camadas arenosas foram sedimentadas em ambiente flúvio-lacustre e eólica do Triássico e do Jurássico. Os estratos do Triássico que se encontram na base do Sistema Aquífero Guarani é corresponde à Formação Pirambóia. Os estratos do Jurássico correspondem à Formação Botucatu. Esses aquíferos encontram-se sotopostos em quase toda sua extensão pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral (Cretáceo Inferior). Sobre os basaltos da Formação Serra Geral, depositaram-se durante o Cretáceo Superior, sedimentos flúvio-lacustre do Grupo Bauru (Rocha 1997).

Segundo Rebouças (2000), os depósitos da Formação Pirambóia são em geral ricos em argilas que podem comprometer sua eficiência como bom aquífero e em algumas áreas podem apresentar características de aquífero (litologia porosa mas pouco permeável).

Os sedimentos do Jurássico de origem eólica que compõem a Formação Botucatu são considerados a principal unidade aquífera do SAG, pois se configuram como bons aquíferos. O Aquífero Botucatu é do tipo poroso e encontra-se confinado por cerca de 90% de sua área total. Encontra-se recoberto pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e em algumas regiões pelos sedimentos que constituem o Grupo Bauru. Apenas cerca 10% de sua área aflora.

O Aquífero Botucatu possui uma espessura média de 300m, alcançando em algumas áreas até 1.000m. Apresenta água de boa qualidade em cerca 90% do aquífero, ocorrendo alterações localizadas da potabilidade (menos de 10%), basicamente devido ao aumento da salinidade e do conteúdo de flúor. As águas do Aquífero Botucatu podem atingir temperaturas elevadas entre 30°C e 68°C, sendo que as temperaturas mais freqüentes estão no intervalo de 25°C a 30°C (Borghetti *et al.* 2004).

A recarga natural do Aquífero Botucatu ocorre por meio de infiltração direta nas áreas de afloramento, e de forma indireta, por meio de infiltração ao longo de descontinuidades das rochas do Aquífero Serra Geral sobrejacente, o qual é alimentado pelo Aquífero Bauru, quando presente.

Os parâmetros hidráulicos do Aquífero Botucatu a partir de dados em poços no Estado de São Paulo (ABAS 2003) apresentaram os seguintes valores: vazão de 10 a 150m³/h (livre) e 300 a 1000m³/h (confinados); coeficiente de armazenamento de 0,2 a 0,05 (livre) e 10⁻³ a 10⁻⁶ (confinado); espessura média 300m; capacidade específica de 2 a 15m³/h/m. Borghetti *et al.* (2004) apresentam valores de porosidade efetiva entre 15 a 20% (média 17%) e transmissividade entre 1,73 x 10⁻³m²/s e 9,25 x 10⁻³m²/s.

O Aquífero Serra Geral constituiu-se na capa protetora do Aquífero Botucatu, composto por rochas vulcânicas (basaltos). É predominantemente do tipo fissural, uma vez que a água armazena-se ao longo dos sistemas de fraturas e falhas associadas aos grandes lineamentos que cortam a bacia. Resultados obtidos em 371 poços apresentaram os seguintes valores: vazão média 21m³/h; capacidade específica média 0,5m³/h/m; permeabilidade média 10⁻³cm/s; transmissividade média 3,8 x 10⁻⁴m²/s; STD < 300mg/L; pH de 5,5 a 6,5, e profundidade dos poços de 31 a 190m, com média de 84m (ABAS 2003). Segundo Borghetti *et al.* (2004), as espessuras do basalto aumentam da borda em relação ao centro da bacia, sendo a espessura máxima atravessada de 1.930m em Cuiabá Paulista.

O Aquífero Bauru contém água de boa qualidade, é intensamente explorado devido ao baixo custo de captação, condição que advém do fato de ser um sistema livre, local e ocasionalmente freático, submetido a uma abundante recarga. Todavia, estas condições fazem com que esse manancial seja potencialmente muito vulnerável aos agentes poluidores provenientes principalmente das atividades agro-industriais (Araújo *et al.* 1999).

Os parâmetros hidrogeológicos obtidos no pontal de Paranapanema do Aquífero Bauru correspondem aos seguintes valores: vazões de 1,3 a 80m³/h; capacidade específica de 0,03 a 6m³/h/m; STD < 200mg/L; coeficiente de armazenamento de 10⁻³; permeabilidade de 10⁻³ a 10⁻⁴cm/s e espessura média de 80m (ABAS 2003).

2.2 – Caracterização Geral do município de Araguari

2.2.1 - Dados sócio-econômicos

Segundo dados do IBGE (2005), o município de Araguari possui uma população de 108.672 habitantes. Apresenta um dos maiores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do Estado de Minas Gerais, com 0,815 (IBGE 2000).

A principal atividade econômica do município é baseada no setor agropecuário, destacando-se as culturas de grãos (café, soja e milho) e criação de bovinos. Segundo dados do IBGE (2003), a agricultura produz 119.55t de café, soja e milho, além de outros produtos agrícolas, como pode ser observado na Tabela 2.1. A pecuária conta com aproximadamente 156.768 cabeças de bovinos.

Tabela 2.1 – Principais produtos agrícolas no município de Araguari. Fonte: IBGE (2003).

Produto	Área colhida (ha)	Produção (t)
Abacaxi	12	300
Arroz em casca sequeiro	30	36
Banana	100	1.560
Café	12.000	14.400
Feijão	255	440
Laranja	20	240
Mandioca	180	3.600
Milho	11.500	58.650
Soja	15.500	46.500
Tomate	670	53.600
Trigo	60	288
Uva	1	15
Coco-da-Bahia	75	1.800

O município de Araguari conta com um parque industrial diversificado, centralizando suas operações em indústrias metalúrgicas (caldeiraria, refrigeração e fundições) e agroindústrias (frigoríficos, sucos), contando com uma infra-estrutura de transporte para diversos tipos de carga, bem como diversas empresas de armazenamento (grãos, cargas secas e refrigeradas).

O município dispõe de energia elétrica em abundância, pois grande parte dos cursos d'água superficiais tem suas nascentes em quedas topográficas encachoeirados, no contato entre o Grupo Bauru e a Formação Serra Geral, favorecendo a instalação de hidroelétricas como as de: Nova Ponte, Miranda e Capim Branco, Emborcação e Itumbiara.

2.2.2 – *Uso da água no município*

O município de Araguari utiliza quase exclusivamente água subterrânea para o abastecimento público e irrigação, sendo também usada no setor industrial, na pecuária e para recreação. Nos meses mais críticos quando o índice de precipitação é baixo (abril a setembro) se intensifica sua utilização para irrigação, em grande parte (95%), feita através de micro-aspersão e gotejamento.

Conforme dados da Superintendência de Água e Esgoto de Araguari (SAE *in* Oliveira 2002), o consumo de água por hab/ano no município, nos últimos dez anos, teve um aumento médio de 18,31%. Em 1991 o consumo de água era de 147,83m³/hab/ano, atendendo uma população de 83,966 pessoas. No ano de 2001, o consumo presumido médio passou para 174,98m³/hab/ano atendendo uma população estimada de 93,860 pessoas.

No âmbito do projeto Velásquez *et al.* (2006), foram cadastrados 566 poços profundos, porém apenas 209 (37%) continham alguma informação litológica (Tabela 2.2).

Deste cadastro, 115 poços são de abastecimento público, de propriedade da SAE e 451 poços são particulares. Quanto à situação legal, apenas 181 poços (32%) são outorgados. Segundo esse estudo, estima-se existir em Araguari pelo menos 1.000 poços, uma vez que é grande o número de poços que são construídos ilegalmente, tendo sido constatado que há muitos poços já construídos antes da Legislação Estadual 13.199 de 29 de Janeiro de 1999, que dispõe sobre a outorga do uso da água em Minas Gerais.

Tabela 2.2 - Distribuição quantitativa de poços por aquífero. Fonte: Velásquez *et al.* (2006).

Aquífero	Número de poços
Bauru	190
Serra Geral	09
Misto ¹ (Bauru e Serra Geral)	10
Total	209

Segundo as informações qualitativas obtidas por Velásquez *et al.* (2006), a partir do banco de dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas até o ano de 2004, os autores constataram ainda a predominância do uso dos poços na irrigação, perfazendo 55,4% do total que continha este tipo de dado (Tabela 2.3). É importante enfatizar que, embora o número de poços predomine na irrigação, as operações dos mesmos ocorrem apenas durante o período da estiagem (abril a setembro). Assim, em termos de volume anual extraído, o consumo humano se aproximaria do consumo agrícola.

Tabela 2.3 - Distribuição quantitativa dos poços por tipo de uso. Fonte: Velásquez *et al.* 2006.

Tipo de uso	Número de poços
Irrigação	177 (55,4%)
Abastecimento público	116 (36%)
Industrial	11 (3,4%)
Uso misto (irrigação, industrial e animal)	09 (2,8%)
Humano (particular)	05 (1,5%)
Dessedentação animal	03 (0,9%)
Total	321

Aquífero Misto¹: neste caso é apenas uma conotação para identificar os poços que possuem entrada d'água em ambos os aquíferos Bauru e Serra Geral.

2.2.3 – Clima

Em Araguari o clima predominante compreende o tropical quente e úmido (IBGE 2000). O regime pluviométrico é típico de áreas tropicais, com precipitações máximas no verão e mínimas no inverno. Segundo dados da Agência Nacional de Águas (2006), o índice pluviométrico médio registrado na estação Araguari (01848010) é de 1.507mm, corresponde a 31 anos hidrológicos (1975/2006) (Anexo 1). As precipitações concentram-se entre os meses de outubro e março, destacando-se como mais chuvosos os meses de dezembro e janeiro, enquanto o período de estiagem ocorre entre os meses de abril a setembro, sendo que neste período a precipitação pode apresentar valores nulos.

O mês mais quente é outubro, com uma temperatura média de 23,6°C, seguido dos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, os quais apresentam temperaturas médias iguais ou superiores a 23,1°C, os meses mais frios são junho e julho, os quais se destacam com temperaturas médias de 18,6°C, devido ao inverno, quando ocorre o domínio da massa polar, que impede a formação de nuvens pelo fato de o ar estar frio e seco (Rodrigues 2006).

2.2.4 – Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Araguari começa no lado ocidental da Serra da Canastra, tem sua nascente no município de São Roque de Minas, possuindo uma extensão de quase 475km e pertence à Bacia Hidrográfica do Paranaíba (Ferreira 2005). O rio Araguari é um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Paranaíba afluente do rio Grande este último é afluente do rio Paraná.

O rio Paranaíba é um dos principais regularizadores de águas para as regiões sul e sudeste, representando aproximadamente 43% do volume de demanda dessas regiões. O rio Araguari corresponde ao segundo rio em vazão regional, com valor médio de 300m³/s obtido na estação fluviométrica Porto Saracura, à montante da usina hidrelétrica de Miranda (HIDROTEC 2002 *in* Fiumari 2004).

O rio Araguari drena terrenos geologicamente e composicionalmente diversificados, atravessando litologias variadas em seu alto curso, como xistos, quartzitos, granitos e gnaisses que integram a seqüência do Grupo Araxá e Canastra. Em seu médio curso, o rio Araguari tem seu leito sobre as citadas litologias, entretanto, seus tributários surgem e drenam pelas seqüências de sedimentos e derrames vulcânicos que compõem as chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (Fiumari 2004).

Os principais cursos d'água no município de Araguari são: os rios Paranaíba e Araguari que marcam o limite do município. Dentro desse limite algumas drenagens convergem ao sul, para o rio Araguari e outras ao norte, para o rio Paranaíba (Figura 2.4).

As principais drenagens surgentes no município são representadas pelo rio Jordão, ribeirões das Araras e Piçarrão; e pelo córrego Amanhece. As mesmas se encontram em meio a chapada nos arenitos Bauru, em cotas entre 930m e 940m. Em Araguari são mais comuns cursos d'água superficiais surgentes na quebra topográfica da chapada que marca o contato entre a seqüência sedimentar do Grupo Bauru (Formação Marília) e o basalto da Formação Serra Geral subjacente, entre cotas de 880m e 900m.

No município de Araguari, a bacia Ribeirão das Araras, afluyente do rio Paranaíba, caracteriza-se, principalmente em seu alto curso, por ser uma área intensamente cultivada, onde ocorrem as maiores concentrações de poços utilizados basicamente para a irrigação. No curso alto do Ribeirão das Araras e do Córrego Amanhece foram estabelecidas as sub-bacias experimentais utilizadas para esse estudo, por sua intensa exploração hídrica superficial e subterrânea, e também por serem áreas que vêm apresentando conflito entre os usuários agrícolas.

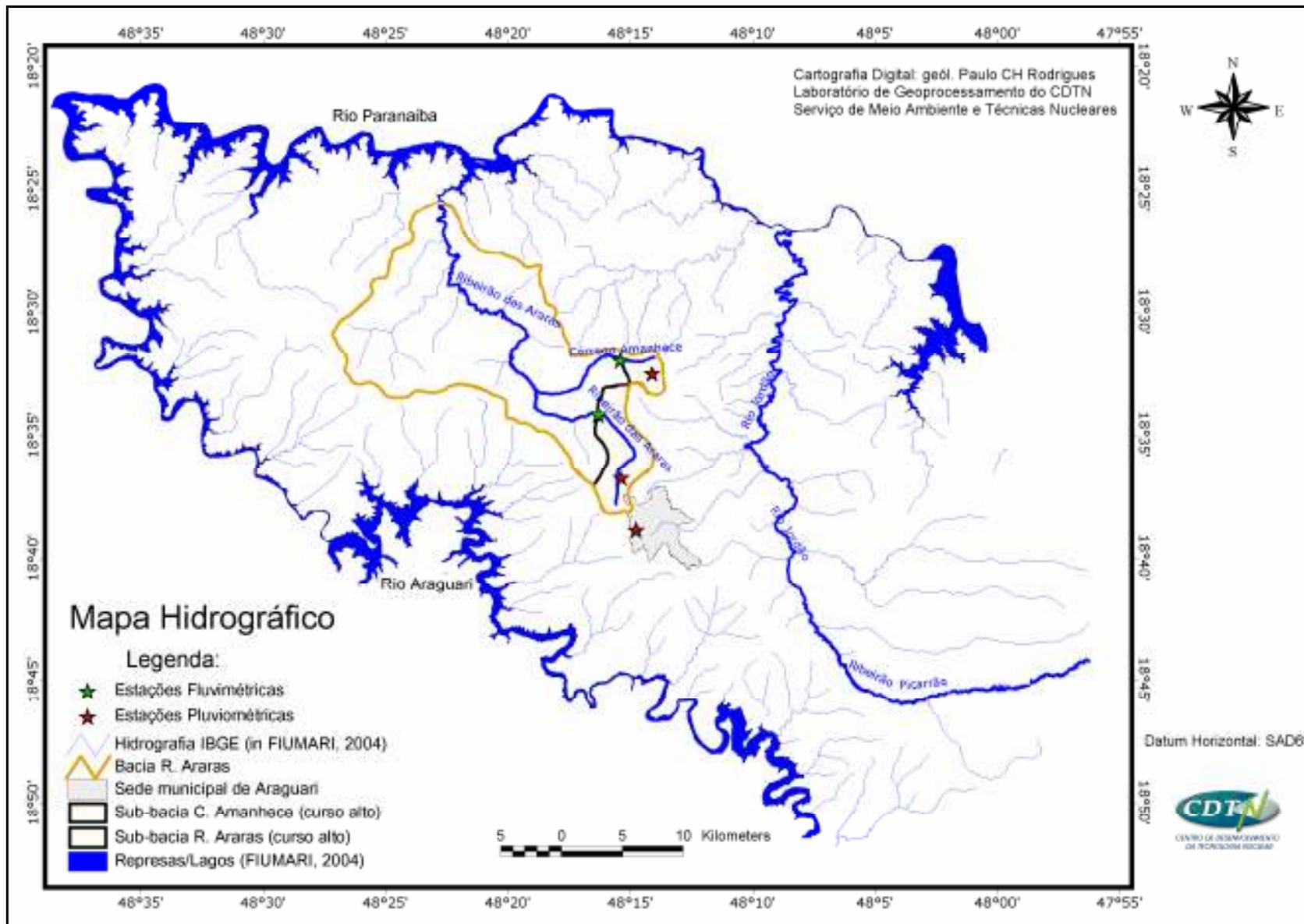


Figura 2.4 – Mapa Hidrográfico do município de Araguari.

2.2.5 – Geomorfologia

Segundo Ruellan (1959 *in* Ferreira 2005), a geomorfologia é o estudo explicativo das formas de relevo terrestre e de sua evolução. A evolução geomorfológica é resultado da alternância de ciclos deposicionais e denudacionais comandada por mudanças climáticas, estando condicionada ainda pela geologia e pela geotectônica.

Oliveira (2002) apresentou a cronologia dos principais eventos geológicos que controlaram a evolução geomorfológica regional (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Cronologia dos principais eventos geológicos que controlaram a evolução geomorfológica regional. Compilado de Oliveira 2002.

Era/Período	Evento	Sistema	Cenário
Cenozóico +/- 40 ma.	Erosão	Instalação de regime hídrico permitiu formação de rede de drenagens. Erosão fluvial.	A erosão fluvial compartimentou a extensa chapada em superfícies ilhadas pelos rios Araguari e Paranaíba. Na porção norte do município, com entrada do regime úmido, a erosão fluvial atua sobre os altos estruturais de embasamento reduzindo suas cotas altimétricas. Inversão do relevo, os antigos altos estruturais (áreas fontes de sedimentos) encontram-se em cota topográfica inferior às áreas de sedimentação.
Cretáceo Superior +/- 60 ma.	Deposição dos sedimentos do Grupo Bauru em ambiente semi-árido	Eólico, leques aluviais: proximal, médio e distal.	Os altos estruturais (Grupo Araxá) foram as áreas fontes dos sedimentos que formaram a base do Bauru na região.
Cretáceo Inferior +/- 120/80 ma.	Magmatismo do Serra Geral	Derrames de lavas	A sobrecarga dos derrames basálticos provoca subsidência da Bacia do Paraná. Na borda nordeste da bacia ocorre soerguimento de áreas periféricas, altos estruturais de embasamento, resultado da compensação isostática.

O relevo no município é caracterizado por duas feições bem distintas: (i) uma superfície superior aplainada, acima de 900m, estabelecida sobre os sedimentos arenosos do Grupo Bauru (Fm Marília), caracterizada pela baixa densidade de drenagem devido à elevada taxa de infiltração e, (ii) uma feição inferior caracterizada por relevo escarpado da Formação Serra Geral, na qual ocorrem as maiores descargas hídricas subterrâneas correspondentes às nascentes de vários cursos d'água no contato entre os sedimentos do Grupo Bauru e basaltos da Formação Serra Geral (Fiumari 2004).

As principais elevações do município são representadas pela Serra da Piracaíba (1.087m), Serra da Bocaina (1.060m), Serra da Saudade (1.020m) e a Serra do Pau Furado (1.000m).

2.2.6 – Solos

Na porção sudeste de Araguari o latossolo¹ vermelho-escuro distrófico (LEd) ocupa maior parte da área. Na porção central é encontrado o latossolo vermelho-amarelo álico (LVa) e nas áreas marginais da chapada de Araguari, o latossolo vermelho-escuro álico (LEa) ocorre em forma de manchas isoladas entre os latossolos vermelho-escuro e roxo (EMBRAPA 1982).

Nas áreas de ocorrência de basalto, os solos variam de cambissolos a latossolos, sendo solos ricos em ferro e magnésio provenientes da rocha matriz, com textura argilosa e estrutura fina. Foram classificados como latossolo roxo distrófico (LRd), latossolo roxo eutrófico (LE) e cambissolo² eutrófico³ (Ce) (EMBRAPA 1982). Os latossolos LRd e LE foram reclassificados como latossolo vermelho distrófico e o cambissolo reclassificado como cambissolo hápico eutrófico, (EMBRAPA 1999 *in* Oliveira 2002).

Estudos realizados por Carvalho Filho *et al* (2005) para a caracterização pedológica da área de Araguari apresentaram nas sub-bacias experimentais solos do tipo: LATOSSOLO VERMELHO Amarelo álico⁴ ou distrófico⁵ (LVa) (Figura 2.5), com textura muito argilosa, provenientes do retrabalhamento do arenito Bauru, espessura média de 10m com base em dados de perfis de poços.



Figura 2.5 - Caracterização do solo das sub-bacias Córrego Amanhece e Ribeirão das Araras em Araguari.

2.2.7 – Vegetação

Segundo Ab'Saber (1971 *in* Ferreira 2005), a região do Triângulo Mineiro insere-se no Domínio Morfoclimático dos Cerrados, caracterizado por árvores baixas, retorcidas e com casca grossa, enquanto que próximo aos cursos d'água encontram-se árvores de grande porte. Trata-se de uma região que nas últimas décadas sofreu grandes impactos ambientais, tendo em vista a ocupação e o crescimento não planejado. A vegetação de cerrado foi quase totalmente substituída por pastagem e por culturas de grãos, principalmente soja. Em Araguari o cerrado foi praticamente todo degradado, principalmente no que diz respeito à remoção da cobertura vegetal natural gerada pelo avanço de atividades agrícolas e pecuárias.

2.2.8 – Geologia

A geologia local é composta, da base para o topo, pelo Grupo Araxá, que constitui o embasamento de idade Neoproterozóica, seguido pelas unidades Mesozóicas do Grupo São Bento (Fm Botucatu e Fm Serra Geral) e Grupo Bauru (Fm Marília), sobreposta pelas unidade Cenozóica (Figura 2.6). O Grupo Bauru é o de maior interesse nesse estudo.

2.2.8.1 - Unidades Pré-Cambrianas

Seqüências litológicas pré-cambrianas formam o embasamento regional das unidades sedimentares e vulcânicas Juro-Cretácicas da Bacia do Paraná na região de estudo. Segundo Dardenne (2000), ocorrem na área rochas metassedimentares do Grupo Araxá, de idade Neoproterozóica, Complexo gnáissico-granulítico de idade do Neoproterozóica e Granitóides pós-tectônicos.

O Complexo gnáissico-granulítico, na região, compõem parte do embasamento Pré-Cambriano, representado pelo conjunto de rochas de médio a alto grau metamórfico e polideformadas. É constituído essencialmente por rochas de composição ortognáissica e paragnáissica, granulitos félsicos, granulitos máficos e migmatitos. Para Schobbenhaus *et al* (1975, 1984 *in* Fiumari 2004) sua idade radiométrica não foi ainda bem definida, situando-se entre o arqueano e o paleoproterozóico. Dardenne (2000) considera esse complexo de idade neoproterozóica. Essas litologias formam o substrato rochoso aflorante nas porções mais baixas, ao longo do curso do rio Paranaíba (Fiumari 2004).



Figura 2.6 - Mapa geológico simplificado do município de Araguari.

O Grupo Araxá pertence ao domínio da faixa de dobramentos Brasília e compreende as rochas pré-cambrianas mais expressivas no Triângulo Mineiro e sul de Goiás (Dardenne 2002). Esse Grupo constitui o principal substrato rochoso dos rios Araguari e Paranaíba aflorante, geralmente, em cotas inferiores a 700m (Fiumari 2004). O Grupo Araxá constitui o embasamento das unidades Mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná, na região de Araguari.

As rochas metassedimentares do Grupo Araxá no município de Araguari, descrito por Fiumari (2004), compõe-se principalmente de mica xisto calcífero, muscovita-quartzo xisto, muscovita-clorita xisto, granada-biotita xisto, estauroлита xisto e xistos feldspáticos, lentes e camadas quartzíticas. Ocorrem localmente camadas de mármore cristalinos de granulação grossa.

Fiumari (2004) cita a identificação, no município, de três corpos de granitóides pós-tectônicos não deformada, intrusiva nas seqüências anteriores. O mais expressivo, denominado corpo de Taquaral, trata-se de um granito porfirítico com cristais de feldspato alcalinos, formando um relevo mais acidentado e um padrão de drenagem dendrítico.

2.2.8.2 - Unidades Mesozóicas

As unidades Mesozóicas compõem a seqüência sedimentar e derrames basálticos associados à Bacia do Sedimentar do Paraná. No município é constituída pelo Grupo São Bento (Fm Botucatu e Fm Serra Geral) e pelo Grupo Bauru (Fm Marília).

2.2.8.2.1 - Grupo São Bento

Formação Botucatu

A Formação Botucatu, no município de Araguari, é pouco expressiva com afloramentos esparsos, descontínuos e pouco representativos.

Segundo Fiumari (2004), uma das melhores exposições do arenito Botucatu situa-se ao norte do município, na localidade de Bocaina, a 3km do distrito do Amanhece. Esse afloramento, descrito pelo autor citado, apresenta litologia típica da formação: um arenito de cor avermelhada, fino a médio, pouco argiloso, com estratificação cruzada e friável quando não silicificado. Ocorrem também arenitos arroxeados, de granulometria grossa, mal

selecionados, com variações de tonalidades amareladas a creme, granulometria fina e com estratificação plano-pararela.

Essa ocorrência segundo Fiumari (*op cit.*) encontra-se em posição estratigráfica e topográfica inferior aos basaltos, possui extensão aproximada de 5km e espessura entre 20 – 25m. O referido autor observou também neste afloramento, relações do contato discordante entre o arenito da Formação Botucatu e o basalto da Formação Serra Geral sobreposto e também a discordância entre os sedimentos e o xisto Araxá.

Na Região do Triângulo Mineiro, a Formação Botucatu ocorre de maneira significativa em porções mais centrais da Bacia. O topo dessa formação foi encontrado em dois poços da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), nas cidades de Uberaba e Frutal, distantes respectivamente 140 e 260km de Araguari a uma profundidade de 534m e 985m respectivamente (Fiumari 2004).

Formação Serra Geral

O basalto da Formação Serra Geral, em Araguari, apresentam espessura que varia de 50m até 250m, como na região da Serra da Bocaina (porção norte) e entre os extremos NW e SE do município. Em geral, a cota do topo do basalto está entre 880 e 900m. Essa unidade repousa, discordantemente, sobre os xistos e quartzo-xistos do Grupo Araxá (Fiumari 2004).

As áreas de afloramento são representativas ao longo de toda a faixa que margeia a região de chapada. As drenagens, em médio e baixo curso, sobre as rochas basálticas apresentam vales bem encaixados em forma de “V”. A paisagem é marcada por inúmeras cachoeiras que ocorrem nas rupturas de declive acompanhando planos de falhas perpendiculares à drenagem (Oliveira 2002).

Os basaltos são caracterizados pela ocorrência de níveis de arenitos intercamadados de espessura de até 2m denominados de arenitos intertrapeanos. A presença desse arenito está relacionada ao ambiente desértico sobre o qual se estabeleceram os derrames basálticos. As dunas de areia do deserto Botucatu voltavam a se formar quando ocorria interrupção no vulcanismo, funcionando dessa maneira como marcadores de derrames episódicos.

Litologicamente a Formação Serra Geral apresenta como características macroscópicas cor escura (preta) e granulação muito fina a afanítica. A estrutura da rocha é maciça e vesicular, com intenso fraturamento, esfoliações e disjunções colunares. Observa-se com frequência alteração hidrotermal, mostrada pela formação de argilas esmectíticas e nontroníticas (SAE 2001).

Constatações de campo realizadas por Fiumari (2004), mostram que o tectonismo rúptil provocou o aparecimento de dois padrões dominantes de fraturamentos verticais a subverticais, posicionados a N45°E e N50°W, e mais outras duas outras direções, com frequência menor de ocorrência, que se posicionam segundo N~S e E~W. Essas feições do tectonismo mais marcantes são penetrativas e atravessam todo o pacote de basalto, podendo refletir, de modo mais tênue, na Formação Marília.

Ao se analisar o padrão de fraturas das rochas xistosas do embasamento percebe-se que as mesmas são similares aos posicionamentos encontrados nas coberturas, indicando dessa forma que houve reativação tectônica das seqüências.

2.2.8.2.2 - Grupo Bauru

O Grupo Bauru é representado no Triângulo Mineiro pela Formação Uberaba (basal) e pela Formação Marília (superior), esta aflorante em Araguari, sobreposta aos basaltos da Formação Serra Geral.

Hasui (1968 *in* Alves 1995) descreveu a **Formação Uberaba** como constituída de rochas epiclásticas que apresentam na porção basal um conglomerado seguido por arenitos tufáceos associados a siltitos, argilitos e arenitos conglomeráticos, que segundo Barcelos (1987 *in op. cit.*), são derivados de retrabalhamento de rochas vulcânicas pré-existentes e associadas a sedimentos de fontes não vulcânicas. Ferreira & Guerra (1993) classificam estas rochas como litoarenitos a litoarenitos feldspáticos, pobremente selecionados, com granulometria que varia de areia muito grossa a fina.

Existem várias controvérsias no que diz respeito ao ambiente de sedimentação dessa unidade. Segundo Hasui (1968 *in* Alves 1995), o ambiente de deposição teria sido fluvial. Para Ferreira Jr. *et al* (1995, Fernandes 1998 *in* Oliveira 2002) o ambiente de deposição teria sido em sistemas de rios entrelaçados.

Segundo Barcelos (1984), o contato inferior da Formação Uberaba se dá por discordância paralela com a Formação Serra Geral ou angular com os arenitos da Formação Botucatu e micaxistos do Grupo Araxá no Alto Paranaíba. O contato superior é transicional e se faz com o Membro Ponte Alta, da Formação Marília (Alves 1995).

A **Formação Marília**, denominada por Almeida & Barbosa (1953 *in* Alves 1995), fecha o Período Mesozóico no limite nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, tendo sido depositada no Cretáceo Superior. É composta por arenito grosso e arenito conglomerático, associados a calcários e calcretes (Barcelos 1984). Os depósitos da Formação Marília

ocorreram em regime torrencial de leques aluviais em ambiente de clima semi-árido, cujo processo de sedimentação ocorreu em função de reativação tectônica de faixas marginais durante o soerguimento do Alto Paranaíba.

Fiumari (2004) descreve um afloramento dessa unidade, localizado no perímetro urbano de Araguari (bairro Sibipiruna, junto a uma voçoroca no Córrego do Brejo). Na base ocorre uma associação de conglomerados lenticulares, bem estratificados, com seixos centimétricos e arenito fino argiloso. Este pacote apresenta uma espessura de aproximadamente 4m. No sentido do topo o perfil mostra um nível de arenito síltico-argiloso amarelado (4m), seguido por um arenito fino-rosado (4m) e solo silto-argiloso (3m) castanho avermelhado, laterizado, perfazendo no total uma espessura de 15m.

Essa Formação corresponde a unidade mais significativa em extensão no município de Araguari, ocupando cerca de 37% da área (1.023,1km²) (Velásquez *et al.* 2006). Essa formação possui espessura média de 55m, aumentando em direção a porção sudeste do município, de modo que, na região de Indivianópolis e Araguari pode atingir até 60m.

Em Araguari a Formação Marília foi reconhecida por Barcelos *et al.* (1981) como constituída por fácies Ponte Alta e Serra da Galga, posteriormente denominadas de membros Ponte Alta e Serra da Galga por Barcelos (1984). O Membro Serra da Galga representa o único membro do Grupo Bauru que ocorre na região de Araguari (Alves 1995).

Membro Ponte Alta caracteriza a porção basal da Formação Marília assentando-se de forma gradacional sobre a Formação Uberaba, porém, o contato pode tornar-se abrupto localmente (Barcelos 1984).

Este membro é constituído por arenitos e conglomerados preenchidos por sedimentação carbonática, sendo comum à presença de nódulos calcários. Alves *et al.* (1993 *in* Alves 1995) identificaram no Membro Ponte Alta "sublitarenitos, litarenitos feldspáticos e, predominantemente, litoarenitos pobremente selecionados apresentando grãos subangulosos a subarredondados".

Segundo Alves *et al.* (1994 *in* Ribeiro 2001), esta unidade foi depositada em um sistema de leques aluviais coalescentes intensamente retrabalhados por rios entrelaçados com geração de lagos efêmeros associados a calcretes em um clima semi-árido. Santos (1994 *in* Ribeiro *op cit*) considera que os sedimentos do membro Ponte Alta foram depositados na fácies intermediária de leques aluviais com predomínio de bancos cascalhosos e arenosos, depósitos de canais entrelaçados e, localmente, lagos efêmeros e/ou delgados depósitos de canais abandonados.

O Membro Ponte Alta ocorre predominantemente na região do Triângulo Mineiro, abrangendo os municípios de Sacramento, Uberaba, Ponte Alta, Frutal e Uberlândia.

O **Membro Serra da Galga** se sobrepõe ao membro Ponte Alta no Triângulo Mineiro e constitui a unidade de topo da Formação Marília (Barcelos 1984). É constituído predominantemente por arenitos finos a grossos, conglomerados e arenitos conglomeráticos associados a silcretos e calcretes (Ribeiro 2000).

A sedimentação dessa unidade processou-se em um sistema de leques fluviais entrelaçados coincidente com a paleogeografia e o ambiente deposicional do final do Cretáceo, conforme sugerido por Suguio (1973, Ferreira Jr 1996 *in* Fiumari 2004).

Em Araguari, esse membro é de difícil caracterização direta, pois encontra-se encoberto por pacote de solos elúvio-coluvionares com espessura entre 5 e 10 metros. Foi identificado, na maioria das vezes, por critérios morfológicos, de fotointerpretação e também com base nos testemunhos de sondagem para prospecção de água (Fiumari 2004).

Afloramentos entre Uberaba e Uberlândia (BR-050) mostram arenitos róseos e arroxeados, geralmente friável grossos a finos, com matriz argilosa e calcífera, estratificação plano paralela (Fiumari 2004). Alguns testemunhos de sondagem descritos apresentam desde a unidade basal conglomerática até a variedade de arenitos finos (Fiumari *op cit*).

2.2.8.3 - Unidades Cenozóicas

Os depósitos cenozóicos são expressiva e importante unidade inconsolidada para a formação das chapadas, constituindo as unidades superiores na seqüência estratigráfica. São caracterizados como eluviais, de matriz areno-argilosa a siltosa, dentre diversas formas de cascalhos (Fiumari 2004). Nas áreas de encosta os depósitos são caracterizados por materiais retrabalhados provindo das partes altas: cascalhos fluviais e fragmentos líticos de basaltos, enquanto que nos vales dos rios os materiais consistem de depósitos de areias e de cascalhos (Oliveira 2002). A espessura desse pacote de sedimentos varia de 5 a 10m em Araguari, verificado em descrições de perfis de poços tubulares.

Os depósitos aluvionares correspondem a formação mais recente, pouco expressivo e restrito às drenagens mais importantes. Esses sedimentos, sob o ponto de vista hidrogeológico, constituem zonas de intercâmbio ativas com águas superficiais, recebendo recarga dos rios nos períodos de cheia e contribuindo para o escoamento de fluxo de base nos períodos de estiagem (Fiumari 2004).

2.2.9 – Unidades Aquíferas

O Sistema Aquífero Guarani no município de Araguari foi entendido como sendo constituído, da base para o topo, pelos aquíferos Botucatu, Serra Geral e Bauru, os quais encontram-se hidraulicamente conectados, sendo este o mais explorado em Araguari.

2.2.9.1 - Aquífero Botucatu

Os arenitos da Formação Botucatu ocorrem de forma pouco expressiva, como finas e descontínuas lentes de arenito, apresentando elevado grau de silificação da rocha, portanto, incapaz de constituir aquíferos exploráveis no município de Araguari.

2.2.9.2 - Aquífero Serra Geral

O Aquífero Serra Geral encontra-se associado aos derrames basálticos, sobrepostos às rochas cristalinas, com 200m a 250m de espessura (Fiumari 2004), intercalados com níveis areníticos de espessuras métricas a sub-métricas da Formação Botucatu. Trata-se de um aquífero do tipo fraturado, com complexo padrão de fraturamento.

De acordo com Fiumari (2004), em Araguari, o aquífero Serra Geral apresenta geralmente baixa produtividade, entre 5m³/h e 10m³/h, podendo, porém apresentar-se bastante produtivo quando sob condições de maior adensamento fissural. Aquele autor cita a existência de poços com vazão acima de 40m³/h, associados ao sistema de fraturamento regional N50°W e N45°E, exemplificando o poço da localidade de Piracaíba, pertencente à Superintendência de Água e Esgoto (SAE), com vazão de 70m³/h, o qual encontra-se posicionado segundo esse sistema de fraturas regional. A profundidade média dos poços no Aquífero Serra Geral é de 74m, variando de 54m a 120m (Velásquez *et al.* 2006).

Os pontos de afloramento dos basaltos limitam-se às escarpas e áreas de borda da chapada. Nas partes onde não afloram, sobrepõe-se a esse aquífero um pacote de sedimentos arenosos de 50 a 60 metros de espessura constituídos da Formação Marília (Grupo Bauru) e das coberturas colúvio-eluvionares lateríticas, provenientes do retrabalhamento ou dos sedimentos Marília ou das rochas basálticas (Velásquez *et al.* 2006).

A recarga desse aquífero processa-se pela infiltração indireta através do Aquífero Bauru e pela infiltração direta nas fraturas, sobretudo as verticais, nas áreas de afloramento. As descargas naturais desse sistema ocorrem no contato entre as rochas basálticas e o embasamento cristalino, engendrando a formação de nascentes entre as cotas 750m e 700m.

2.2.9.3 - Aquífero Bauru

É a unidade hidrogeológica mais importante no município de Araguari. Toda a área urbana de Araguari encontra-se edificada sobre esse sistema, elevando o risco de poluição desse aquífero. Está associado aos sedimentos arenosos do Grupo Bauru (Formação Marília) e das coberturas Terciárias. Compreende os depósitos não confinados de água subterrânea de natureza intergranular, de alta a média porosidade e permeabilidade, e com uma alta capacidade de armazenamento.

Fiumari (2004) realizou testes de aquífero em cinco poços na área e obteve os seguintes parâmetros: porosidade efetiva estimada em 0,12; em outras localidades na Bacia do Paraná têm sido encontrado o valor de porosidade efetiva de 0,15, permeabilidade média de $2,3 \times 10^{-3}$ cm/s ($3,0 \times 10^{-3}$ a $1,63 \times 10^{-3}$ cm/s), transmissividade média de 211,1cm²/s (86,2 a 352cm²/s). O pH variou entre 4,67 a 6,39 (média 5,07).

A espessura mais freqüente, a partir das informações das profundidades dos poços perfurados nessa seqüência, está entre 50m e 60m (média: 54m) e a espessura saturada média está em torno de 38m. Os valores médios de vazão e capacidade específica são de 22m³/h e 1,0m³/h/m respectivamente (Velásquez *et al.* 2006).

A recarga é favorecida pela feição suave do relevo e pela porosidade dos materiais que constituem a zona vadosa do aquífero, com espessuras variáveis entre 5m e 10m. Essa unidade pedológica torna-se importante no processo de infiltração direta da precipitação, por constituir-se, também, de níveis de material grosso, coluvionar, que recobre parte do topo e a quase totalidade das rampas do contato arenito/basalto. Esses depósitos transferem parte da água infiltrada para os aquíferos subjacente (Formação Marília) e parte para os cursos superficiais.

No perímetro urbano a recarga aquífera provém de duas origens, sendo uma direta, proveniente da precipitação, e a outra indireta, destacando-se os vazamentos da rede de distribuição de água potável.

A descarga ocorre no contato entre a seqüência sedimentar desse aquífero e o basalto do Serra Geral que dá origem a grande parte dos cursos d'água superficiais que possuem suas nascentes na quebra topográfica da chapada, entre as cotas 880m e 900m. Menos freqüentemente têm sido constatadas algumas drenagens surgentes em meio às chapadas dos arenitos Bauru, em cotas entre 930m e 940m; cita-se, por exemplo, o Rio Jordão e os Ribeirões das Araras e Piçarrão, e o Córrego Amanhece (Fiumari 2004). As sub-bacias

experimentais, do presente estudo, são drenadas pelo Ribeirão das Araras e pelo Córrego Amanhece.

No projeto Avaliação dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Guarani no município de Araguari, Minas Gerais, Brasil (2006), os autores elaboraram o mapa potenciométrico deste aquífero (Figura 2.7), tomando-se os dados da carga hidráulica de 85 poços profundos e de 130 nascentes no aquífero Bauru. A configuração da superfície potenciométrica mostra um grande divisor de água subterrânea ao longo de toda a chapada, região esta que constitui a zona de recarga direta. Destacam-se como importantes áreas de recarga as sub-bacias em estudo, uma situada na cabeceira do Córrego Amanhece e a outra junto à cabeceira do Ribeirão das Araras.

Esse aquífero é o mais explorado no município, sendo elevada a densidade de poços em algumas áreas na zona urbana e em determinadas localidades agrícolas como, por exemplo, a bacia do Ribeirão das Araras. Sua natureza pouco profunda e seu material litológico facilitam a perfuração indiscriminada e ilegal de poços.

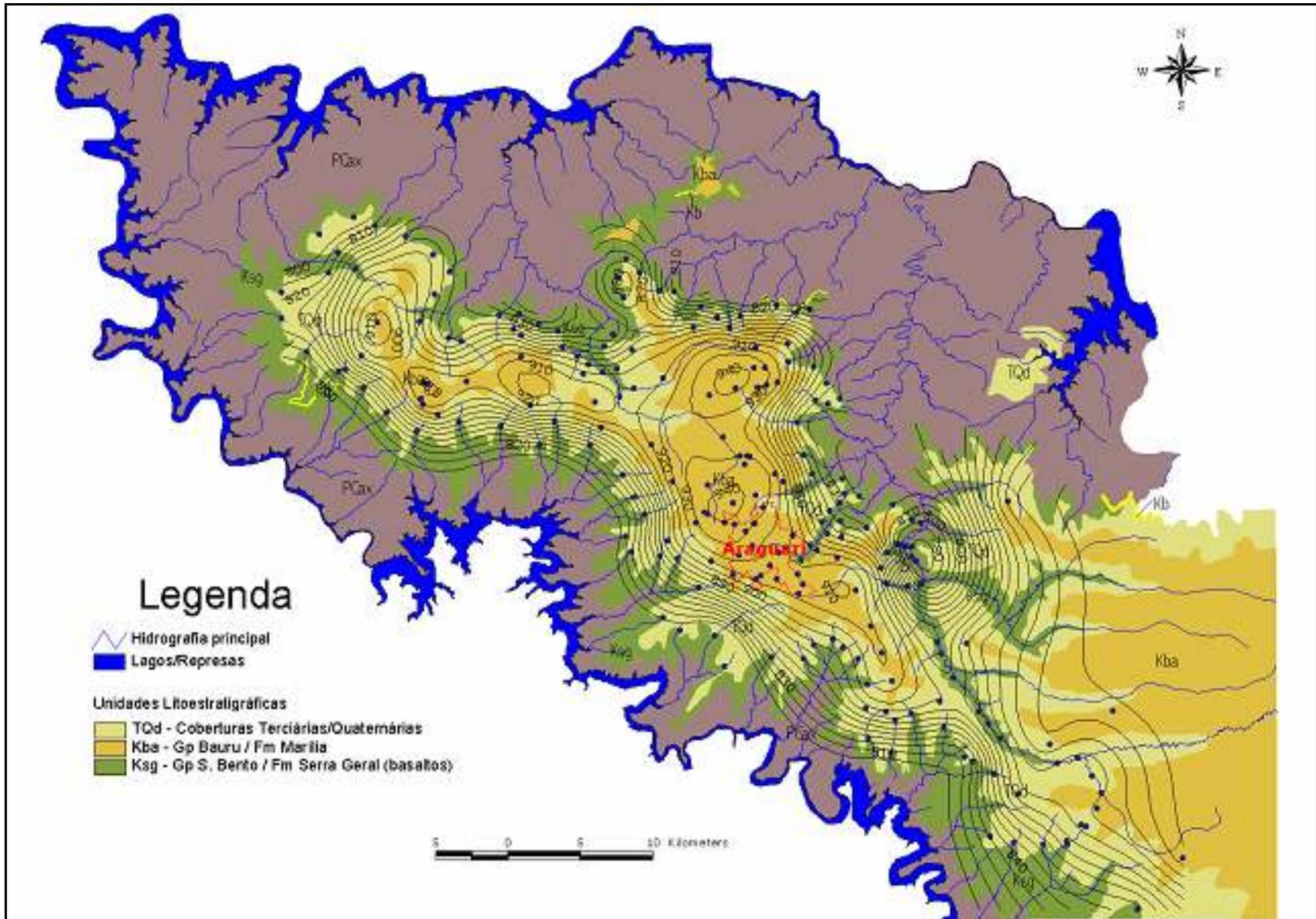


Figura 2.7 - Mapa Potenciométrico do Aquífero Bauru em Araguaçu. Fonte: Velásquez *et al.* 2006.

2.3 – Caracterização física, uso da água e do solo nas sub-bacias experimentais

As sub-bacias experimentais Ribeirão das Araras (curso alto) com área de drenagem de 28,7km² e a sub-bacia Córrego Amanhece (curso alto) com área de drenagem de 8,6km², compreendem, nesse estudo, a porção a montante das estações fluviométricas em cada uma das sub-bacias, vide Figura 2.8. No município de Araguari, as sub-bacias experimentais pertencem à bacia estadual Ribeirão das Araras (\cong 228km²), inserida na bacia federal do rio Paranaíba.

Estas duas sub-bacias foram selecionadas como áreas experimentais dentro do contexto desse estudo, sendo que a intensa exploração das suas disponibilidades hídricas aos níveis superficial e subterrâneo foi o fator preponderante entre os critérios utilizados na escolha, fato que já vem gerando conflitos entre os diversos usuários, principalmente do setor agrícola. Outro fator importante na seleção foi a disponibilidade de estações pluviométricas e fluviométricas nessas sub-bacias, além de estarem geologicamente estabelecidas sobre sedimentos do Grupo Bauru, representados em Araguari pela Formação Marília. Os sedimentos do Grupo Bauru associados às Coberturas Terciárias constituem a unidade hidrogeológica mais importante e mais explorada no município de Araguari.

O Aquífero Bauru é definido como um aquífero não confinado (livre), de porosidade intergranular, constituído pela seqüência areno-siltosa da Formação Marília, e pelas coberturas laterizadas terciárias silto-argilosas. O nível basal nessa unidade, na área, é representado por uma camada contínua de conglomerados, importante no processo de armazenamento e circulação de água. A espessura dessa seqüência está entre 50m e 60m (média de 54m), sendo a espessura saturada média em torno de 38m (Velásquez *et al.* 2006).

Estudos de caracterização pedológica, realizado por Carvalho Filho *et al.* (2005) no município, indicam a predominância, nas sub-bacias experimentais, de solos do tipo Latossolo vermelho amarelo álico ou distrófico (LVa) (Figura 2.5) de textura muito argilosa, provenientes do retrabalhamento do arenito Bauru (Formação Marília).

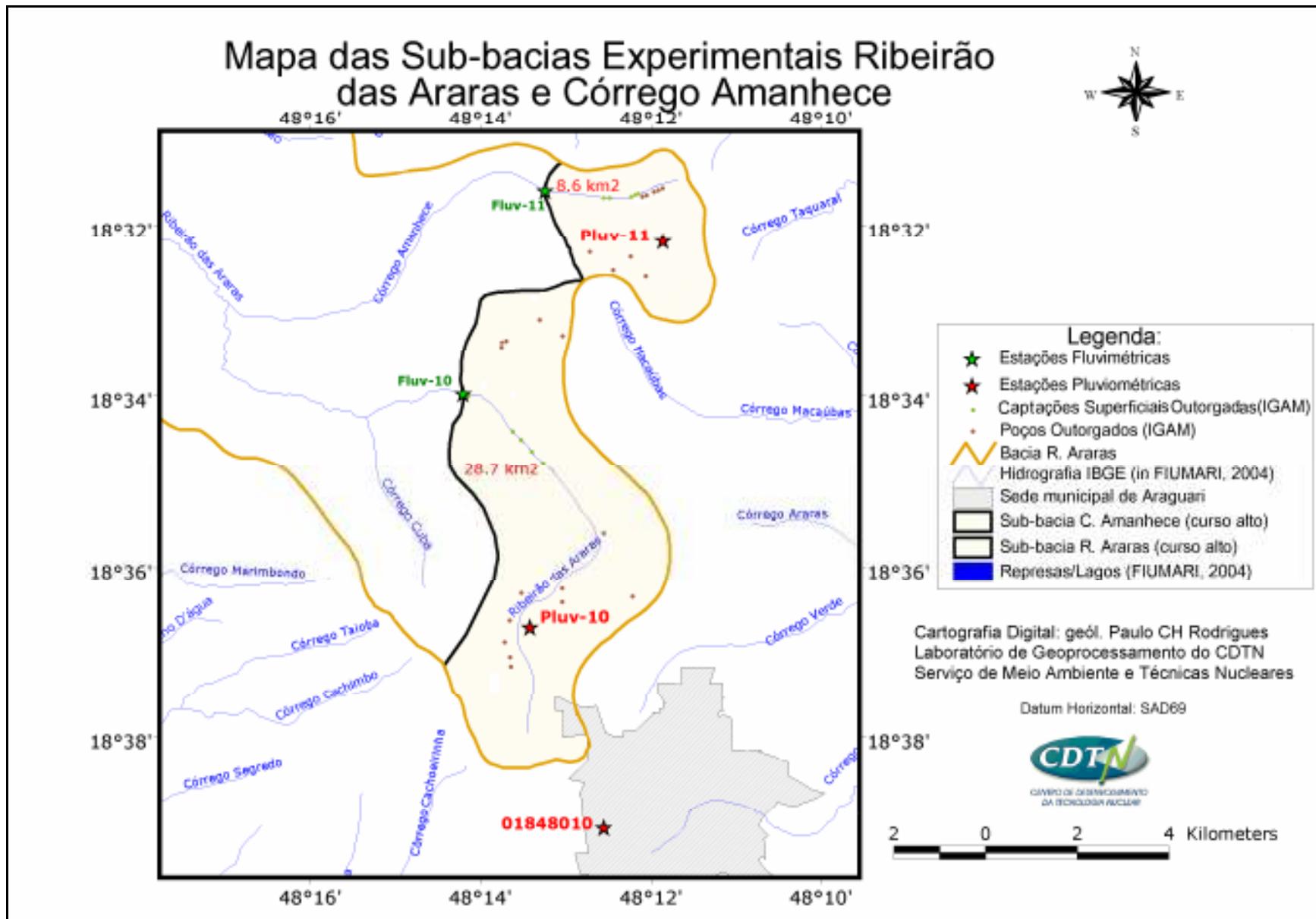


Figura 2.8 – Mapa de localização da sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece em Araguari.

A principal atividade nas sub-bacias é a agricultura, particularmente no plantio de café, soja e hortifrutigranjeiros. Em períodos em que o índice de precipitação é baixo, a água superficial e subterrânea é utilizada para irrigação das culturas e a irrigação feita através de micro-aspersão ou gotejamento.

Informações obtidas do acervo do IGAM (2004), referente aos usuários cadastrados e com outorgas de utilização da água, mostram a existência de 126 pontos de captação de água subterrânea e superficial em toda a bacia do Ribeirão das Araras que tem o Córrego Amanhece como seu principal tributário. Desses pontos de captação de água, 33 estão dentro dos limites das sub-bacias experimentais (Anexo 2), sendo 9 subterrânea e 5 superficial na sub-bacia Córrego Amanhece e 14 subterrânea e 5 superficial na sub-bacia Ribeirão das Araras. A Tabela 2.5 apresenta os valores de extrações hídricas outorgadas nas sub-bacias. Para o cálculo das extrações foram consideradas 12 horas de bombeamento diário entre junho a setembro, período em que as irrigações são intensificadas para suprir o *déficit* hídrico.

Tabela 2.5 – Extrações hídricas outorgadas nas sub-bacias experimentais.

Sub-bacia	Ribeirão das Araras (28,7km ²)				Córrego Amanhece (8,6km ²)			
	Tipo de outorga	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m ³ /s)	Volume (m ³) (mm)	Nº de outorgas	Vazão outorgada (m ³ /s)	Volume (m ³) (mm)	
Subterrânea	14	0,410	2.124	74	9	0,244	1.264	147
Superficial	5	0,093	498	17	5	0,027	137	16
Total	19	0,503	2.612	90	14	0,271	1.402	163

2.4 – Recarga aquífera

A área por onde ocorre o abastecimento do aquífero é denominada zona de recarga. O processo de recarga subterrânea ocorre pelo movimento de água que atinge a zona não saturada sob forças gravitacionais, ou em uma direção específica por condicionamento hidráulico (Vasconcelos 2005). De forma geral, a recarga subterrânea é considerada como a quantidade de água que contribui para aumentar a reserva subterrânea permanente ou temporária de um aquífero.

Dois tipos de recarga aquífera podem ser distinguidos, (Borghetti *et al.* 2004):

Recarga direta: as águas de precipitação se infiltram diretamente no aquífero, através de suas áreas de afloramento e fissuras de rochas subjacentes. Desta forma, a recarga sempre é direta nos aquíferos livres, ocorrendo em toda a superfície acima da zona

saturada. Nos aquíferos confinados, o reabastecimento ocorre preferencialmente nos locais onde a formação aquífera aflora à superfície.

Recarga indireta: resulta da percolação até o aquífero advindas do escoamento superficial, a partir dos leitos de curso d'água existentes na superfície do terreno, lagos e das fontes de infiltração introduzidas pelo homem através de atividades de irrigação e urbanização. O reabastecimento do aquífero também pode ocorrer a partir da drenagem em zonas semipermeáveis de um aquífero para o outro, sendo que a magnitude e a direção das filtrações verticais são determinadas pelas elevações das superfícies potenciométricas de cada um desses aquíferos.

As maiores taxas de recarga ocorrem nas regiões planas, bem arborizadas e nos aquíferos livres. Nas regiões de relevo acidentado, sem cobertura vegetal, sujeitas a práticas de uso e ocupação que favorecem as enxurradas, a recarga ocorre mais lentamente e de maneira limitada (Rebouças & Amore 2002).

A recarga aquífera, segundo Costa (2000), em condições de equilíbrio natural pode ser entendida como a própria reserva renovável. Este mesmo autor definiu quatro tipos de reservas para a água subterrânea, sendo elas: reserva renovável ou reguladora, reserva permanente, reserva total e reserva explorável.

A reserva renovável (recarga) corresponde ao volume de água subterrânea acumulada anualmente acima do nível freático, variável com o regime pluviométrico. Pode ser calculada de acordo com a equação (2.1).

$$R_r = A \times \Delta h \times \eta_e \quad (2.1)$$

Onde:

R_r = Reserva renovável

A = Área do aquífero

Δh = Variação anual do nível freático

η_e = Porosidade efetiva

A reserva permanente em aquífero livre constituem as águas acumuladas que não variam em função das precipitações anuais, corresponde ao volume de água acumulado abaixo do nível de base das drenagens e representa à espessura saturada mínima do aquífero. É calculada a partir da equação (2.2).

$$R_p = A \times b \times \eta_e \quad (2.2)$$

Onde:

R_p = Reserva permanente

A = Área do aquífero

b = Espessura saturada do aquífero

η_e = Porosidade efetiva

A reserva total é representada pelo conjunto das reservas permanente e renovável constituindo, assim, a totalidade de água existente no meio aquífero.

A reserva explotável corresponde ao volume de água possível de ser explotado com sustentabilidade. Considera-se esse tipo de reserva como aquela constituída por uma parcela das Reservas Renováveis. Essa parcela pode ter um valor máximo variando entre 25% e 50% destas reservas (Rebouças 1992). Ainda é um tema muito discutido o estabelecimento de valores indicadores para diferentes fases de gerenciamento de mananciais subterrâneos, mas sabe-se que é função da disponibilidade hídrica superficial, da descarga mínima estabelecida para os cursos de água, e aspectos tais como, de uso e ocupação do solo, econômicos, morfológicos, geotécnicos e hidrometeorológicos.

2.4.1 – Fatores que influenciam na recarga aquífera

A recarga da água subterrânea não depende apenas dos fatores de precipitação e evapotranspiração, mas também da natureza do solo e da cobertura vegetal (GEE 1988 *in* Velásquez 1996).

O movimento das águas subterrâneas cumpre uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada. Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores. Rushton (1988, Lerner 1990 *in* Velásquez 1996) classificam seis fatores que podem afetar a recarga:

Superficiais: topografia, precipitação (magnitude, intensidade, duração e distribuição espacial), escoamento superficial, reservatórios d'água, características e padrão da vegetação;

Zoneamento do solo: natureza do solo, profundidade, propriedades hidráulicas, variabilidade lateral e em profundidade, presença de fissuras quando o solo apresenta-se seco ou intumescido;

Zona não saturada: mecanismo de fluxo através da zona saturada, zoneamento da condutividade hidráulica;

Aqüíferos: capacidade do aqüífero de receber água, variação das condições aqüíferas com o tempo;

Rios: os rios que escoam para fora ou dentro da bacia considerada; rios que perdem ou ganham água em relação ao aqüífero e;

Irrigação: forma de irrigação, perdas por canais e fluxos d'água, formas de manejo do solo.

A litologia do aqüífero (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é o fator que determina a qualidade da água, a qualidade como reservatório e a velocidade da água em seu meio. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser sedimentar, vulcânica e/ou metamórfica, determinando os diferentes tipos de aqüíferos.

2.4.2 – Métodos de avaliação de recarga

Embora vários métodos de estimativas da recarga aqüífera sejam descritos na bibliografia, neste estudo serão enfocados apenas cinco, sendo eles: análise da curva de recessão do hidrograma, medidas de variação do nível da água, balanço hídrico e traçador radioativo (Trítio).

2.4.2.1 – Análise da curva de recessão do hidrograma

O hidrograma é a denominação dada ao gráfico que relaciona a variação da vazão em função do tempo ($Q = f(t)$). O hidrograma anual é constituído com médias mensais em um ano hidrológico. A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica. Bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de captação de água de precipitação demarcada por divisores topográficos, onde toda água captada converge para um único ponto de saída (exutório), sendo um sistema físico onde podemos quantificar o ciclo da água.

Analisando-se o hidrograma na Figura 2.9 pode-se observar as várias etapas que ocorrem desde o início até o término de uma chuva. Ao iniciar a precipitação, parte é interceptada pela vegetação e parte se infiltra no solo suprimindo sua deficiência de umidade. No hidrograma esta etapa é representada pelo intervalo T_0 a T_a . Depois de excedida a capacidade

de infiltração, começa o escoamento superficial direto, cujo início é definido pelo **ponto A**. A vazão aumenta até atingir um pico máximo, representado pelo **ponto B**, sendo que a duração da precipitação é menor ou igual ao intervalo de tempo T_0 a T_b . Quando termina a precipitação, o escoamento superficial continua ainda por um determinado tempo e o fluxo vai diminuindo, o qual denomina-se curva de depleção ou decaimento, representada pelo intervalo BC. Cessado o escoamento superficial, passa a predominar o escoamento subterrâneo a partir do **ponto C** e a curva começa a decrescer mais sutilmente, recebendo o nome de curva de esgotamento ou curva de recessão, estágio no qual o fluxo é chamado de fluxo de base (Marson & Leopoldo 1992).

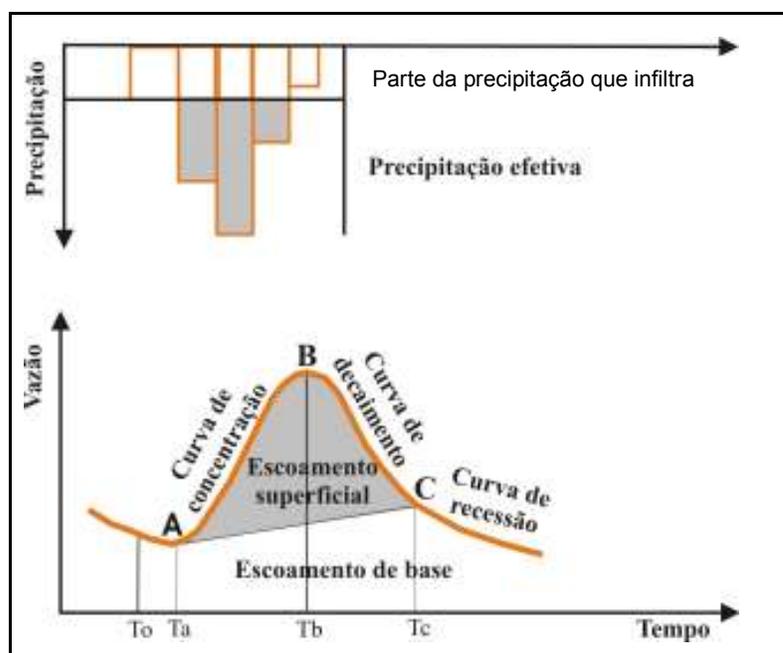


Figura 2.9 – Exemplo de um hidrograma característico gerado por uma chuva, mostrando a variação da vazão em relação ao tempo. Modificado Marson & Leopoldo (1992).

Portanto, a porção do hidrograma acima do segmento de linha AC corresponde empiricamente ao escoamento superficial direto, enquanto a parte inferior do hidrograma refere-se à contribuição do escoamento de base.

Observa-se também no hidrograma que o **ponto C** (início da recessão) encontra-se mais elevado que o ponto de recessão antes da crescida (**ponto A**). Este fato ocorre porque parte da precipitação se infiltrou causando a recarga aquífera e conseqüentemente o aumento no nível d'água.

Os componentes principais do fluxo em um canal possuem características distintas e passíveis de individualização nos hidrogramas, sendo eles: fluxo superficial (*runoff*), que

representa a água que cai diretamente nos canais e a que esco superficialmente; fluxo subsuperficial, correspondente ao fluxo que ocorre apenas nas camadas mais superficiais do solo, se restringindo à zona não saturada; e fluxo de base ou escoamento de base (*baseflow*), que corresponde à descarga de água subterrânea para o rio, ou seja, é o componente subterrâneo do escoamento total (Castany 1971).

O estudo da capacidade de armazenamento subterrâneo numa bacia hidrográfica é feito com base no deflúvio do período de esgotamento ou recessão hidrológica. O esgotamento significa um período sem recarga significativa dos aquíferos e a conseqüente diminuição da descarga natural de restituição dos aquíferos aos rios (condições de rio efluente), que se verifica ao longo do período de estiagem ou recessão, caracteriza o regime dos cursos de água em período de déficit pluviométrico. A descarga natural durante o período de recessão, via de regra, é associada à restituição subterrânea, a qual está condicionada a um diferencial de carga hidráulica entre os aquíferos e os canais fluviais (Gonçalves *et al.* 2005).

A análise da curva de recessão ou esgotamento é importante para o estudo do regime dos cursos de água superficial e das reservas subterrâneas, uma vez que essa curva corresponde à parte do hidrograma em que a vazão vem do escoamento básico, indicando que as reservas de água subterrânea estão sendo liberadas para o rio (Castany 1971).

A “Fórmula de Maillet” é muito utilizada para ajustar as recessões por sua maior simplicidade quanto ao tratamento matemático, mesmo fornecendo melhores resultados para os períodos finais de recessão (Costa 2005). A curva de esgotamento segue a referida lei exponencial, segundo a equação (2.3) de Maillet, Castany (1967 *in* Gonçalves *et al.* 2005):

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (2.3)$$

Onde:

Q_t = vazão no tempo t (m^3/s)

Q_0 = vazão no início da recessão (m^3/s)

α = coeficiente de recessão (ou coeficiente de esgotamento)

t = tempo (dias) desde o início da recessão

e = base do logaritmo neperiano = 2,71828

O coeficiente de recessão (α) corresponde à inclinação da curva de recessão em gráfico semilogaritmico e é expressado em $dias^{-1}$ (Figura 2.10). Segundo El-Nasser & Salameh (1991 *in* Rosa Filho 1993) o coeficiente de recessão é uma constante que representa as propriedades que afetam a descarga de um aquífero. Considerando que os demais

parâmetros são constantes quanto maior for a extensão horizontal do aquífero, a porosidade e a viscosidade do fluido maior será o tempo necessário para que ocorra o esgotamento do mesmo; nesses casos α decresce com o aumento desses parâmetros. Quanto maior for a densidade do fluido e a permeabilidade específica do aquífero, menor será o tempo necessário para que ocorra o esgotamento do aquífero; nesses casos, α cresce com o incremento da densidade do fluido e da permeabilidade específica.

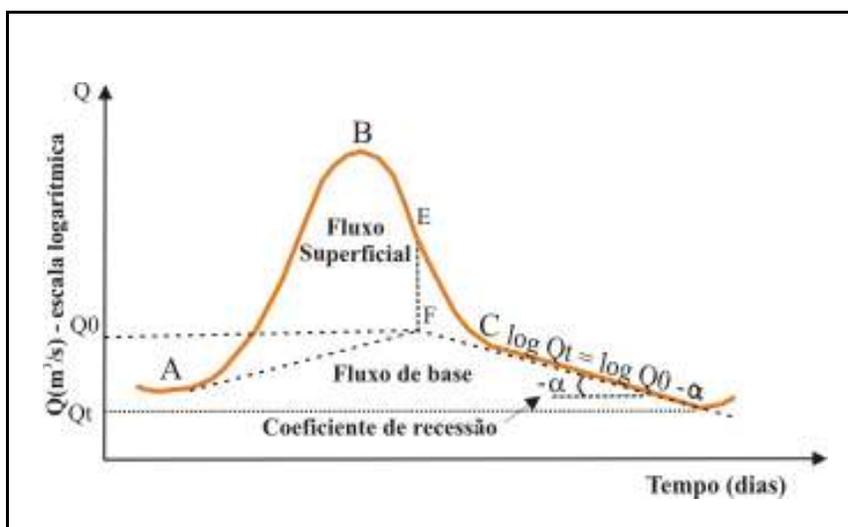


Figura 2.10 – Determinação do coeficiente de recessão pelo método de Barnes e separação dos componentes de fluxo. Modificado de Costa (2005).

A determinação do coeficiente de recessão é feita numericamente e, com maior precisão, usando-se a fórmula abaixo, obtida a partir da equação (2.3) em forma logarítmica.

$$\log Q_t = \log Q_0 - \alpha t \log e \quad (2.4)$$

$$\alpha = \text{Log } Q_0 - \log Q_t / 0,4343t \quad (2.5)$$

Através dessa expressão e dos hidrogramas contendo dados diários de descarga, se encontram os valores dos coeficientes de esgotamento. O coeficiente de esgotamento “ α ”, caracteriza a descarga dos aquíferos em regime não influenciado (ausência de precipitação). Dentro dos sistemas aquíferos, considera-se que o equilíbrio de fluxo das águas que entram seja igual aos volumes de saída. Assim, ao se conhecer o quanto é restituído das águas subterrâneas aos rios, pode-se estimar a contribuição das águas subterrâneas para o deflúvio total, e ainda determinar a recarga subterrânea (Castany 1967 in Gonçalves *et al.* 2005).

O método de Barnes ou método dos gráficos semilogarítmicos é frequentemente utilizado na separação de hidrogramas (Figura 2.10), sendo considerado o que fornece resultados mais confiáveis. Admitindo que a curva de recessão tem por equação $Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$ sua representação em escala logarítmica será a equação de uma reta ($y = ax + b$). Portanto, ao se plotar o hidrograma em papel semilogarítmico, a parte final, ou seja, a recessão do fluxo de base será representada por uma reta cuja inclinação é $-\alpha$. Prolongando-se essa reta em direção aos eixos das ordenadas até a vertical que passa pelo ponto de inflexão E, se obtém o ponto F, que é posteriormente unido ao ponto A, obtendo-se assim a linha de separação entre o fluxo de base (porção subjacente) e o fluxo superficial (porção superior) (Custódio & Lhamas 1976).

O volume total armazenado no aquífero no instante inicial da recessão, acima do nível de base na ausência de recarga ou perda, encontrado pela equação (2.3), representa a reserva renovável ou reserva reguladora do aquífero a montante do ponto de medida de vazão. Como o coeficiente de recessão (α) é expresso em dias⁻¹ e a vazão (Q) em m³/s faz-se necessário a seguinte correção (2.6):

$$V = Q_0 \times 86400 / \alpha \quad (2.6)$$

2.4.2.2 – Variação do nível da água (VNA)

Ao se infiltrar no solo a água tende a atingir o limite inferior da percolação de água que é dado quando as rochas não admitem mais espaços abertos (poros) devido à pressão da pilha de rochas sobrejacentes, onde sofre um represamento, preenchendo todos os espaços abertos em direção à superfície. Estabelece-se assim uma zona onde todos os poros estão cheios de água, denominada zona saturada ou freática. Acima desse nível, os espaços vazios estão parcialmente preenchidos por água, contendo também ar, definindo a zona não saturada. O limite entre essas duas zonas é definido como superfície freática - SF ou nível da água subterrânea - NA (Karmann 2000).

O método da variação do nível da água se baseia na premissa de que o aumento do nível de água é causado pela chegada da recarga à zona saturada do aquífero (Wahnfreid & Hirata 2005).

Os equipamentos utilizados para o acompanhamento da evolução dos níveis dinâmicos podem ser divididos em medidores manuais e medidores automáticos. Os

medidores manuais podem ser classificados como: elétricos, acústicos e manométricos. Os medidores elétricos são os mais difundidos e utilizados. Os medidores automáticos são baseados no aproveitamento da energia produzida pelo movimento vertical de ascensão e rebaixamento do nível da água dentro de um poço, para mover um conjunto formado por um flutuador e um contrapeso ligados por um cabo, que oscilam juntamente com a água, transmitindo esse movimento vertical, através de um sistema de engrenagens e polias, para um registrador onde se lê diretamente a profundidade do nível d'água. Esses dispositivos são conhecidos como linímetros (Feitosa 2000).

Com o monitoramento da variação do nível da água, pode ser realizada a estimativa da reserva renovável (recarga), que corresponde ao volume de água subterrânea acumulada anualmente acima do nível freático, variável com o regime pluviométrico conforme a equação 2.1.

Os melhores resultados são obtidos em áreas com nível d'água rasos, possibilitando rápidas elevações com a precipitação, já que níveis profundos tendem a não terem uma grande variação. A acuidade das medidas é de grande importância, pois a lâmina da água precipitada em cada evento compreende às vezes algumas dezenas de milímetros e seu efeito sobre o nível da água é pequeno (Wahnfried & Hirata 2005).

Segundo Wahnfried & Hirata (*op cit.*), a maior vantagem da avaliação da recarga por VNA é a sua simplicidade, pois não é necessário levar em conta os mecanismos de transporte que regem a passagem de água na zona não saturada, o que permite desconsiderar, por exemplo, a existência de caminhos preferenciais de fluxo. Porém, para usar esse método é preciso levar em consideração alguns aspectos, já que diversos fenômenos relacionados às alterações naturais (clima) e às atividades antrópicas (ocupação e uso do solo) ao longo de décadas causam a oscilação do nível da água ao longo do tempo. Em um ano, as oscilações podem estar ligadas à sazonalidade da evapotranspiração e precipitação, entre outros.

2.4.2.3 – Balanço Hídrico

O balanço hídrico considera o solo como um reservatório delimitado pela região da zona de raízes, suprido pelas precipitações e com volumes máximos dados pela capacidade de campo (teor de água presente no solo apta de ser utilizada pela planta). A remoção de água contida nesse reservatório se faz pela evaporação direta e transpiração vegetal, através da absorção radicular. Durante os períodos em que o solo se encontra na capacidade de campo, os excedentes de infiltração podem percolar profundamente, vindo a transformar-se em recarga, e os excedentes superficiais podem escoar diretamente para a rede de drenagem fluvial. A percolação profunda drena água a partir da zona das raízes até o reservatório subterrâneo, onde terá um tempo de “trânsito” até que contribua como vazão de base nos cursos d’água superficiais. Esse tempo é variável e depende basicamente das características de cada bacia hidrográfica.

A estimativa da recarga aquífera pelo método do balanço hídrico baseia-se na condição de que outros fluxos constituintes do balanço hídrico podem ser medidos ou estimados mais facilmente do que a própria recarga. Como exemplos de métodos de balanço hídrico podem ser citados: (i) o controle da umidade do solo com instrumentos próprios e da precipitação e evapotranspiração potencial, tendo como resultados a evapotranspiração real e a recarga; (ii) balanço hídrico de canais e rios; (iii) elevação do nível d’água – quando o volume armazenado, medido pela elevação do nível freático, é calculado levando-se em consideração entradas e saídas d’água do sistema aquífero, tais como bombeamento e fluxo interaquíferos (Lerner 1990 *in* Velásquez 1996).

Os componentes do balanço hídrico, precipitação, evapotranspiração, temperatura, entre outros, podem ser medidos *in situ* ou estimados de forma indireta. Habitualmente a precipitação e a temperatura são medidas de forma direta e os outros componentes são estimados através de fórmulas semi-empíricas, tais como as evapotranspiração potencial e real. Tais balanços são normalmente realizados com periodicidade, por exemplo, diária ou mensal (Samper 1998).

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água (chuva, granizo, orvalho, geada, etc.) proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. As grandezas que caracterizam uma chuva são: i) altura pluviométrica (P) – espessura média da lamina d’água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem escoasse para fora dos limites da região; ii)

duração (t) – é período de tempo durante o qual a chuva cai; iii) intensidade (i) – é a precipitação por unidade de tempo, obtida com a relação $i = P/t$ (Bertoni & Tucci 2001).

A evapotranspiração potencial avaliada com o método de Thornthwaite, como a quantidade de água, em altura pluviométrica, que seria transferida da superfície à atmosfera, durante determinado período de tempo, em uma área externa inteiramente vegetada, onde o solo disponha sempre de umidade suficiente para o uso das plantas. Poderá ser também definida como a precipitação teoricamente necessária às plantas, ou como a altura pluviométrica ideal para atender às necessidades de água da superfície vegetada, não trazendo nem excedentes, nem deficiências de umidade no solo durante o ano. A evapotranspiração é considerada normal ou potencial, e constitui elemento climatológico definido, como outro qualquer, característico da região e dependente apenas de suas condições meteorológicas. Quando há deficiência de umidade no solo, a evapotranspiração fica, forçosamente, reduzida e limitada à quantidade da água capaz de ser retirada do solo pelo sistema radicular. Ocorre, então, durante esse tempo, a evapotranspiração chamada efetiva ou real.

O balanço hídrico proposto por Custódio & Lhamas (1976) foi estruturado para subsidiar o planejamento agrícola na análise das deficiências hídricas dos cultivos mediante a avaliação da evapotranspiração real. O modelo proposto simula parte do ciclo hidrológico a partir da equação (2.7):

$$P = ETR + EX + \Delta R \quad (2.7)$$

Onde:

P = precipitação em mm;

ETR = evapotranspiração real em mm;

EX = excedente de água (escoamento e infiltração);

ΔR = variação da reserva de água utilizada pelas plantas.

Este modelo de balanço hídrico é processado no intervalo mensal e tem como base física um reservatório que contempla parte do solo não saturado para o qual ocorre o processo da evapotranspiração. O reservatório denominado “reserva de água utilizável pelas plantas” é definido por uma profundidade específica dada em mm, que depende de algumas características do solo, tais como capacidade de campo e ponto de murchamento, e da cobertura vegetal.

As variáveis de entrada são a precipitação e a evapotranspiração potencial, tendo como variáveis de saída a evapotranspiração real, a variação da reserva de água utilizável pelas plantas e o excedente de água.

A variável excedente (EX) é na realidade a somatória da infiltração além da “reserva de água utilizável pelas plantas” (recarga) e os escoamentos direto e subsuperficial potencial. Portanto, a dificuldade do método do balanço hídrico para a avaliação da recarga está na separação das componentes da variável excedente (EX), equação (2.8).

$$EX = R + G \quad (2.8)$$

Onde:

EX = excedente de água em mm;

R = escoamento direto e subsuperficial em mm;

G = recarga em mm.

2.4.2.4 – Técnica de Traçadores

Nas pesquisas hidrogeológicas os isótopos estáveis e radioativos são muito utilizados. Isótopos estáveis, como o oxigênio (^{18}O), o deutério (^2H) e o carbono 13 (^{13}C), caracterizam-se por ocorrerem em quantidade definida na natureza. Os mesmos são utilizados como os traçadores naturais em problemas relacionados com a origem das águas e respectivos sistemas de fluxo subterrâneo. Os isótopos radioativos, como o trítio (^3H) e o carbono (^{14}C), sofrem decaimento radioativo, estando em franco processo de diminuição da quantidade. São muito utilizados em questões relacionadas com a dinâmica dos sistemas de fluxo subterrâneo e permitem obter a datação de águas subterrâneas (Feitosa 2000).

Segundo Drumond *et al.* (2005), a técnica de aplicação de traçador radioativo artificial (^3H) foi empregada pela primeira vez na Alemanha por Zimmermann *et al.* (1967), e os pioneiros na aplicação dessa técnica no Brasil foram Araguás-Araguás *et al.* (1995), que realizaram no período de dois anos (1989 a 1991) um experimento na Reserva Florestal Ducke, situada na região central da Amazônia, a 35km de Manaus. Objetivou-se estudar o balanço de água no solo e o regime de infiltração em um clima tropical úmido e verificar as alterações provocadas pela substituição das matas, por pastos, nos processos de infiltração e evapotranspiração. As principais conclusões obtidas nesse estudo foram: i) a taxa de infiltração efetiva no solo de floresta é substancialmente menor que nas áreas ocupadas por pastos, em razão dos fluxos de evapotranspiração na floresta (40%) serem bem maiores que os

das áreas de pastos (25%); ii) a perda aparente de trítio nas camadas de solos mais profundos da floresta (cerca de 40% entre as profundidades de 1,5m e 3,5m) indica que a retirada de água pelo sistema radicular profundo das árvores é bastante significativo; iii) o balanço das águas do solo nas áreas de pasto varia de forma significativa de um ano para outro; e, iv) que o trítio se mostrou como um traçador muito efetivo para estudar o movimento da água na zona não saturada do solo em climas tropicais. Considerando esses resultados, os autores recomendaram o emprego dessa técnica para o estudo em outras áreas da bacia, com diferentes tipos de solo.

O CDTN/CNEN (1996) realizou uma série de ensaios, utilizando o trítio artificial como traçador, para estimar a recarga de aquíferos na região de Montes Claros-MG. Nos anos de 1998 e 1999. Também realizou ensaios com trítio, no Complexo Alcalino de Poços de Caldas – MG, com o objetivo de avaliar a recarga de mananciais de água mineral daquela instância hidromineral.

Segundo Minardi *et al.* (2004), a técnica de traçadores que utiliza o trítio artificial (^3H), consiste na aspersão de uma dada parcela do terreno com água tritiada, com atividade calculada em função de fatores como umidade natural do terreno (estimada), tempo de duração do experimento, limite de detecção do equipamento de contagem radioativa, aspectos de proteção radiológica e segurança do público em geral e do meio ambiente. Em seguida, é aspergida uma certa quantidade de água comum para forçar a penetração inicial do traçador, simulando assim uma primeira chuva sobre a área. De tempos em tempos são coletadas amostras de solo, através de furos de sondagens, os quais são submetidos a análise para a determinação da umidade residual e, em consequência, do teor de trítio contido na água. O deslocamento vertical contido do pico de concentração de traçador fornece a taxa de infiltração da água no subsolo.

O valor da recarga por este método será obtido pela equação (2.9).

$$R = \rho u \cdot U \cdot \Delta h \text{ [g/cm}^2\text{]} \quad (2.9)$$

Onde:

ρu = peso específico úmido (g/cm^3);

U = umidade (%); e

Δh = distância entre dois picos (cm)

2.5 – Históricos dos estudos hidrogeológicos realizados no município de Araguari

Estudos realizados na bacia hidrográfica do rio Araguari indicaram uma utilização intensiva de águas subterrâneas decorrentes da expansão da fronteira agrícola a partir da década de 70 e pela demanda do abastecimento público.

Segundo Fiumari (2004), a pioneira nos estudos hidrogeológicos no município foi a Companhia Mineira de Águas (COMAG), antecessora da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), através de trabalhos executados pela empresa Orteng Engenharia (OESA) em 1973. A partir de dados obtidos em 96 poços tubulares instalados em áreas urbanas e dados de campo, foi realizado um diagnóstico hidrogeológico de Araguari. Dentre as conclusões desse estudo destaca-se a necessidade de promover o aproveitamento dos recursos hídricos com o devido conhecimento das potencialidades do aquífero.

Outro estudo demandado pela Superintendência de Água e Esgoto de Araguari (SAE), e executado pela COPASA em 1985, teve como objetivo oferecer alternativas para o abastecimento público. Esse estudo foi desenvolvido com base no relatório da OESA e em testes de bombeamento realizados pelo Departamento de Água e Esgoto do Município (DAE). Chegaram a conclusão que o abastecimento público deveria priorizar o recurso subterrâneo tendo em vista seu elevado potencial e por ser na área menos oneroso.

Um dos primeiros estudos na tentativa de avaliar a recarga aquífera com abrangência no município de Araguari foi desenvolvido no Projeto Consolidação e Fortalecimento de Comitês de Bacias (IGAM 2001). O Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), ciente da utilização intensiva dos recursos subterrâneos na bacia do rio Araguari e visando uma gestão mais efetiva e descentralizada dos recursos hídricos, selecionou para o sub-programa do PROÁGUA - Gestão dos Recursos Hídricos e Fortalecimento do Comitê de Bacias, o projeto referente à bacia do rio Araguari. A disponibilidade de água subterrânea na bacia foi calculada em função das reservas renováveis e dos recursos exploráveis, em uma primeira aproximação a partir do estudo de escoamento básico das diversas sub-bacias e da separação da componente subterrânea do escoamento total. Admitiu que o sistema aquífero encontra-se em equilíbrio dinâmico e que as saídas de água se igualam as entradas e que estas representam a reservas renováveis. Para avaliação, foram selecionados os deflúvios médios mensais das estações: Porto Monjolinho (rio Araguari) e Sucupira (rio Uberabinha). Obteve-se um valor de recarga de ordem 292 – 296mm/ano, compatível com a tipologia homogênea regional para a área de ocorrência do aquífero Bauru na Bacia, caracterizada pela elevada pluviosidade anual (>1.500mm) e por terrenos com média a alta capacidade de infiltração.

Oliveira (2002), em sua dissertação de mestrado, calcula a recarga aquífera por meio de medidas de variação do nível da água, efetuadas ao longo de quatro anos (1998 a 2002) em poços de monitoramento localizados no perímetro urbano. O valor de reserva renovável anual no aquífero Bauru calculado foi de 17.122.500m³/ano, considerando a área de ocorrência do aquífero igual a 45.66km², a variação anual entre os níveis freático máximo e mínimo de 2,5m e a porosidade efetiva de 15%.

Fiumari (2004), em sua dissertação de mestrado, também utiliza a metodologia da medida direta da oscilação do nível de água para o cálculo da reserva renovável, fazendo uso dos dados de medida de variação efetuados por Oliveira (2002), considerando uma área do aquífero de 1.152km², porosidade efetiva de 12% e variação anual do nível freático igual a 2,5m. Considerando estas informações, o volume da reserva renovável (recarga anual) do sistema Bauru foi estimado em 3,45 x 10⁸ m³/ano.

O projeto Avaliação dos Recursos Hídricos do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Município de Araguari, Minas Gerais, Brasil (Velásquez *et al.* 2006), teve como objetivo subsidiar a implementação de um plano de gerenciamento quantitativo dos recursos hídricos na região, no qual a autora teve participação efetiva. Neste projeto, desenvolveram-se diversos trabalhos no município, tais como: elaboração do modelo hidrogeológico conceitual do SAG e de modelo matemático hidrogeológico do aquífero Bauru; avaliação da vulnerabilidade natural à poluição; determinação do balanço hídrico e potencialidades visando a estimativa de reservas, recursos, recargas e descargas dos aquíferos Bauru no município. O método do balanço hídrico (separação de hidrogramas) e o método de traçador radioativo (trítio) foram utilizados na estimativa da recarga. Os valores de recarga encontrados pelo método do balanço hídrico para sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece, considerando a seqüência de dois anos hidrológicos (2003/2005), foi de 38% do total médio precipitado. Mas detalhadamente, os resultados percentuais de recarga nos dois anos hidrológicos 2003/2004 e 2004/2005 obtidos pelo método do balanço hídrico foram de 30% e 50%, respectivamente para a sub-bacia Ribeirão das Araras, e de 23% e 48% respectivamente na sub-bacia Córrego Amanhece.

Ainda nesse projeto, o valor de recarga no subsolo medida pela técnica que utiliza o trítio (H³) artificial como traçador em cinco áreas selecionadas no município apresentou resultados percentuais de 51%, 43%, 24%, 41% e 44% da precipitação correspondente ao ano hidrológico de 2004/2005. Os valores de recarga estimada com o traçador radioativo se ajustam bastante com os valores obtidos pelo método do balanço hídrico para o mesmo ano hidrológico (2004/2005).

Observa-se na Tabela 2.6 os valores de recarga aquífera encontrados nos diversos trabalhos realizados no município de Araguari e/ou que abrangeram seu território, bem como o método aplicado para esse fim.

Tabela 2.6 – Resumo dos valores de recargas encontradas no município de Araguari.

Autor	Método	Área (km ²)	Ano hidrológico	Recarga (unidade original)	Recarga (mm)	Recarga % da precipitação	Precipitação (mm)
IGAM (2001)	Separação da componente subterrânea do escoamento total pelo método de Barnes.	22.050	2000/2001	367,6 mm/ano	367	23	1600
Oliveira (2002)	Medida de variação do nível da água (ne = 15% e Δh = 2,5m)	45,66	1998/2002	17.122.500 m ³ /ano	380	25	1500
Fiumari (2004)	Medida direta da variação do nível de água (ne = 12% e Δh = 2,5m)	1152	1998/2002	3,45 x 10 ⁸ m ³ /ano	299	20	1500
Velásquez et al. (2006)	Balanço hídrico	8,6 sub-bacia Amanhece	2003/2004	243mm	243	23	1043
			2004/2005	778mm	778	48	1482
	Balanço hídrico	28,7 sub-bacia R. Araras	2003/2004	344mm	344	30	1152
			2004/2005	709mm	709	50	1542
	Traçador radioativo (Tritio)	1,8 x 10 ⁻⁵ Amanhece	2004/2005	807mm	807	51	1596*
		1,8 x 10 ⁻⁵ V. Brasil Cerrado	2004/2005	614mm	614	43	1426*
		1,8 x 10 ⁻⁵ Piracaíba	2004/2005	389mm	389	24	1623*
		1,8 x 10 ⁻⁵ Piçarrão	2004/2005	651mm	651	41	1580*
		1,8 x 10 ⁻⁵ V. Sacoman - Araras	2004/2005	638mm	638	44	1442*

* precipitação acumulada em cada área de injeção de trítio durante o decorrer do experimento (outubro de 2004 a novembro de 2005).

Para as sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece o ano hidrológico analisado pelo método do balanço hídrico de 2003/2004, com precipitação média (1.098mm), tiveram uma recarga média de 294mm, representando 27% do total precipitado. A precipitação média (1.512mm) do ano 2004/2005 alcançou um valor expressivo de recarga média de 744mm, ou seja, próximo de 49% do total precipitado durante o ano citado.

A técnica que utiliza o traçador radioativo (^3H) artificial permitiu a estimativa da recarga aquífera em cinco áreas experimentais da região de Araguari para o ano hidrológico 2004/2005. Os valores de recarga obtidos no viveiro Brasil Cerrado (614mm), Piçarrão (651mm) e na sub-bacia Araras (638m) são muito próximos, e diferem em relação a área localizada na sub-bacia Amanhece que apresenta valores de recarga mais elevado 807mm, 51% da precipitação, coerente com a classificação granulométrica do solo local, o qual apresenta a maior porcentagem de areia (41%). A área localizada em Piracaíba apresentou valor de recarga inferior (398mm) a todas as outras áreas, a explicação poderia estar no tipo de solo, já que esse experimento foi o único realizado no latossolo roxo distrófico que apresenta textura argilosa, ou no relevo, já que essa área apresenta grande inclinação (Velásquez *et al.* 2006).

CAPÍTULO 3

3 - METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração dessa pesquisa direcionaram o desenvolvimento das atividades almejando cumprir os objetivos propostos. As etapas metodológicas serão detalhadas a seguir:

Levantamento Bibliográfico

Inicialmente foi realizado o levantamento e compilação de bibliografias referentes ao tema em estudo, em especial dos métodos de avaliação da recarga aquífera, além de levantamento dos estudos geológicos e hidrogeológicos realizados no município, esta revisão se prolongou durante todo o tempo de execução desse estudo.

Escolha das sub-bacias experimentais

A seleção das sub-bacias experimentais, Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece, obedeceu a critérios que levaram em conta a geologia, similaridade física (relevo e topografia), a facilidade de acesso e a existência e monitoramento de estações pluviométricas e fluviométricas dentro de seus limites (vide Figura 2.8). As áreas as montantes das estações fluviométricas são de 28,7km² e 8,6km², para as sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece, respectivamente.

Outro ponto que favoreceu a escolha dessas áreas experimentais é que ambas refletem a situação atual de uso e ocupação agrícola da região de Araguari, que se destaca, atualmente, pela intensa exploração hídrica superficial e subterrânea, fato que vem gerando conflitos entre os diversos usuários.

Escolha dos métodos de avaliação da recarga

Ressalta-se que no desenvolvimento deste estudo, considerou-se a recarga anual do aquífero como sendo equivalente à reserva reguladora, embora essa consideração seja válida somente para situações em condições de equilíbrio natural.

Foram escolhidos dois métodos de avaliação da recarga para este estudo, sendo eles: **análise da curva de recessão do hidrograma** e a **variação do nível da água**.

A análise da curva de recessão do hidrograma é muito utilizada para a obtenção do valor da recarga aquífera. Esse método é importante também para o estudo do regime dos cursos de águas superficiais e das reservas subterrâneas, uma vez que essa curva corresponde à parte do hidrograma em que a vazão do rio corresponde exclusivamente ao escoamento de água subterrânea. Através dos hidrogramas contendo dados médios diários de descarga é possível extrair o valor do coeficiente de recessão e da recarga aquífera.

A escolha do método da variação do nível da água para a avaliação da recarga se deve à sua simplicidade, pois se baseia na premissa de que a elevação do nível de água é causada pela chegada da recarga à zona saturada e não leva em conta os mecanismos de transportes que regem a passagem de água na zona não saturada, permitindo desconsiderar a existência de caminhos preferenciais de fluxos. A elevação do nível da água no período monitorado correspondeu à soma de todos os incrementos entre a posição do NA a subsequente no ano hidrológico.

Os resultados adquiridos por esses dois métodos serão posteriormente comparados entre si e com os resultados dos métodos do Balanço Hídrico e o Traçador Radioativo (Trítio) aplicados para a avaliação da recarga aquífera no município de Araguari em estudos realizados por Velásquez *et al.* (2006).

Dados de precipitação: foram obtidos por meio de pluviômetro do tipo “*Ville de Paris*” instalado nas sub-bacias Ribeirão das Araras (Pluv-10), Córrego Amanhece (Pluv-11) e no perímetro urbano (01848010). As leituras foram realizadas por monitores no período da manhã (09:00h) ao longo de dois anos hidrológicos (2003/2005), sendo registrada em milímetros de chuva a cada 24 horas. Para a sub-bacia Ribeirão das Araras foram utilizados dados de precipitação coletados dentro em uma rede estabelecida por Rodrigues (2006). E dados da estação climatológica no Distrito de Amanhece para a sub-bacia Córrego Amanhece. Para o perímetro urbano, foram utilizados os dados da estação pluviométrica de Araguari (01848010), obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA-Hidroweb).

Dados de Vazão: as medidas de vazão superficial foram realizadas por meio de leituras de régua linimétrica instaladas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em agosto de 2003, nas sub-bacias Ribeirão das Araras (Fluv-10) e Córrego Amanhece (Fluv-

11). A operação das estações é realizada pelo IGAM, que periodicamente disponibiliza uma equipe de hidrometria para medições de descarga líquida, e pela Superintendência de Água e Esgoto de Araguari (SAE), que efetua as leituras das réguas duas vezes ao dia, uma no período da manhã (7:00 h) e outra no final da tarde (17:00 h).

Dados de variação do nível da água (VNA): foi implementado um programa de medidas de variação do nível da água em quatro poços profundos localizados no perímetro urbano de Araguari, os quais, encontravam-se desativados e distantes a mais de 100m de outros poços em funcionamento. O monitoramento em um dos poços teve que ser interrompido devido ao início de bombeamento de poço localizado nas proximidades. Os dados foram coletados nos poços: P-85, P-135 e P-138 (Velásquez *et al.* 2006), com a utilização do medidor de nível elétrico duas vezes por mês por monitor treinado. As medições tiveram início em março de 2005 e foram finalizadas em fevereiro de 2006.

Estão apresentados, na Tabela 3.1, as estações de coleta de dados utilizadas nessa dissertação com seus respectivos códigos, localização e coordenadas.

Tabela 3.1 – Localização das estações de coleta de dados.

Estações	Código	Localização	Coordenadas
Pluviométricas	01848010	Araguari	18°39'40"/48°12'33"
	Pluv-10	Sub-bacia R. das Araras	18°36'42"/48°13'25"
	Pluv-11	Sub-bacia C. Amanhece	18°32'11"/48°11'51"
Fluviométricas	Fluv-10	Sub-bacia R. das Araras	18°33'58"/48°14'16"
	Fluv-11	Sub-bacia C. Amanhece	18°31'35"/48°13'14"
Medidas de VNA	P-85	Bateria São Benedito (SAE)	18°39'54,3"/48°11'40,2"
	P-135	Av. Coronel Belchior (SAE)	18°38'25,8"/48°12'45,7"
	P-138	Chácara Glória (particular)	18°39'09,4"/48°10'36,1"

CAPÍTULO 4

4 - RESULTADOS

4.1 – Tratamento dos Dados Monitorados

4.1.1 - Dados pluviométricos

Na análise de caracterização da pluviosidade da sub-bacia Ribeirão das Araras, utilizaram-se os dados da estação denominada neste estudo de Fazenda Maringá, código Pluv-10. E para a caracterização pluviométrica da sub-bacia do Córrego Amanhece utilizaram-se dados da estação denominada de Fazenda Bocaina, código Pluv-11.

Os registros diários de pluviosidade dessas estações foram totalizados ao nível mensal e a série histórica delimitada no espaço temporal de dois anos hidrológicos (2003/2004 e 2004/2005), os dados relativos às estações Fazenda Maringá e Fazenda Bocaina são respectivamente mostrados nas Figuras 4.1 e 4.2.

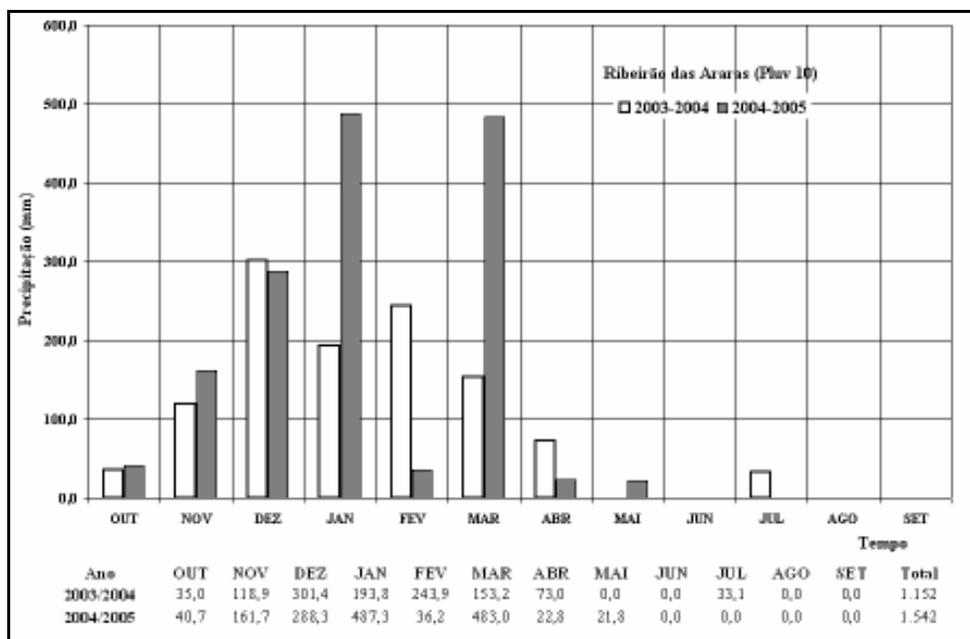


Figura 4.1 – Distribuição e série dos valores característicos das precipitações mensais da estação Fazenda Maringá – Ribeirão das Araras (Pluv-10).

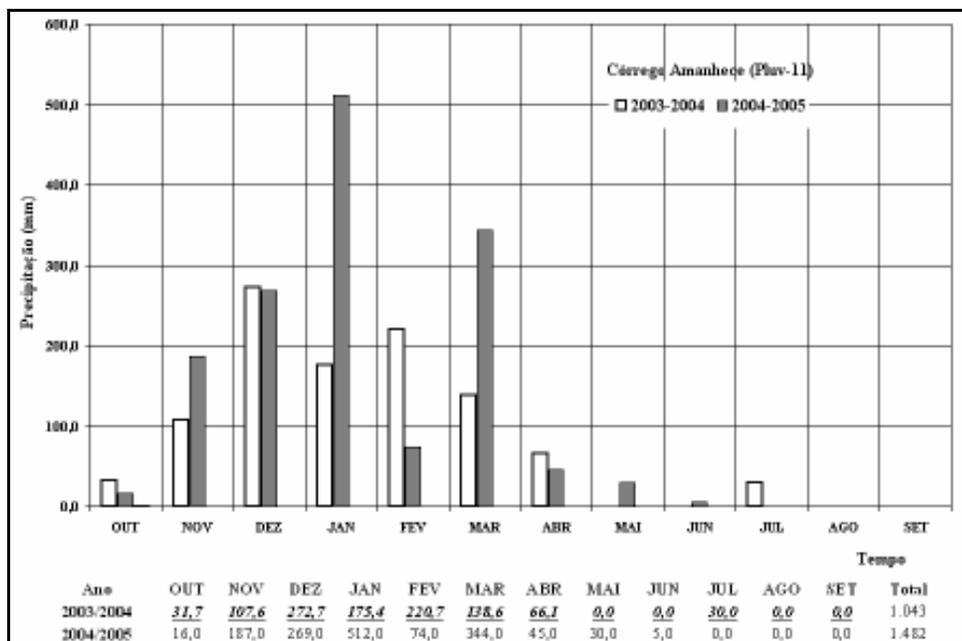


Figura 4.2 – Distribuição e séries dos valores característicos das precipitações mensais da estação Fazenda Bocaina – Córrego Amanhece (Pluv-11).

Ressalta-se que a estação Fazenda Bocaina (sub-bacia Córrego Amanhece) só disponibilizava de informações a partir de outubro de 2004. O preenchimento dos dados anteriores foi efetuado através de uma correlação de informações do período concomitante com os dados da estação Fazenda Maringá (sub-bacia Ribeirão das Araras), possibilitando a consolidação de dois anos hidrológicos completos de onde se obteve a equação linear apresentada na Figura 4.3.

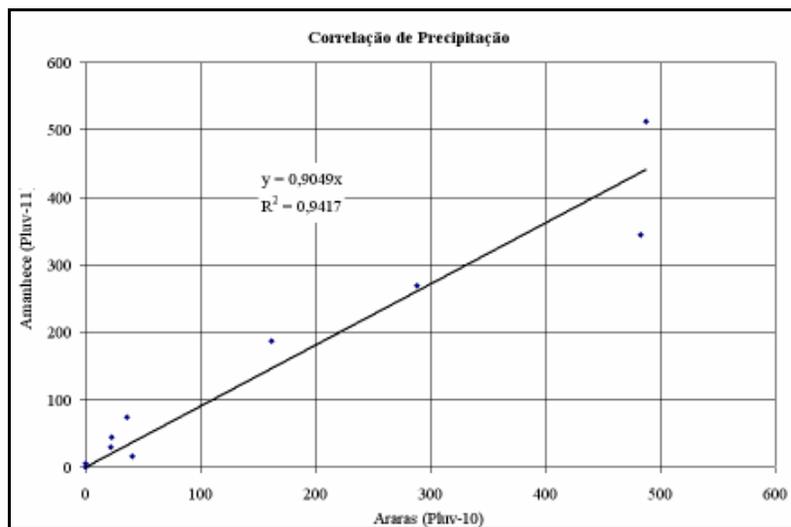


Figura 4.3 – Linha de tendência da correlação pluviométrica das sub-bacias Córrego Amanhece e Ribeirão das Araras.

Na análise de caracterização da pluviosidade no perímetro urbano, utilizou-se os dados totalizados ao nível mensal da estação Araguari (01848010 - ANA), delimitados no espaço temporal de dois anos hidrológicos (Figura 4.4).

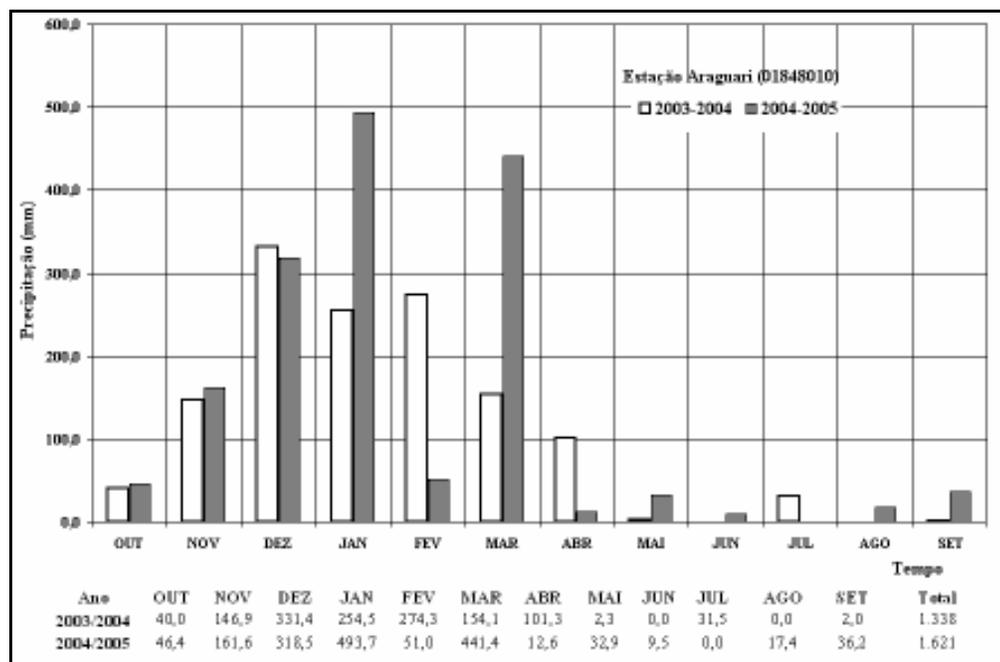


Figura 4.4 – Distribuição e séries dos valores característicos das precipitações mensais da estação Araguari (01848010).

Nos registros históricos dos dados monitorados das três estações pluviométricas nota-se claramente a definição do período úmido, entre outubro e março, e seco, entre abril e setembro. Observam-se também, nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.4, que nos períodos úmidos, podem ocorrer interrupções de precipitação tendo em vista da ocorrência do fenômeno conhecido como “veranico” (conseqüência do baixo índice pluviométrico, que costuma ocorrer aleatoriamente neste período do ano hidrológico). O mês de fevereiro de 2004/2005 ilustra este fato.

Analisando os dados pluviométricos totais das estações localizadas nas sub-bacias e fazendo a média entre eles, o ano hidrológico de 2003/2004 pode ser considerado um ano seco (1.097mm) com relação ao valor da precipitação média do município ao longo de 31 anos hidrológicos (1.507mm), enquanto que o ano de 2004/2005 pode ser classificado como dentro da média (1.512mm).

Os registros pluviométricos da estação Araguari (01848010) correspondente aos meses de medição do nível da água (mar/05 a fev/06), a precipitação total foi de 1.636mm (Figura 4.5).

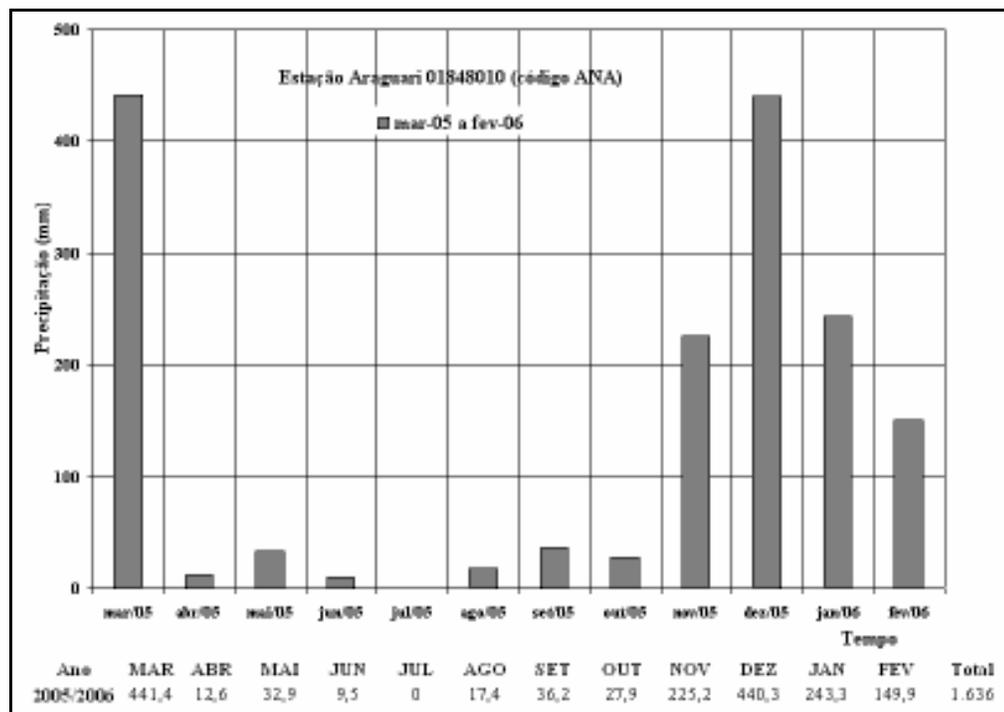


Figura 4.5 – Distribuição e séries dos valores característicos das precipitações mensais da estação Araguari (01848010) relativos aos meses de mar/05 a fev/06.

4.1.2 - Dados Fluviométricos

As medidas de vazão superficial foram realizadas com leituras de réguas linimétricas (Figura 4.6), sendo as mesmas instaladas na sub-bacia do Córrego Amanhece (Fluv-11), localizada na Fazenda Bocaina, e na sub-bacia Ribeirão das Araras (Fluv-10), localizada na Fazenda Maringá (Figura 2.8). Os dados processados são correspondentes aos anos hidrológicos de out/03 a set/05.

É necessário ressaltar que as medidas de leituras das réguas linimétricas foram realizadas duas vezes ao dia (7:00 e 17:00 horas) e, portanto, por vezes deixou de registrar alguns picos de vazão ocorridos em horários diferentes daqueles das leituras. Outro fator limitante é a retirada de água, subterrânea e superficial, a montante das estações fluviométricas, que podem influenciar no escoamento de base. Um desses pontos de captação superficial pode ser visto claramente logo acima da régua linimétrica instalada no Ribeirão

das Araras (Figura 4.6 b). A localização dos pontos de captação de água subterrânea e superficial outorgados estão apresentados na Figura 2.8.



Figura 4.6 - Réguas linimétricas instaladas no Córrego Amanhece (a); e Ribeirão das Araras (b), o ponto de captação desta está indicado pela seta vermelha. Fonte: (Velásquez *et al.* 2006).

O controle das retiradas de água outorgadas é de difícil avaliação, já que não se tem um registro diário confiável de funcionamento dessas captações, além da existência de captações superficiais e subterrâneas ilegais, deste modo, as vazões consideradas podem apresentar valores sub-dimensionados. Contudo, com base no cadastro de outorgados IGAM (2004), estimou-se o volume das extrações superficiais e subterrâneas nas sub-bacias correspondente a 12 horas de bombeamento diário durante o período de *déficit* hídrico (junho a setembro), equivalente a $0,244\text{m}^3/\text{s}$ (147mm) subterrânea e $0,027\text{m}^3/\text{s}$ (16mm) superficial para a sub-bacia Córrego Amanhece e $0,410\text{m}^3/\text{s}$ (74mm) subterrânea e $0,093\text{m}^3/\text{s}$ (17mm) superficial, para a sub-bacia Ribeirão das Araras, conforme apresentado na Tabela 2.5.

Observa-se na Figura 4.7 os períodos de excedentes e deficiências hídricas nas sub-bacias Córrego Amanhece e Ribeirão das Araras, estimada através do balanço hídrico (Velásquez *et al.* 2006).

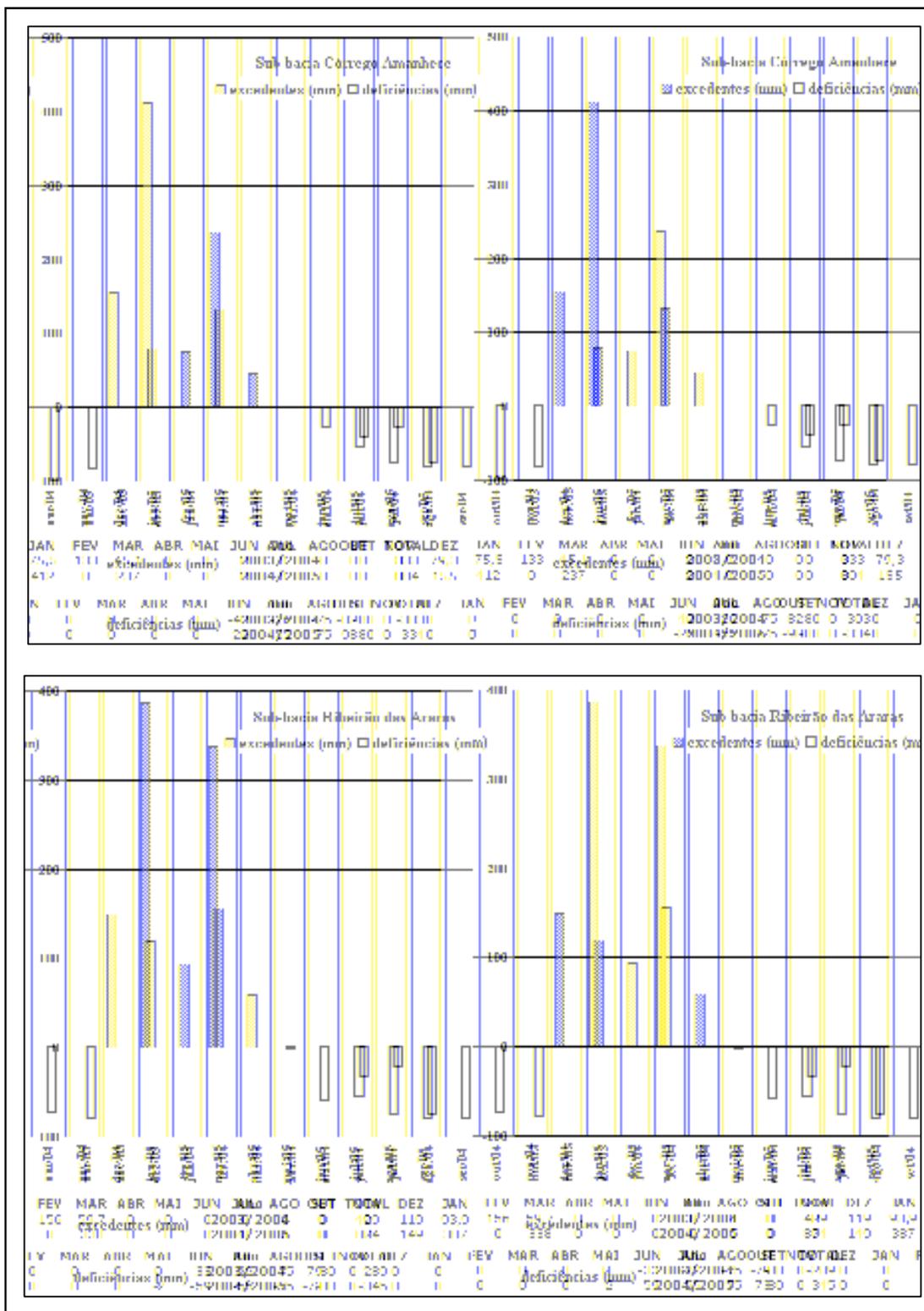


Figura 4.7 – Série de valores de deficiências e excedentes hídricos das sub-bacias Córrego Amanhece e Ribeirão das Araras. Fonte: (Velásquez *et al.* 2006).

Os dados das estações fluviométricas foram totalizados em médias de vazão diárias durante dois anos hidrológicos (Anexos 3 e 4). A partir desses dados foram gerados os hidrogramas com o intuito de analisar a curva de recessão, conforme se apresenta na Figura 4.8.

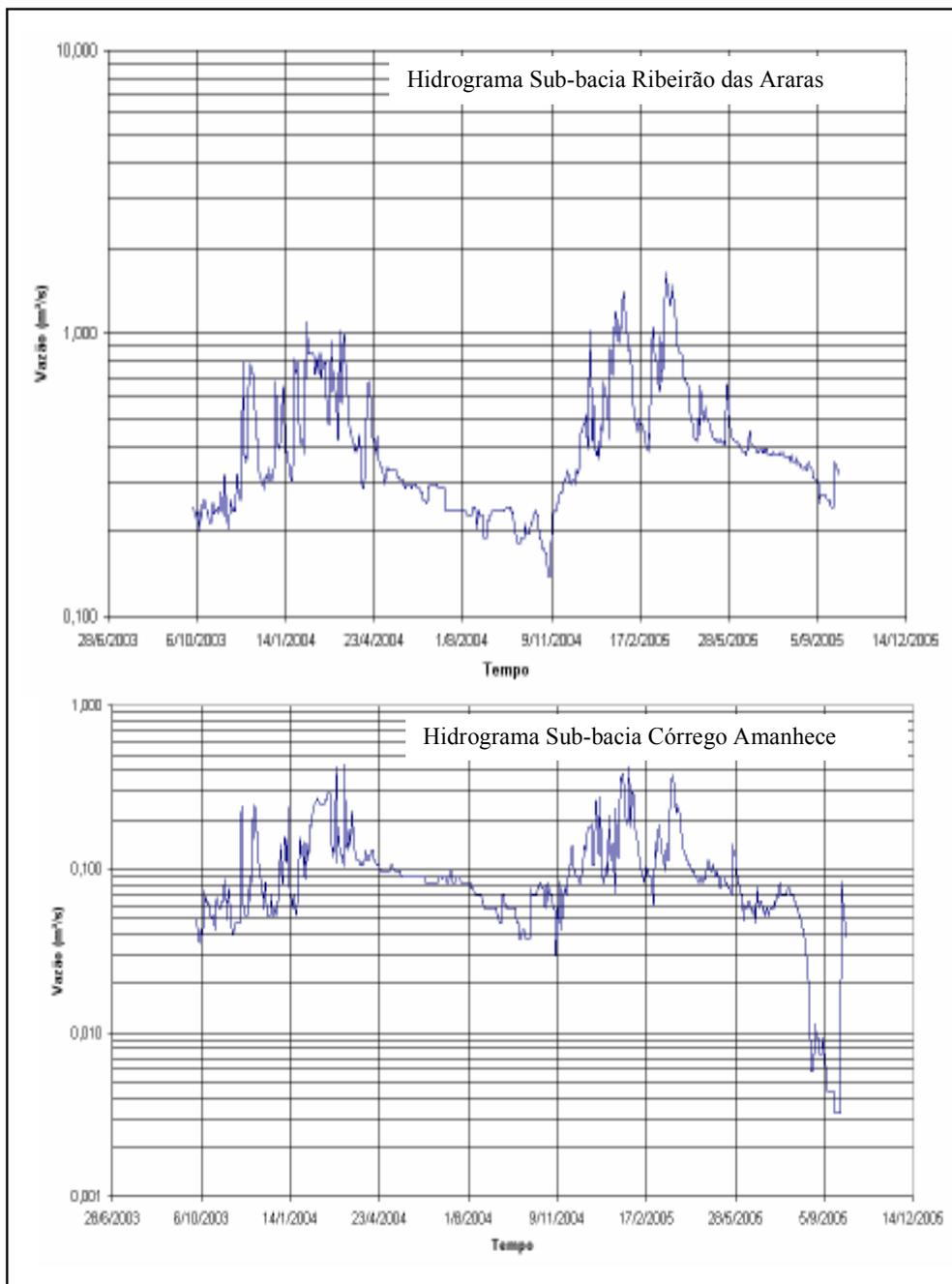


Figura 4.8 - Hidrograma das vazões médias diárias das sub-bacias Ribeirão das Araras (28,7km²) e Córrego Amanhece (8,6km²).

Observa-se nos hidrogramas das vazões médias diárias das estações monitoradas picos de subidas e decidas bruscas e significativas durante o período de estiagem, entre abril e setembro, quando ocorrem as retiradas de água, tanto dos rios como do aquífero. Tais retiradas influenciam no escoamento de base e provocam alterações na geometria da curva de recessão dos hidrogramas apresentados, as quais são observadas mais claramente no Córrego Amanhece (2004/2005).

O ponto inicial das curvas de recessão (Q_0) dos hidrogramas foi definido a partir dos dados de precipitação diária e com base na serie de valores de deficiências e excedentes hídricos obtidos com o método do balanço hídrico (Velásquez *et al.* 2006). Com a análise da precipitação dos anos hidrológicos monitorados nas sub-bacias observou-se que mais de 90% da precipitação média anual ocorrem no período úmido e nos meses do período de estiagem a precipitação pode atingir valores nulos. A Figura 4.9 apresenta as variações da vazão média diária e da precipitação diária nas sub-bacias durante os dois anos hidrológicos.

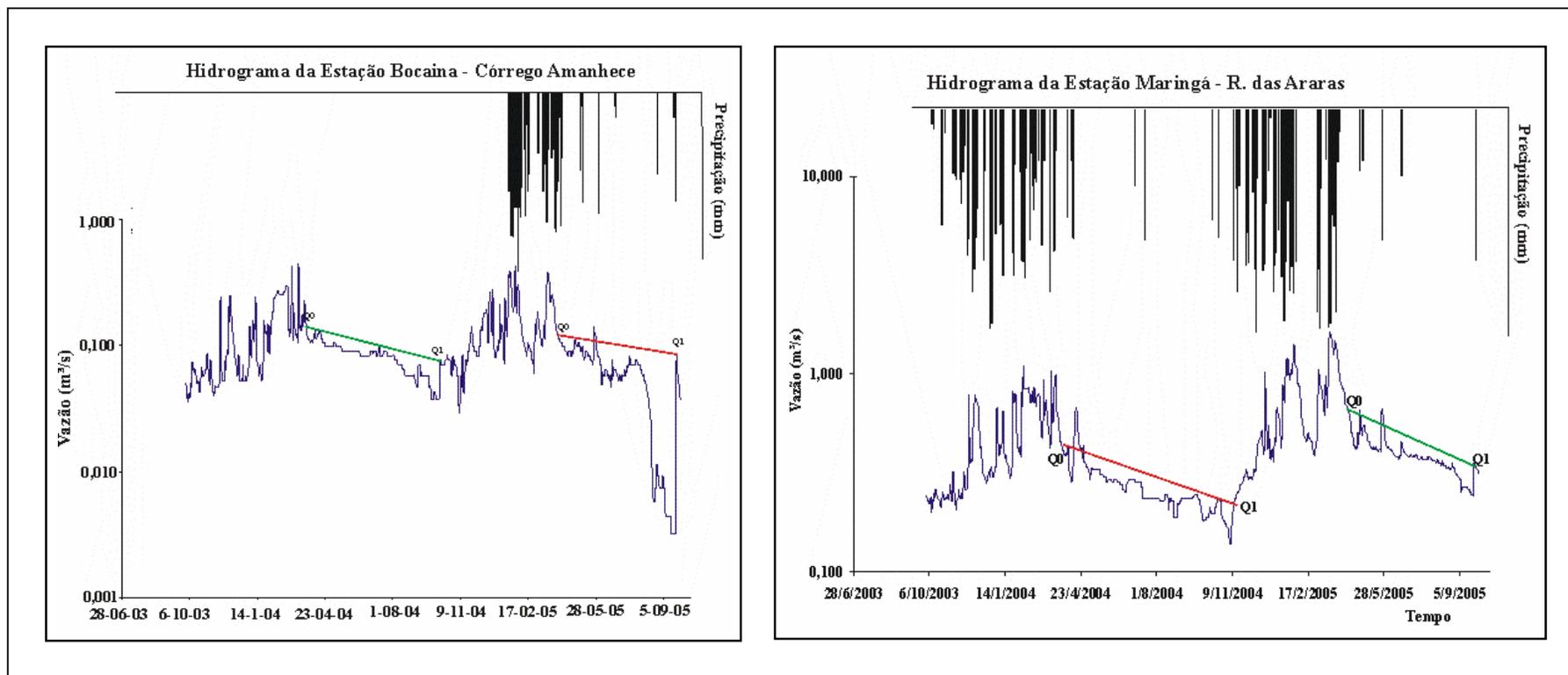


Figura 4.9 – Hidrograma das vazões médias e precipitação diária das estações Bocaina e Maringá. As setas verdes e vermelhas representam as curvas de recessão.

Como era esperado o comportamento das variações da vazão nos hidrogramas (picos de subidas) apresentaram uma relação direta com a precipitação, mesmo durante o período de estiagem.

4.1.3 - Dados de Variação do Nível da Água

A implementação do programa de medidas da variação do nível da água, no início da pesquisa propunha-se avaliar a recarga por esse método por meio de uma malha estendida em todo o município. Entretanto, a falta de meios logísticos e operacionais frustraram esse propósito, tendo-se, então, selecionados apenas os poços dentro do perímetro urbano, pensando-se na facilidade de acesso ao monitor para a realização das medidas.

Foram selecionados quatro poços profundos desativados, os quais encontravam-se distantes a mais de 100m de outros poços em funcionamento, sendo que esta distância foi preconizada para evitar a influência de rebaixamentos indesejáveis causados por poços vizinhos. A avaliação do raio de influência em Araguari, ou seja, a distância estimada entre os poços (100m), para que seja evitada as interferências entre os mesmos foi sugerida por Fiumari (2004) em teste de bombeamento realizado no município.

O monitoramento em um dos poços teve que ser interrompido devido ao início de bombeamento de poço localizado nas proximidades. Dos três poços restantes monitorados (Anexo 5), dois pertencem à SAE e estão localizados na avenida Coronel Belchior Godoy e na Bateria São Benedito. O terceiro é de propriedade particular e está localizado na Chácara da Glória.

As medidas de variação do nível da água foram realizadas com a utilização do medidor de nível elétrico (Figura 4.10) e correspondem a 12 meses de leituras quinzenais (mar/05 a fev/06). Mesmo não compreendendo 1 ano hidrológico completo (out a set) as medidas permitem que se faça uma análise da variação do nível da água (Tabela 4.1 e Figura 4.11).



Figura 4.10 – Medição do nível da água no poço Coronel Belchior Godoy, com a utilização do medidor de nível elétrico. Fonte: (Velásquez *et al.* 2006).

Tabela 4.1 – Valores de medidas de variação do nível da água dos poços monitorados.

Medidas de nível da água							
Data de medição	Av. C. B. Godoy (P-135)		Bateria São Benedito (P-85)		Chácara da Glória (P-138)		Prec. Mensal (01848010) mm
	Nível d'água (m)	Δh^* (m)	Nível d'água (m)	Δh^* (m)	Nível d'água (m)	Δh^* (m)	
21/3/2005	19,99		31,15		2,83		441,4
5/4/2005	19,72	0,27	30,96	0,19	3,07	-0,24	12,6
19/4/2005	20,25	-0,53	-	0,48	3,21	-0,14	
4/5/2005	19,22	1,03	30,48			3,06	0,15
18/5/2005	19,11	0,11	30	0,48	3,15	-0,09	
1/6/2005	18,98	0,13	29,69	0,31	3,13	0,02	9,5
22/6/2005	18,98	0	29,53	0,16	-	-0,09	
14/7/2005	18,93	0,05	29,19	0,34	3,22		
1/8/2005	-		-		-		17,4
1/9/2005	19,27	-0,34	29,07	0,12	3,22	0	
15/9/2005	19,35	-0,08	28,91	0,16	3,31	-0,09	36,2
6/10/2005	19,51	-0,16	29,34	-0,43	3,4	0,09	
19/10/2005	19,69	-0,18	28,97	0,37	3,5	0,01	27,9
3/11/2005	19,79	-0,1	29,48	-0,51	3	0,05	
17/11/2005	20,02	-0,23	29,39	0,09	3,2	-0,02	225,2
2/12/2005	19,94	0,08	29,51	-0,12	2,59	0,61	
23/12/2005	19,89	0,05	29,57	-0,06	2,94	-0,35	440,3
18/1/2006	20,05	-0,16	31,43	-1,86	2,97	-0,03	
31/1/2006	19,85	0,02	29,3	2,13	2,86	0,11	243,3
16/2/2006	19,93	0,08	29,24	0,06	3,01	-0,15	
28/2/2006	18,94	0,99	29,43	-0,19	3	0,01	149,9
$\Sigma \Delta h$ positivos		2,81		4,98		1,05	

* diferença entre a medida atual e anterior

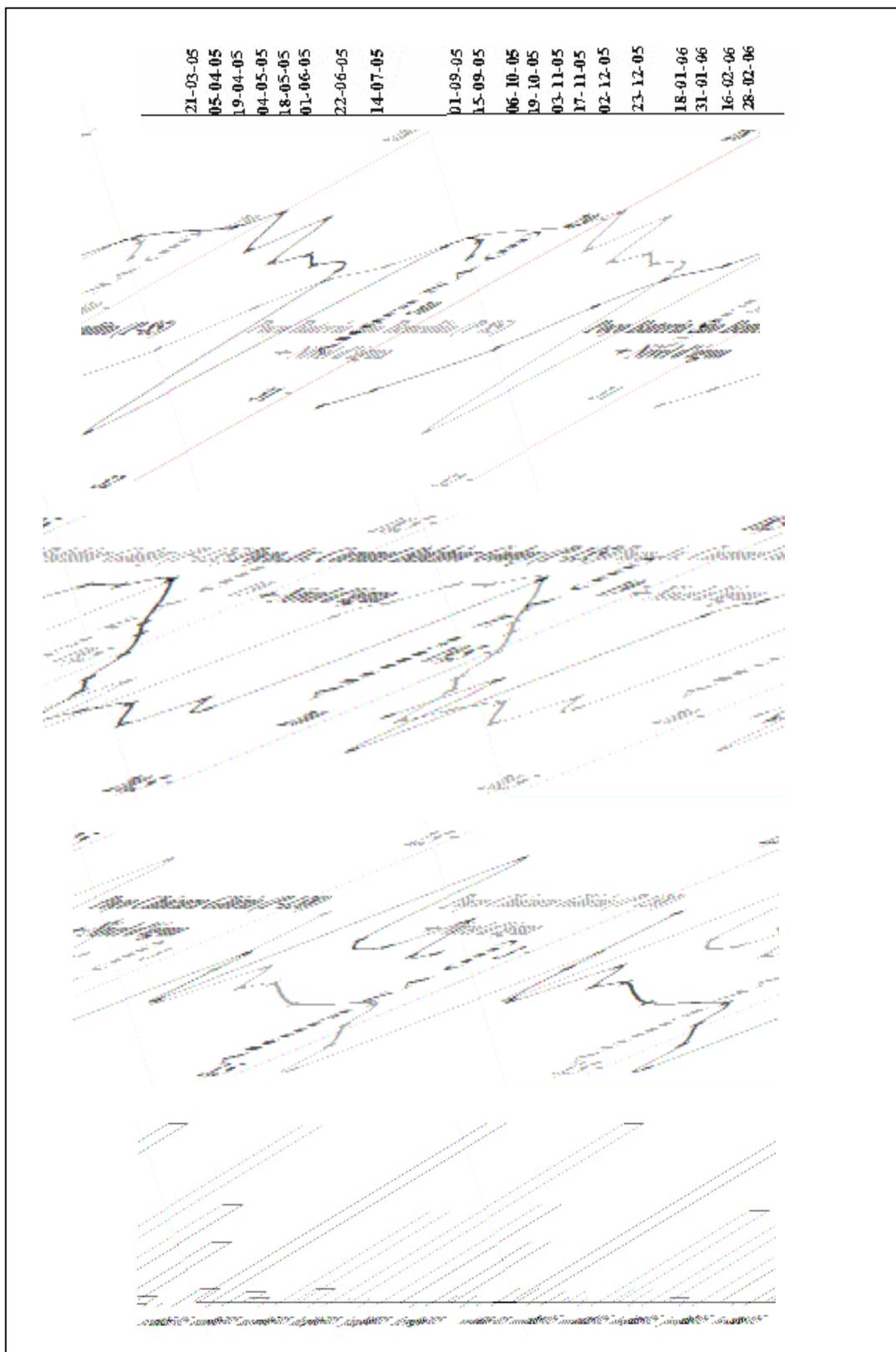


Figura 4.11 - Variação do nível da água nos três poços monitorados e precipitação correspondente aos meses de medição.

Observa-se na Tabela 4.1 e na Figura 4.11 que a resposta do nível da água às precipitações no poço localizado na Chácara Glória (P-138) apresenta-se mais nítida em relação aos outros poços, o que era esperado, por se tratar de um poço onde o nível da água se apresenta mais próximo à superfície e a resposta da precipitação em relação a sua variação é mais rápido. Esse poço foi desconsiderado para a análise da estimativa de recarga, nesta dissertação, por apresentar o nível da água muito próximo à superfície e não condizente com a grande maioria dos níveis observados em outros poços nesse aquífero em Araguari.

O comportamento da variação do nível da água nos poços P-135 e P-85 apresentaram certa similaridade entre si. Os níveis máximo e mínimo do P-135 foram de 20,25m e 18,93m, respectivamente e do P-85 de 31,43m e 28,91m. Entretanto, ambos não apresentam correlação com a precipitação registrada no período monitorado, quando índice pluviométrico é baixo o nível de água está mais próximo a superfície, e no período úmido o nível decai. Este fato pode estar ligada ao atraso da chegada da recarga devido ao maior trajeto vertical de percolação do fluxo, que não será contabilizado neste estudo.

Ressalta-se, contudo, que o registro no P-135 e P-85 (Figura 4.11) mostram uma queda brusca no nível d'água 19/04/05 (20,25m) e 18/01/06 (31,43) respectivamente, sem nenhuma causa natural aparente, o que pode ser atribuído a uma influência de extração em poços vizinhos ou mesmo a um erro de medição. Entretanto, optou-se por não fazer a correção por falta de provas confirmatórias.

Entre os meses de março a julho observa-se, na Figura 4.11, o período de ascensão do NA no poço P-135 e no P-85 durante os meses de março a novembro. Com a análise da variação do NA dos poços e com a soma de todos os Δh positivos durante o período de monitoramento, obtivemos os seguintes valores de $\Delta h=2,81\text{m}$ para o poço P-135 e $\Delta h=4,98\text{m}$ para o poço P-85. Considerando os valores de variação anual do nível freático correspondendo ao desnível máximo em cada poço obtivemos os seguintes valores para P-135=1,32 metros e P-85=2,5 metros.

4.2 – Resultados dos métodos estimativos de recarga aplicados no estudo

Uma análise visual dos hidrogramas das duas estações fluviométricas nas sub-bacias em estudo revela que as retiradas de água, tanto superficial como do aquífero, mediante poços, influenciam diretamente o escoamento de base e provocaram alterações na geometria da curva de recessão, o que provocou dificuldades na avaliação da recarga anual pelo método da curva de recessão.

Com relação ao método da medida do nível de água, os inconvenientes foram o pequeno número de poços, a sua localização fora das sub-bacias estudadas, junto à área urbana, e o período monitorado diferente do método da análise do hidrograma.

4.2.1 – Estimativa da recarga anual pelo método da Análise da curva de recessão de hidrograma

A análise da curva de recessão do hidrograma, nesta dissertação, seguiu a metodologia proposta por meio do método de Barnes (item 2.4.2.1). Através dos hidrogramas e precipitação diária correspondente aos anos hidrológicos em estudo (Figura 4.9) foi definida a curva de recessão (Figuras 4.12 e 4.13) e o coeficiente de recessão seguindo os fundamentos da equação exponencial da recessão (Fórmula de Maillet).

O início da recessão considerado é correspondente à diminuição das precipitações nas sub-bacias e com o início do déficit hídrico local (Figura 4.7). Os valores de vazão inicial e final considerados para o cálculo do coeficiente de recessão (α) são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Valores de vazão inicial (Q_0) e final (Q_1).

Estação	Sub-bacia	Ano Hidrológico	Q_0 (m ³ /s)	Q_1 (m ³ /s)	Intervalos dias
Maringá (Fluv-10)	Ribeirão das Araras	2003/2004	0,432 (06/04/04)	0,220 (11/11/04)	219
		2004/2005	0,565 (14/04/05)	0,336 (27/09/05)	166
Bocaina (Fluv-11)	Córrego Amanhece	2003/2004	0,149 (26/03/04)	0,070 (13/10/04)	201
		2004/2005	0,130 (31/03/05)	0,083 (24/09/05)	177

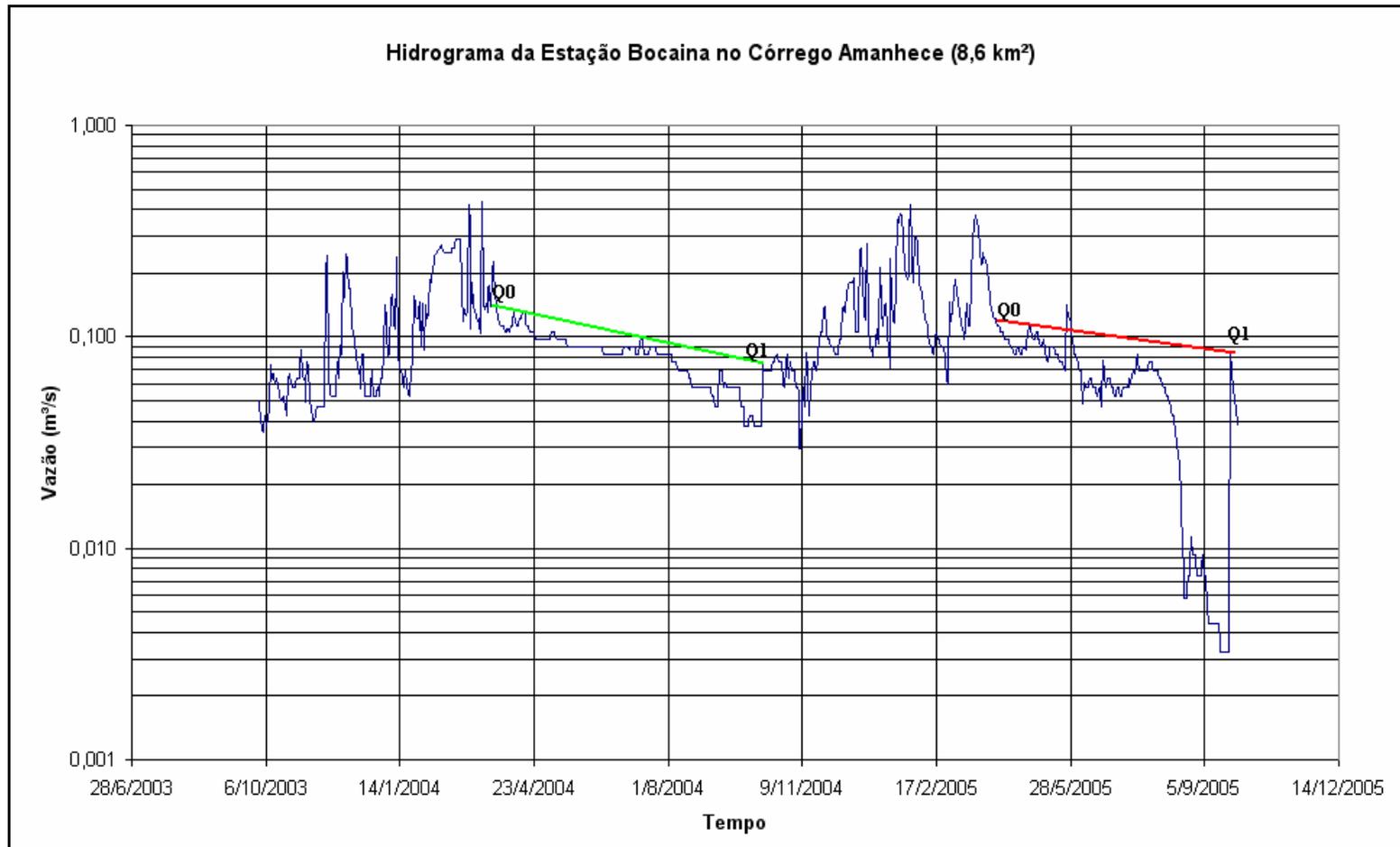


Figura 4.12 - Hidrograma das vazões médias diárias da estação Bocaina com as curvas de recessão.

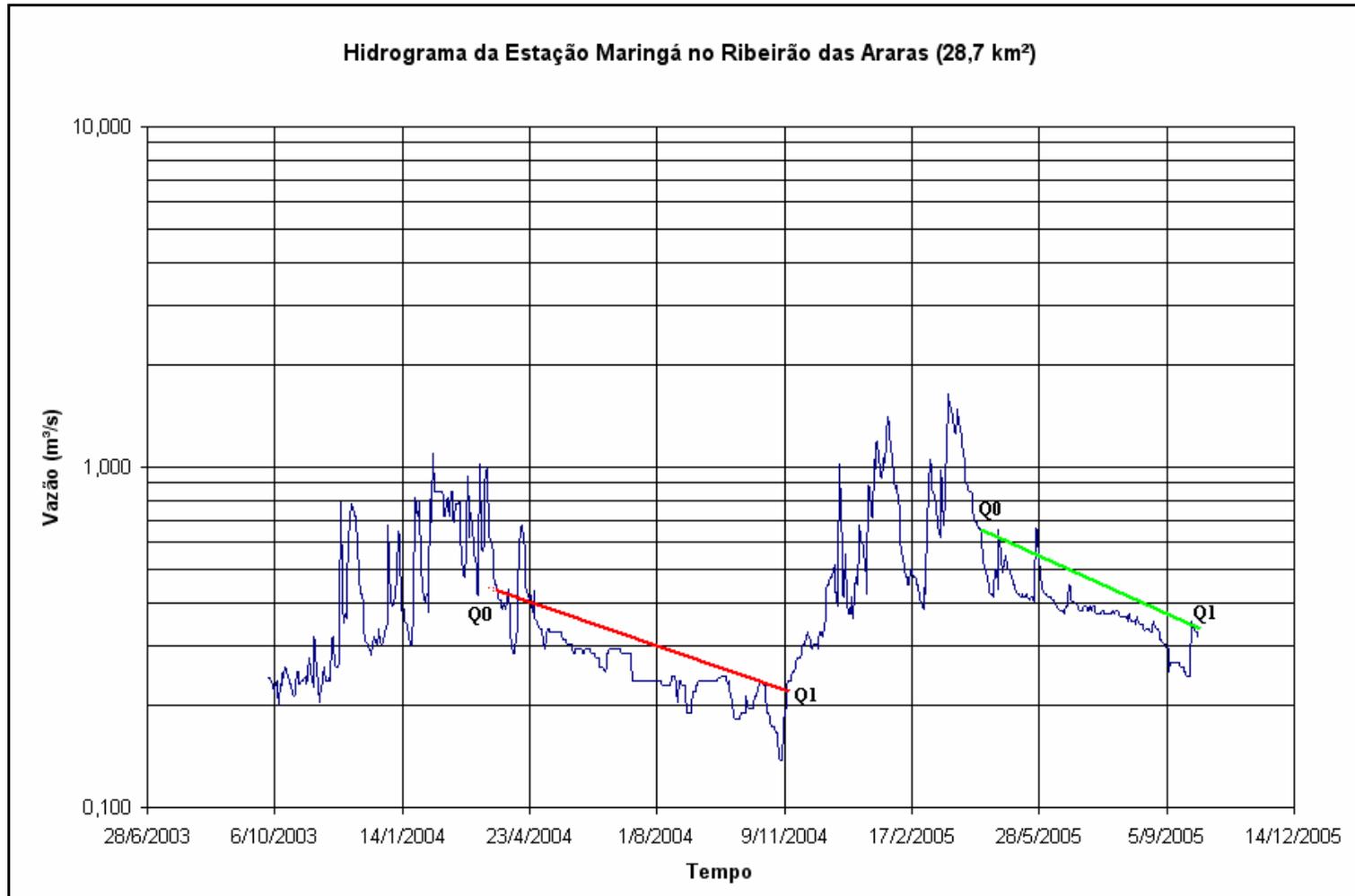


Figura 4.13 - Hidrograma das vazões médias diárias da estação Maringá com as curvas de recessão.

A Tabela 4.3 apresenta os coeficiente de recessão (α) obtidos pela equação exponencial da recessão (Fórmula de Maillet).

Tabela 4.3 – Coeficientes de recessão das sub-bacias.

Estação	Sub-bacia	Ano Hidrológico	Coeficiente de recessão (α)
Maringá (Fluv-10)	Ribeirão das Araras	2003/2004	0,003081
		2004/2005	0,003131
Bocaina (Fluv-11)	Córrego Amanhece	2003/2004	0,003758
		2004/2005	0,002535

A título de exemplo, são apresentados os cálculos para a sub-bacia Ribeirão das Araras no ano hidrológico 2004/2005.

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_1}{0,4343\Delta t}$$

$$\alpha = \frac{\log 0,565 - \log 0,336}{0,4343 \times 166}$$

$$\alpha = 0,003131$$

Para a obtenção do valor da recarga aquífera nas sub-bacias por esse método, inicialmente foi calculado o volume total armazenado considerando o coeficiente de recessão (α) e a vazão no início da recessão (Q_0) para cada ano hidrológico.

Como o coeficiente de recessão (α) é expresso em dias⁻¹ e a vazão (Q) em m³/s, faz-se necessário a utilização da equação (2.6). Como exemplo, segue o cálculo da recarga aquífera para sub-bacia Ribeirão das Araras com a utilização do coeficiente de recessão ($\alpha = 0,003131$).

$$V = \frac{Q_0 \times 86400}{\alpha}$$

$$V = \frac{0,565 \times 86400}{0,003131}$$

$$V = 15592128\text{m}^3$$

Encontrado o volume armazenado (m^3) e considerando a área da sub-bacia do Ribeirão das Araras ($28700000m^2$), se obtém o valor da recarga em altura (mm) pela equação:

$$R = \frac{V}{A}$$

$$R = \frac{15592128}{28700000}$$

$$R = 0,543m = 543mm$$

Esse cálculo foi repetido para todos os coeficientes de recessão obtidos através dos hidrogramas das sub-bacias e os valores de recarga estão apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Valores de recarga encontrados com a avaliação da curva de recessão.

Estação	Sub-bacia	Ano Hidrológico	Coefficiente de recessão (α)	Recarga (mm)
Maringá	Ribeirão das Araras	2003/2004	0,003081	422
		2004/2005	0,003131	543
Bocaina	Córrego Amanhece	2003/2004	0,003758	398
		2004/2005	0,002535	515

A análise da curva de recessão em um único hidrograma e ano hidrológico, dependendo do local da escolha da vazão inicial e final, e sem se levar em consideração a precipitação, pode levar a valores de recarga aleatórios. Apresenta-se, como exemplo, o hidrograma da sub-bacia do Córrego Amanhece (Figura 4.14) no período de recessão (2004/2005), onde, além da curva de recessão utilizada para esse estudo (Recarga 1) foram geradas duas curvas aleatórias (Recarga 2 e Recarga 3). Os valores estimados de recarga seriam de 336mm (Recarga 2) e 254mm (Recarga 3), bastante diferentes do valor estimado para a reta Recarga 1 (515mm).

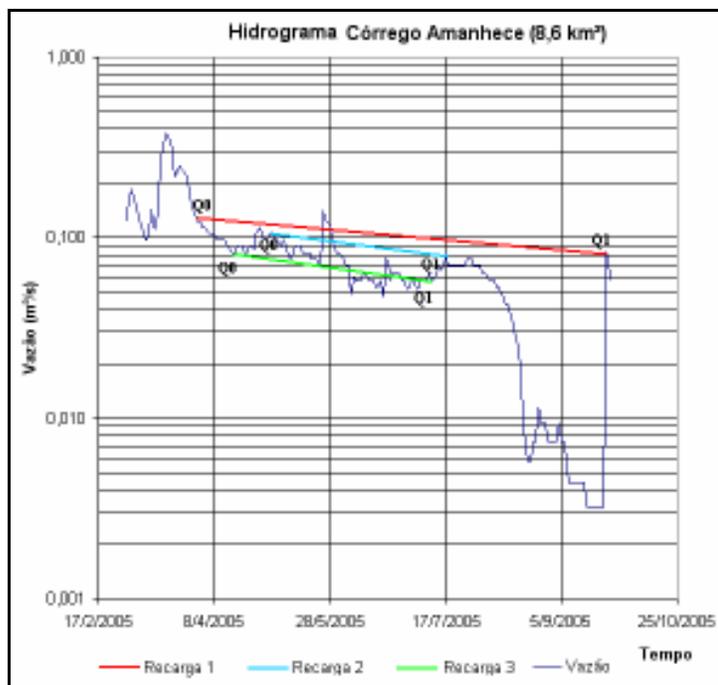


Figura 4.14 - Hidrograma Córrego Amanhece, período de recessão 2004-2005.

4.2.2 – Estimativa da recarga anual pelo método da Variação do nível d’água

A Tabela 4.5 resume os dados de variação do nível d’água obtidos entre março/2005 e fevereiro/2006, período diferente, portanto, do da análise da curva de recessão. A precipitação total durante o período monitorado foi de 1.636mm, registrada na estação Araguari (01848010).

Tabela 4.5 - Síntese das medições sistemáticas de NA realizadas na área de estudo entre março/2005 e fevereiro/2006

Poços	Coordenadas	Prof. máxima (m)	Prof. mínima (m)	Desnível máximo (m)	Incremento total de altura do nível d’água (m)
P-135 (Av. Coronel Belchior Godoy)	18°38’25,8” 48°12’45,7”	20,25	18,93	1,32	2,81
P-85 (Bateria São Benedito)	18°39’54,3” 48°11’40,2”	31,43	28,91	2,52	4,98

A recarga anual foi estimada considerando-se a média dos incrementos positivos do nível d’água medidos nos poços P-135 e P-85, correspondente a 3,9m e uma porosidade efetiva de 0,12, encontrada por Fiumari (2004) no município de Araguari.

Assim, a recarga anual pode ser deste modo estimada.

$$R = \Delta h \times ne$$

$$R = 3,9 \times 0,12$$

$$R = 470\text{m}$$

O valor da recarga assim encontrada foi de 470mm (29% da precipitação no período correspondente).

4.3 – Discussões

Conforme descrito na metodologia, os resultados da recarga aquífera adquiridos por meio dos dois métodos, curva de recessão do hidrograma e variação do NA, aplicados nesse estudo, serão agora comparados com o método do balanço hídrico, aplicados aos anos hidrológicos de 2003/2004 e 2004/2005, e com o método do traçador radioativo (trítio), aplicado no ano hidrológico de 2004/2005, no projeto “Avaliação dos Recursos Hídricos do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Município de Araguari, Minas Gerais, Brasil” (Velasques *et al.* 2006). A Tabela 4.6 apresenta os valores de recarga aquífera estimados nas sub-bacias experimentais pelos quatro métodos de avaliação.

Tabela 4.6 – Resumo dos valores de recarga aquífera estimada por quatro métodos na área de estudo.

Estação	Método de avaliação de recarga	Ano Hidrológico	Recarga (mm)	Precipitação Total (mm)	% precipitação
Cidade de Araguari	Variação do nível da água	2005/2006 (mar/05-fev/06)	470	1.636	29
Maringá (R. Araras)	Análise da curva de recessão do hidrograma	2003/2004	422	1.152	36
		2004/2005	543	1.542	35
	Balanço Hídrico*	2003/2004	344*	1.152	30*
		2004/2005	778*	1.542	50*
		Trítio*	2004/2005	638*	1.442
Bocaina (C. Amanhece)	Análise da curva de recessão do hidrograma	2003/2004	398	1.043	38
		2004/2005	515	1.482	34
	Balanço Hídrico*	2003/2004	243*	1.043	23*
		2004/2005	709*	1.482	48*
		Trítio*	2004/2005	807*	1.596

* Fonte: Velásquez *et al.* (2006).

Com base na análise da média pluviométrica total registrada nas estações localizadas nas sub-bacias, observa-se que o ano hidrológico de 2003/2004 pode ser considerado um ano seco (1.097mm) e o ano hidrológico de 2004/2005 classificado como dentro da média (1.512mm), tomando como referência o valor da precipitação média do município ao longo de 31 anos hidrológicos (1.507mm). Durante o período de monitoramento da VNA a precipitação foi acima da média (1.636mm).

Apesar dos erros inerentes aos métodos de estimativa da recarga avaliados, os mesmos apresentaram resultados coerentes para os dois anos hidrológicos. No ano hidrológico 2003/2004, no qual o índice pluviométrico foi menor os resultados de recarga encontrados por todos os métodos também foram inferiores aos estimados no ano hidrológico 2004/2005, no qual o índice pluviométrico registrado foi superior.

A aplicação do método de estimativa de recarga pela variação do nível da água, considerando a média da somatória dos eventos ascensão do nível da água, resultou em um valor de recarga de 470mm. Esse método foi aplicado em um período diferente dos demais, mas a comparação pode ser efetuada com base na precipitação. Pode-se também comparar o valor estimado com os resultados de recarga aquífera obtidos por Oliveira (2002), de 380mm, e Fuimari (2004), igual a 299mm. Apesar desses autores terem utilizado o mesmo método (VNA), o cálculo foi efetuado pelo desnível máximo, ao invés da média da somatória dos incrementos de nível d'água, resultando em valores de recarga menores do que o estimado neste estudo.

A experiência na aplicação do método de VNA mostrou que as medidas de variação do nível da água para o cálculo da recarga devem ser efetuadas durante um período de, no mínimo, um ano para abranger tanto o período úmido como o seco. No caso da utilização de poços localizados na área urbana, como no caso dessa dissertação, devem ser tomados alguns cuidados para que os poços em monitoramento não sejam influenciados com rebaixamentos indesejáveis causados poços vizinhos em funcionamento, com a observação da distância do raio de influência no local de estudo. O nível da água medido em um único poço é representativo para uma área de algumas dezenas de metros quadrados a sua volta (Wahnfried & Hirata 2005).

Os valores de recarga estimados pelo método da análise da curva de recessão para o ano hidrológico relativamente seco de 2003/2004 (422mm e 398mm) comparados com as recargas estimadas pelo balanço hídrico (344mm e 243mm) apresentam-se mais elevados. Enquanto que, os valores de recarga do ano hidrológico mais úmido de 2004/2005 calculados pela curva de recessão mostraram-se inferiores (543mm e 515mm) aos encontrados pelo

método do balanço hídrico (778mm e 709mm) e do traçador radioativo (638mm e 807mm). Isso decorre do fato da análise da curva de recessão do hidrograma expressar valores de recarga ocorridos em anos anteriores ao ano hidrológico em estudo, devido ao percurso da água infiltrada até alcançar o lençol freático e se tornar efetivamente recarga e pela interferência antrópica nas sub-bacias com retiradas de águas, superficiais e subterrâneas, que influenciam no escoamento de base. Assim, observa-se que o método da curva de recessão é menos influenciado pela precipitação atual do que os demais métodos analisados.

As dificuldades encontradas na definição da curva de recessão dos hidrogramas decorrem de incertezas quanto a sua posição inicial (Q_0) e final (Q_1) em todos os períodos de estiagem decorrentes dos dois anos hidrológicos analisados. Como apresentado na Figura 4.14 em um único hidrograma e período hidrológico, dependendo do local da escolha da vazão inicial e final, são encontrados diversos valores de recarga. Essas dificuldades são, provavelmente, provocadas pelas retiradas de água (superficial e subterrânea), que influenciam no escoamento de base e provocam alterações na geometria da curva de recessão. Desta forma, esse método aplicado em áreas com influência antrópica pode levar a incertezas na obtenção do coeficiente de recessão.

A análise dos resultados de literatura obtidos através dos métodos do balanço hídrico e do traçador radioativo (trítio) permitiu observar que esses métodos são bastante sensíveis a variações temporais e locais. Os valores estimados pelo método do balanço hídrico são regionalizados, ao passo que aqueles obtidos pelo método do traçador representam estimativas pontuais que, com o devido cuidado, podem ser extrapoladas para áreas vizinhas, que apresentem condições geológicas e climáticas semelhantes (Velásquez *et al.* 2006).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

O aquífero Bauru é o mais explorado no município, sendo elevada a densidade de poços em algumas áreas na zona urbana e em determinadas localidades agrícolas, como por exemplo, a bacia do Ribeirão das Araras. Sua natureza pouco profunda e seu material litológico facilitam a perfuração indiscriminada e ilegal de poços.

As sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece, pertencentes a bacia Ribeirão das Araras, refletem bem a situação atual de uso e ocupação agrícola da região de Araguari, que se destaca, pela intensa extração hídrica superficial e subterrânea, fato que vem gerando conflitos entre os diversos usuários. Nessas duas áreas (37,3km²) encontram-se 33 pontos de captação, superficial e subterrânea, que totalizam 0,774m³/s de vazão outorgada durante os quatro meses mais críticos do ano (julho a setembro) em relação ao *déficit* hídrico.

Com base na série de valores de deficiências e excedentes hídricos das sub-bacias Córrego Amanhece e Ribeirão das Araras, tudo indica que o período base de recarga ocorre entre os meses de dezembro e março, nos quais se observa o excedente hídrico dos anos hidrológicos avaliados.

A análise da curva de recessão do hidrograma expressa valores de recarga ocorridos em anos anteriores ao ano hidrológico em estudo, devido ao trajeto que a água infiltrada percorre até alcançar o lençol freático e se tornar efetivamente recarga. Assim, os valores de recarga estimados por esse método mostraram-se menos influenciados pela precipitação do ano em estudo se comparados com os métodos do balanço hídrico e do traçador radioativo (trítio). O ano hidrológico de 2003/2004, considerado um ano seco, apresentou valores de 422mm e 398mm, mais elevados, portanto, quando comparados com as recargas estimadas pelo balanço hídrico (344mm e 243mm), enquanto que os valores de recarga do ano hidrológico mais úmido de 2004/2005 calculados pela curva de recessão mostraram-se inferiores (543mm e 515mm) aos encontrados pelo método do balanço hídrico (778mm e 709mm) e do traçador radioativo (638mm e 807mm).

O método da análise da curva de recessão aplicado em áreas com interferência antrópica pode levar a incertezas na obtenção do coeficiente de recessão, devido as dificuldades encontradas na definição desta curva nos hidrogramas provocadas pelas retiradas de água (superficial e subterrânea), que influenciam no escoamento de base.

A estimativa da recarga aquífera pelas medidas de variação do nível da água nos poços P-135 e P-85, levando-se em conta a média de todos os eventos de ascensão do NA, foi de 470mm. Comparando-se o resultado obtido com estimativas encontradas na literatura para a mesma área e com o mesmo método, porém utilizando o desnível máximo, pode-se observar que o uso da média de todos os eventos de ascensão leva a valores de recargas maiores, já que agrega todos os incrementos de recarga ao longo do período monitorado.

A experiência da aplicação do método VNA mostrou ser fundamental que as medidas de variação do NA para o cálculo da recarga sejam efetuadas durante um período que engloba tanto o período úmido como o seco do ano. No caso da utilização de poços localizados na área urbana devem ser tomados alguns cuidados, como a observação da distância do raio de influência no local de estudo, para que os poços em monitoramento não sejam influenciados com rebaixamentos indesejáveis causados poços vizinhos em funcionamento.

Recomenda-se dar continuidade às medições de nível d'água e de vazão no Córrego Amanhece e no Ribeirão das Araras, para melhorar a série histórica desses dados. Sugere-se também dar continuidade as medidas pluviométricas, além de realizar medições de vazão com maior frequência em dias de ocorrência de chuvas para tornar possível o registro da passagem do pico da cheia. Para isso, o uso de estações limimétricas automáticas é mais indicado, pois esses equipamentos permitem o registro das vazões em tempo integral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas - ANA. *Hidroweb – Sistema de informações hidrológicas*. Disponível em <http://www.hidroweb.ana.gov.br>. Acessado em novembro /2006.
- Alves M.P. 1995. *Petrologia e Diagênese do Membro Ponta Alta, Formação Marília, Cretáceo da Bacia do Paraná, na região do Triângulo Mineiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto. 102 p.
- Araújo L.M., França A.B., Potter P.E. 1999. Hydrogeologia of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins. South America and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system. USA. *Hydrogeology Journal*. 7:317-336.
- Assembléia Legislativa de Minas Gerais – ALMG. *Municípios mineiros*. Disponível em www.almg.gov.br. Acessado em abril/2005.
- Associação Brasileira de Água Subterrânea - ABAS. *Província hidrogeológica do Paraná-Chaco*. Disponível em <http://www.abas.org.br/estudos/hidrogeologia/parana/>. Acessado em maio/2005.
- Associação Brasileira de Água Subterrânea - ABAS. *Descrição do aquífero Guarani*. Disponível em www.abas.org.br/preservando. Acessado em maio/2005.
- Barcelos J.H. 1984. *Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo*. Tese Livre Docência, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 190 p.
- Barcelos J.H., Landin P.M.B., Suguio K.K. 1981. Análise estratigráfica das seqüências cretáceas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do estado de São Paulo. *In: Simp.Reg. Geol. Curitiba, 2, Atas, p. 90-102.*
- Bertoni J.C. & Tucci C.E.M. 2001. Precipitação. *In: Tucci C.E.M. (ed.) Hidrologia Ciência e Aplicação*. Rio Grande do Sul, pp. 171 – 241.
- Borghetti N.R.B., Borghetti J.R., Rosa Filho E.F. (Eds.) 2004. *Aquífero Guarani a Verdadeira Integração dos Países do Mercosul*. Curitiba, 214 p.
- Carvalho Filho C.A., Branco O.E.A., Diaz J.I. 2005. Avaliação dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no município de Araguari-MG. Relatório interno, CDTN. 14 p.

- Castany G. 1971. *Tratado Practico de las Aguas Subterraneas*. Ed. Omega, Barcelona, 672 pp.
- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear - CDTN/CNEN. 1996. Characterization of karstic basins in a semi-arid region. Projeto de Cooperação Técnica CDTN/AIEA-BRA/8/024. Belo Horizonte.
- Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. 1985. *Programa de Assistência Técnica ao Município de Araguari, relatório interno*. Belo Horizonte– MG, 15 p.
- Costa F.M. 2005. *Análise por Métodos Hidrológicos e Hidroquímicos de Fatores Condicionantes do Potencial Hídrico de Bacias Hidrográficas – Estudo de Casos no Quadrilátero Ferrífero (MG)*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia Universidade Federal de Ouro Preto, 147 p.
- Costa W.D. 2000. Uso e Gestão de Água Subterrânea. In: Feitosa F.A.C. & Manuel Filho J. (eds.) *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM/REFO, LABHID-UFPE, Fortaleza, pp.: 341-367.
- Custódio E. & Lhamas M.R. 1976 – *Hidrologia Subterrânea*. Ediciones Omega, S.A., Segunda Edición Corregida, Barcelona.
- Dardenne M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho D., Campos D.A. (eds.). *Tectonic evolution of South América*. Rio de Janeiro. p 231 – 263.
- Drumond M.M., Rodrigues P.C.H., Camargos C.C., Minardi P.S.P. 2005. Balanço Hídrico com base em medições de infiltração feitas com a Técnica de Traçadores: Um Estudo Realizado na Bacia Representativa de Juatuba – Mg.
- Empresa Brasileira de Agropecuária – EMBRAPA. 1982. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro, Boletim de Pesquisa Nº 1, Rio de Janeiro, 526 p.
- Feitosa E.C. 2000. Pesquisa de água subterrânea. In: Feitosa F.A.C. & Manuel Filho J. (eds.) *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. CPRM/REFO, LABHID-UFPE, Fortaleza, pp.: 53-80.
- Feitosa F.A.C. 2000. Hidráulica de Poços. In: Feitosa F.A.C. & Manuel Filho J. (eds.) *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. CPRM/REFO, LABHID-UFPE, Fortaleza, pp.: 243-292.

- Ferreira I.L. 2005. *Estudos Geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do rio Araguari – MG. Uma abordagem da Cartografia Geomorfológica*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 128 p.
- Ferreira Jr. P.D. & Guerra W. J. 1993. Estudo preliminar sobre o ambiente deposicional da Formação Uberaba. *In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 7 e Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 4*, Belo Horizonte, 1993. *Anais*, Belo Horizonte, SBG/MG.p.17-21.
- Fili M., Rocha Filho E.F., Auge M., Xavier J.M., Tujchneider O. 1998. *El Acuífero guarani, Un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (America del Sur)*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, *Boletín Geológico y Minero*, **4**:73 – 79.
- Fiumari S.L. 2004. *Caracterização do Sistema Hidrogeológico Bauru no Município de Araguari – MG*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Minas Gerais, 122 p.
- Gonçalves J.A.C., Scudino P.C.B., Sobreira F.G. 2005. Reservas Renováveis e Caracterização dos Aquíferos Fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e Adjacências. *Rev. Instituto de Geociências – USP. Geol.*, **5**:19-27.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2000: Informações socioeconômicas: população, indicadores sociais, pesquisa nacional de saneamento básico. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2000: informações socioeconômicas físicas dos municípios mineiros. Disponível em <http://www.almg.gov.br>. Acessado em agosto de 2005.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. 2001. Consolidação e Fortalecimento de Comitês de Bacias Banco de dados Hidrogeológicos – Bacia do Rio Araguari/MG. Relatório Final, Ref. SDP 001/2000, Contrato nº 014/2000. 67 p.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. 2004. Cadastros de outorgas superficiais e subterrâneas no Município de Araguari.
- Karmann I. 2000. Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação geológica. *In: Teixeira W., Toledo M.C.M., Fairchild T.R., Taioli F. (eds.) Decifrando a Terra*. São Paulo, pp.: 113 – 138.
- Marson E.A. & Leopoldo P.R. 1992. Caracterização quantitativa de Escoamento em microbacia na região central do estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, **14**:1-8.

- Milani E.J. & Zalán P.V. 1999. *An outline of The Geology and Petroleum Systems of the Paleozoic interior basins of South America*. Petrobrás, Boletim **22**: 203 – 204.
- Minardi P.S.P., Velásquez L.N.M., Bomtempo V.L. 2004. I Relatório de Avanço Técnico e Financeiro Apresentado à Secretaria Geral do Projeto Sistema Aquífero Guarani – SAG. UFMG e CDTN/CNEN, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Oliveira L.A. 2002. *O Sistema Aquífero Bauru na Região de Araguari/MG: Parâmetros Dimensionais e Proposta de Gestão*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 118 p.
- Quintas M.C.L., Mantovani M.S.M., Zalán P.V. 1999. Contribuição ao Estudo da Evolução Mecânica da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* 29(2):217-226.
- Rebouças A.C., Braga B., Tundisi J.G. 1999. ÁGUAS DOÇES DO BRASIL Capital Ecológico, Uso e Conservação. Institutos de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências, ed. Escrituras, São Paulo, 717 p.
- Rebouças A.C. & Amore L. 2002. O Sistema Aquífero Guarani – SAG. *Rev. Águas Subterrâneas*, **16**:135 – 143.
- Rebouças A.C. 2000. Aquífero Guarani Características Gerais e Potenciais. Secretaria de Recursos Hídricos – MMA. Nota Técnica.
- Ribeiro D.T.P. 2000. Caracterização dos Silcretes do Membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru na Região do Triângulo Mineiro. *Res. Bras. Geoc.*, **30**(40):663-664.
- Ribeiro D.T.P. 2001. Diagênese das rochas do membro serra da galga, formação Marília, grupo bauru (cretáceo da bacia do paraná), na região de Uberaba, minas gerais. *Res. Bras. Geoc.*, **31**(1):7-12.
- Rocha G.A. 1997. O Grande Manancial do Cone Sul. Instituto de Estudos Avançados – USP, São Paulo, n° 30, **11**:191 – 212.
- Rodrigues R.A. 2006. *Chuvvas em Araguari (MG) – Contribuição ao Estudo da Gênese e Subsídios à Análise da Estrutura Espacial*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudos Sócios Ambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás. 180 p.
- Rosa Filho E.F. 1993. Caracterização da depleção de um aquífero através do coeficiente de descarga, α , de Maillet. In: *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba. **41**:125-131.
- Samper C.F.J. 1998. *Evaluación de la recarga por la lluvia mediante balances de agua: utilización, calibración e incertidumbres*. Boletim Geológico y Minero, p 31-54.

- Strugale M., Rostirolla S.P., Mancini F., Portela Filho C.V. 2004. Compartimentação Estrutural das Formações Pirambóia e Botucatu na região de São Jerônimo da Serra, Estado do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* **34**(3):303-316.
- Superintendência de Água e Esgoto – SAE de Araguari. 2001. *Estudo geológico/hidrogeológico do município de Araguari*, relatório interno. Araguari: Prefeitura municipal/SAE.
- Vasconcelos S.M.S. 2005. Avaliação da recarga subterrânea através da variação do nível potenciométrico no Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza, Ceará. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* **10**:49 – 56 p.
- Velásquez L.N.M. 1996. *Efeitos da urbanização sobre o sistema hidrológico: aspectos da recarga no aquífero freático e escoamento superficial – área piloto: subbacias Sumaré e Pompéia, município de São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 124 p.
- Velásquez L.N.M., Carvalho Filho C.A., Camargos C.C., Branco O.E.A., Rodrigues P.C.H., Minardi P.S.P., Bomtempo V.L., Cota S.D.S., Migliorini R.B. 2006. Projeto Avaliação dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Guarani no município de Araguari, Minas Gerais, Brasil. 219 p. Disponível em www.sg-guarani.org.
- Wahnfried I. & Hirata R. 2005. Comparação dos Métodos de Estimativa de Recarga de Aquíferos em uma Planície Aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (São Paulo). *In: ABRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos.* 15 – 25 p.
- Zalán P.V., Wolff S., Conceição J.C.J., Marques A., Astolfi M.A.M., Vieira I.S, Appi V.T., Zanotto O.A. 1991. Bacia do Paraná. *In: Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro, 135 – 168 p.

ANEXOS

Anexo 1 - Série das precipitações mensais da estação Araguari (Mg) - Código Ana: 01848010

Ano	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Total
1975/1976	190,4	299,3	243,7	70,5	310	106,9	59,8	52,4	0	18,8	7,1	69,4	1428,3
1976/1977	96,3	177,6	338,5	225,7	96,9	204	127,4	20,8	33,8	1,6	0,9	61,1	1384,6
1977/1978	147,1	355,7	249,8	318,2	181,3	169,9	53,9	56,3	29,1	18	0	30,6	1609,9
1978/1979	166,8	302,3	272,8	324,5	298,4	145	96,5	76	0	24,2	19,6	110,2	1836,3
1979/1980	70,6	154	520,7	306,9	450,9	51,2	95	8,5	26,2	0	10,1	53,5	1747,6
1980/1981	31,3	275,3	366,8	251,9	117,2	237,2	47,3	0	70,1	1,5	0	0,8	1399,4
1981/1982	182,7	329,4	362,5	430,8	108,3	351,6	50	93,9	43,1	11	11,3	33,9	2008,5
1982/1983	200,4	97,9	459,1	490,2	292,1	271,9	67,4	41	4,6	34,1	0	36	1994,7
1983/1984	147,5	111,1	316,2	185,2	44,1	58,3	87	52,1	0	0	72,3	83,8	1157,6
1984/1985	67,6	137	255,9	544,2	151,7	267,9	11,4	16,8	0	0	0	40,6	1493,1
1985/1986	119,9	154,2	212,1	192,6	211,6	148,9	50,7	39,5	0	4,4	19,4	27,3	1180,6
1986/1987	151,8	153,7	483,9	185,4	72,6	149,4	105,4	17,2	12	3	12	61,6	1408
1987/1988	139,9	231,1	486,9	138,8	200,8	227,1	83	38,4	31,3	0	0	0	1577,3
1988/1989	137	129	371	178,4	265,6	132,3	39,6	0,9	4	52	65,1	35,3	1410,2
1989/1990	39,6	341,1	428,2	191,2	342,7	138,2	82	52,2	0	22,4	24	12,9	1674,5
1990/1991	113,8	114,5	172,5	710,6	326,3	366,6	174,1	10,1	0	0	0	5,2	1993,7
1991/1992	136,3	260,6	266,6	164,2	291,8	103,2	107,3	20,2	0	0	20,2	148,1	1518,5
1992/1993	159,9	266,7	274,1	165,4	339	73,7	23,1	5	71	0	33,9	35,9	1447,7
1993/1994	85,9	44,7	156,8	240,3	64,4	705,2	53,9	35,2	9,4	6,1	0	0	1401,9
1994/1995	76,4	205,9	218,6	169	341,2	149	64,7	71,9	6,8	8,5	0	26,9	1338,9
1995/1996	50,9	127,6	244,8	230,4	145,5	261	41,1	245,3	9,3	1,2	29,8	77,9	1464,8
1996/1997	79	284,4	245,4	452,2	97,4	215,4	56,8	20,4	108,9	0	0	33,6	1593,5
1997/1998	91,7	200,5	226,5	303,3	76,9	71,5	68,2	50,1	0	0	53,5	46,4	1188,6
1998/1999	91,2	129,9	203,9	207,2	104	295,9	113,6	8,3	7,4	1,6	0	28,7	1191,7
1999/2000	21,4	102,2	286,2		355,3	383,9	27,8	0	0	13,4	34,9	109,6	1334,7
2000/2001	130,9	167,2	188,9	252,5	135,6	263,9	36,6	83,1	1,9	0	29,1	91,5	1381,2
2001/2002	103,8	218,7	429,5	289,6	428,9	174,0	41,7	16,2	0,0	18,6	0,0	37,6	1758,6
2002/2003	87,1	82,5	270,5	362,0	67,7	250,1	142,3	12,2	0,0	0,0	0,0	37,4	1311,8
2003/2004	40,0	146,9	331,4	254,5	274,3	154,1	101,3	2,3	0,0	31,5	0,0	2,0	1338,3
2004/2005	46,4	161,6	318,5	493,7	51,0	441,4	12,6	32,9	9,5	0,0	17,4	36,2	1621,2
2005/2006	27,9	225,2	440,3	243,3	149,9	255,7	100,0	9,6	0,0	0,0	1,7	67,3	1520,9
Mínima	21,4	44,7	156,8	70,5	44,1	51,2	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.157,6
Máxima	200,4	355,7	520,7	710,6	450,9	705,2	174,1	245,3	108,9	52,0	72,3	148,1	2.008,5
Média	104,2	193,2	311,1	285,8	206,2	220,1	71,7	38,3	15,4	8,8	14,9	46,5	1.507,0

Anexo 2 – Outorgados superficiais e subterrâneas nas sub-bacias Ribeirão das Araras e Córrego Amanhece.

	Município	Bacia Estadual	Bacia Federal	Sub-bacia	Captação	Latitude	Longitude	Vazões Outorgadas (m³/s)	Finalidade	NE/ND
1	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5400	-48,2033	0,022	Irrig	
2	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5203	-48,3497	0,007	Irrig	
3	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5447	-48,2556	0,015	Irrig	
4	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5431	-48,2003	0,020	Irrig	
5	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5425	-48,2075	0,020	Irrig	
6	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5267	-48,1983	0,065	Irrig	3,0/26,95
7	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5269	-48,1997	0,030	Irrig	2,8/16,92
8	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5275	-48,2008	0,048	Irrig	2,1/10,87
9	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Poço	-18,5275	-48,2011	0,017	Irrig	2,0/10,87
10	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Curso d'água	-18,5275	-48,2039	0,002	Irrig	
11	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Curso d'água	-18,5278	-48,2058	0,005	Irrig	
12	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Curso d'água	-18,5275	-48,2094	0,009	Irrig	
13	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Curso d'água	-18,5272	-48,2114	0,010	Irrig	
14	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Córrego Amanhece	Curso d'água	-18,5278	-48,2047	0,002	Irrig	
15	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6053	-48,2061	0,022	Irrig	
16	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6042	-48,2178	0,008	Irrig	
17	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6067	-48,2178	0,012	Irrig	
18	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5556	-48,2278	0,003	Dess.animais	
19	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6061	-48,2250	0,050	Irrig	
20	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5564	-48,2294	0,018	Irrig	
21	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5556	-48,2289	0,022	Irrig	
22	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6147	-48,2275	0,045	Irrig	
23	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6203	-48,2278	0,060	Irrig	

24	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6183	-48,2281	0,060	Irrig	
25	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5519	-48,2167	0,008	Irrig	
26	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5919	-48,2086	0,032	Irrig	8,45/35,2
27	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,6100	-48,2286	0,040	Irrig	5,54/38,8
28	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Poço	-18,5472	-48,2183	0,030	Irrig	3,85/39,21
29	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Curso d'água	-18,5706	-48,2233	0,015	Irrig	
30	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Curso d'água	-18,5833	-48,2150	0,009	Irrig	
31	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Curso d'água	-18,5750	-48,2167	0,020	Irrig	
32	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Curso d'água	-18,5842	-48,2175	0,019	Irrig	
33	Araguari	Ribeirão das Araras	Rio Paranaíba	Ribeirão das Araras	Curso d'água	-18,5781	-48,2233	0,030	Irrig	

Anexo 3 – Dados diários de vazões da sub-bacia Ribeirão das Araras.

Ribeirão das Araras			
Dia	Vazão (m ³ /s)		
	07:00	17:00	Média
1/10/2003	0,243	0,235	0,239
2/10/2003	0,243	0,235	0,239
3/10/2003	0,235	0,235	0,235
4/10/2003	0,228	0,228	0,228
5/10/2003	0,228	0,228	0,228
6/10/2003	0,228	0,212	0,220
7/10/2003	0,228	0,228	0,228
8/10/2003	0,235	0,235	0,235
9/10/2003	0,189	0,212	0,200
10/10/2003	0,235	0,228	0,231
11/10/2003	0,212	0,243	0,228
12/10/2003	0,252	0,243	0,248
13/10/2003	0,243	0,235	0,239
14/10/2003	0,260	0,260	0,260
15/10/2003	0,260	0,252	0,256
16/10/2003	0,252	0,235	0,244
17/10/2003	0,235	0,235	0,235
18/10/2003	0,235	0,228	0,231
19/10/2003	0,235	0,228	0,231
20/10/2003	0,228	0,212	0,220
21/10/2003	0,212	0,212	0,212
22/10/2003	0,212	0,220	0,216
23/10/2003	0,252	0,252	0,252
24/10/2003	0,252	0,252	0,252
25/10/2003	0,235	0,228	0,231
26/10/2003	0,235	0,228	0,231
27/10/2003	0,235	0,235	0,235
28/10/2003	0,235	0,235	0,235
29/10/2003	0,235	0,243	0,239
30/10/2003	0,243	0,243	0,243
31/10/2003	0,243	0,220	0,232
1/11/2003	0,220	0,252	0,236
2/11/2003	0,276	0,276	0,276
3/11/2003	0,276	0,243	0,260
4/11/2003	0,243	0,235	0,239
5/11/2003	0,228	0,228	0,228
6/11/2003	0,285	0,353	0,319
7/11/2003	0,319	0,293	0,306
8/11/2003	0,260	0,243	0,252
9/11/2003	0,243	0,235	0,239
10/11/2003	0,204	0,204	0,204
11/11/2003	0,228	0,228	0,228
12/11/2003	0,228	0,235	0,231
13/11/2003	0,235	0,235	0,235
14/11/2003	0,268	0,252	0,260
15/11/2003	0,235	0,235	0,235
16/11/2003	0,235	0,235	0,235
17/11/2003	0,235	0,235	0,235
18/11/2003	0,252	0,252	0,252
19/11/2003	0,235	0,235	0,235
20/11/2003	0,268	0,319	0,293
21/11/2003	0,319	0,319	0,319
22/11/2003	0,268	0,260	0,264
23/11/2003	0,260	0,260	0,260
24/11/2003	0,260	0,260	0,260
25/11/2003	0,268	0,268	0,268
26/11/2003	0,285	0,285	0,285
27/11/2003	0,783	0,783	0,783
28/11/2003	0,435	0,435	0,435
29/11/2003	0,353	0,353	0,353
30/11/2003	0,371	0,371	0,371
1/12/2003	0,371	0,345	0,358
2/12/2003	0,417	0,417	0,417
3/12/2003	0,417	0,783	0,600
4/12/2003	0,783	0,552	0,667
5/12/2003	0,783	0,783	0,783
6/12/2003	0,815	0,691	0,753
7/12/2003	0,751	0,721	0,736
8/12/2003	0,721	0,721	0,721
9/12/2003	0,721	0,721	0,721
10/12/2003	0,606	0,606	0,606
11/12/2003	0,606	0,426	0,516
12/12/2003	0,426	0,426	0,426
13/12/2003	0,426	0,426	0,426
14/12/2003	0,380	0,380	0,380
15/12/2003	0,353	0,353	0,353
16/12/2003	0,310	0,310	0,310
17/12/2003	0,310	0,301	0,306
18/12/2003	0,301	0,301	0,301
19/12/2003	0,293	0,293	0,293
20/12/2003	0,285	0,276	0,280
21/12/2003	0,276	0,293	0,285
22/12/2003	0,293	0,293	0,293
23/12/2003	0,319	0,319	0,319
24/12/2003	0,319	0,301	0,310
25/12/2003	0,301	0,301	0,301
26/12/2003	0,345	0,327	0,336
27/12/2003	0,327	0,336	0,332
28/12/2003	0,319	0,310	0,314
29/12/2003	0,310	0,293	0,301
30/12/2003	0,293	0,319	0,306
31/12/2003	0,319	0,319	0,319
1/1/2004	0,336	0,336	0,336
2/1/2004	0,345	0,345	0,345
3/1/2004	0,691	0,633	0,662
4/1/2004	0,633	0,454	0,544

5/1/2004	0,426	0,407	0,417	25/2/2004	0,783	0,783	0,783
6/1/2004	0,389	0,389	0,389	26/2/2004	0,783	0,783	0,783
7/1/2004	0,389	0,398	0,394	27/2/2004	0,783	0,783	0,783
8/1/2004	0,435	0,435	0,435	28/2/2004	0,815	0,783	0,799
9/1/2004	0,435	0,417	0,426	29/2/2004	0,691	0,662	0,676
10/1/2004	0,398	0,527	0,462	1/3/2004	0,578	0,552	0,565
11/1/2004	0,662	0,633	0,647	2/3/2004	0,527	0,477	0,502
12/1/2004	0,691	0,578	0,635	3/3/2004	0,477	0,477	0,477
13/1/2004	0,389	0,389	0,389	4/3/2004	0,578	0,552	0,565
14/1/2004	0,380	0,371	0,376	5/3/2004	1,023	0,848	0,935
15/1/2004	0,380	0,389	0,385	6/3/2004	0,662	0,606	0,634
16/1/2004	0,362	0,353	0,358	7/3/2004	0,633	0,606	0,619
17/1/2004	0,353	0,345	0,349	8/3/2004	0,691	0,783	0,737
18/1/2004	0,345	0,345	0,345	9/3/2004	0,691	0,633	0,662
19/1/2004	0,327	0,319	0,323	10/3/2004	0,606	0,578	0,592
20/1/2004	0,310	0,301	0,306	11/3/2004	0,552	0,502	0,527
21/1/2004	0,301	0,293	0,297	12/3/2004	0,527	0,502	0,514
22/1/2004	0,336	0,327	0,332	13/3/2004	0,454	0,426	0,440
23/1/2004	0,345	0,336	0,340	14/3/2004	0,426	0,417	0,421
24/1/2004	0,848	0,783	0,815	15/3/2004	1,061	0,987	1,024
25/1/2004	0,815	0,751	0,783	16/3/2004	0,633	0,578	0,606
26/1/2004	0,721	0,721	0,721	17/3/2004	0,578	0,552	0,565
27/1/2004	0,815	0,783	0,799	18/3/2004	0,527	0,721	0,624
28/1/2004	0,848	0,691	0,769	19/3/2004	0,848	0,916	0,882
29/1/2004	0,578	0,527	0,553	20/3/2004	0,916	0,951	0,933
30/1/2004	0,454	0,454	0,454	21/3/2004	0,987	0,987	0,987
31/1/2004	0,426	0,417	0,421	22/3/2004	0,662	0,662	0,662
1/2/2004	0,407	0,398	0,403	23/3/2004	0,606	0,614	0,610
2/2/2004	0,426	0,426	0,426	24/3/2004	0,606	0,606	0,606
3/2/2004	0,407	0,389	0,398	25/3/2004	0,527	0,527	0,527
4/2/2004	0,389	0,371	0,380	26/3/2004	0,502	0,502	0,502
5/2/2004	0,502	1,099	0,800	27/3/2004	0,454	0,454	0,454
6/2/2004	0,285	1,099	0,692	28/3/2004	0,454	0,454	0,454
7/2/2004	1,099	1,099	1,099	29/3/2004	0,426	0,426	0,426
8/2/2004	0,848	0,848	0,848	30/3/2004	0,407	0,407	0,407
9/2/2004	0,848	0,848	0,848	31/3/2004	0,407	0,407	0,407
10/2/2004	0,848	0,848	0,848	1/4/2004	0,410	0,371	0,391
11/2/2004	0,848	0,848	0,848	2/4/2004	0,371	0,398	0,385
12/2/2004	0,848	0,848	0,848	3/4/2004	0,398	0,398	0,398
13/2/2004	0,848	0,848	0,848	4/4/2004	0,389	0,380	0,385
14/2/2004	0,848	0,848	0,848	5/4/2004	0,398	0,398	0,398
15/2/2004	0,815	0,783	0,799	6/4/2004	0,362	0,502	0,432
16/2/2004	0,721	0,721	0,721	7/4/2004	0,336	0,336	0,336
17/2/2004	0,721	0,721	0,721	8/4/2004	0,319	0,319	0,319
18/2/2004	0,783	0,783	0,783	9/4/2004	0,310	0,310	0,310
19/2/2004	0,815	0,815	0,815	10/4/2004	0,285	0,285	0,285
20/2/2004	0,721	0,721	0,721	11/4/2004	0,285	0,285	0,285
21/2/2004	0,848	0,848	0,848	12/4/2004	0,319	0,319	0,319
22/2/2004	0,848	0,848	0,848	13/4/2004	0,319	0,389	0,354
23/2/2004	0,721	0,721	0,721	14/4/2004	0,454	0,454	0,454
24/2/2004	0,691	0,691	0,691	15/4/2004	0,527	0,527	0,527

16/4/2004	0,662	0,662	0,662	6/6/2004	0,293	0,293	0,293
17/4/2004	0,691	0,662	0,676	7/6/2004	0,293	0,293	0,293
18/4/2004	0,662	0,606	0,634	8/6/2004	0,293	0,293	0,293
19/4/2004	0,527	0,527	0,527	9/6/2004	0,293	0,293	0,293
20/4/2004	0,477	0,454	0,466	10/6/2004	0,293	0,285	0,289
21/4/2004	0,454	0,426	0,440	11/6/2004	0,285	0,285	0,285
22/4/2004	0,426	0,417	0,421	12/6/2004	0,285	0,285	0,285
23/4/2004	0,417	0,407	0,412	13/6/2004	0,285	0,285	0,285
24/4/2004	0,389	0,454	0,422	14/6/2004	0,276	0,276	0,276
25/4/2004	0,389	0,362	0,376	15/6/2004	0,276	0,276	0,276
26/4/2004	0,502	0,362	0,432	16/6/2004	0,276	0,276	0,276
27/4/2004	0,362	0,362	0,362	17/6/2004	0,260	0,260	0,260
28/4/2004	0,362	0,353	0,358	18/6/2004	0,260	0,260	0,260
29/4/2004	0,353	0,353	0,353	19/6/2004	0,260	0,260	0,260
30/4/2004	0,345	0,336	0,340	20/6/2004	0,260	0,252	0,256
1/5/2004	0,336	0,336	0,336	21/6/2004	0,252	0,252	0,252
2/5/2004	0,336	0,336	0,336	22/6/2004	0,268	0,268	0,268
3/5/2004	0,327	0,327	0,327	23/6/2004	0,285	0,285	0,285
4/5/2004	0,319	0,319	0,319	24/6/2004	0,285	0,285	0,285
5/5/2004	0,293	0,293	0,293	25/6/2004	0,293	0,293	0,293
6/5/2004	0,310	0,310	0,310	26/6/2004	0,293	0,293	0,293
7/5/2004	0,336	0,336	0,336	27/6/2004	0,293	0,293	0,293
8/5/2004	0,336	0,336	0,336	28/6/2004	0,293	0,293	0,293
9/5/2004	0,327	0,327	0,327	29/6/2004	0,293	0,293	0,293
10/5/2004	0,327	0,327	0,327	30/6/2004	0,293	0,293	0,293
11/5/2004	0,327	0,327	0,327	1/7/2004	0,293	0,293	0,293
12/5/2004	0,327	0,327	0,327	2/7/2004	0,293	0,293	0,293
13/5/2004	0,327	0,327	0,327	3/7/2004	0,293	0,293	0,293
14/5/2004	0,327	0,327	0,327	4/7/2004	0,285	0,285	0,285
15/5/2004	0,327	0,327	0,327	5/7/2004	0,285	0,285	0,285
16/5/2004	0,327	0,327	0,327	6/7/2004	0,285	0,285	0,285
17/5/2004	0,327	0,327	0,327	7/7/2004	0,285	0,285	0,285
18/5/2004	0,327	0,327	0,327	8/7/2004	0,285	0,285	0,285
19/5/2004	0,310	0,310	0,310	9/7/2004	0,285	0,285	0,285
20/5/2004	0,310	0,310	0,310	10/7/2004	0,285	0,285	0,285
21/5/2004	0,310	0,310	0,310	11/7/2004	0,285	0,285	0,285
22/5/2004	0,310	0,310	0,310	12/7/2004	0,285	0,285	0,285
23/5/2004	0,301	0,301	0,301	13/7/2004	0,235	0,235	0,235
24/5/2004	0,301	0,301	0,301	14/7/2004	0,235	0,235	0,235
25/5/2004	0,301	0,301	0,301	15/7/2004	0,235	0,235	0,235
26/5/2004	0,301	0,301	0,301	16/7/2004	0,235	0,235	0,235
27/5/2004	0,285	0,285	0,285	17/7/2004	0,235	0,235	0,235
28/5/2004	0,285	0,285	0,285	18/7/2004	0,235	0,235	0,235
29/5/2004	0,293	0,293	0,293	19/7/2004	0,235	0,235	0,235
30/5/2004	0,293	0,293	0,293	20/7/2004	0,235	0,235	0,235
31/5/2004	0,293	0,293	0,293	21/7/2004	0,235	0,235	0,235
1/6/2004	0,293	0,293	0,293	22/7/2004	0,235	0,235	0,235
2/6/2004	0,293	0,293	0,293	23/7/2004	0,235	0,235	0,235
3/6/2004	0,285	0,285	0,285	24/7/2004	0,235	0,235	0,235
4/6/2004	0,285	0,285	0,285	25/7/2004	0,235	0,235	0,235
5/6/2004	0,285	0,285	0,285	26/7/2004	0,235	0,235	0,235

27/7/2004	0,235	0,235	0,235	16/9/2004	0,235	0,235	0,235
28/7/2004	0,235	0,235	0,235	17/9/2004	0,235	0,235	0,235
29/7/2004	0,235	0,235	0,235	18/9/2004	0,235	0,243	0,239
30/7/2004	0,235	0,235	0,235	19/9/2004	0,235	0,243	0,239
31/7/2004	0,235	0,235	0,235	20/9/2004	0,243	0,243	0,243
1/8/2004	0,235	0,235	0,235	21/9/2004	0,243	0,243	0,243
2/8/2004	0,235	0,235	0,235	22/9/2004	0,243	0,243	0,243
3/8/2004	0,235	0,235	0,235	23/9/2004	0,243	0,243	0,243
4/8/2004	0,235	0,235	0,235	24/9/2004	0,243	0,243	0,243
5/8/2004	0,228	0,228	0,228	25/9/2004	0,243	0,220	0,232
6/8/2004	0,228	0,228	0,228	26/9/2004	0,243	0,228	0,235
7/8/2004	0,228	0,228	0,228	27/9/2004	0,220	0,228	0,224
8/8/2004	0,228	0,228	0,228	28/9/2004	0,228	0,204	0,216
9/8/2004	0,228	0,228	0,228	29/9/2004	0,228	0,181	0,204
10/8/2004	0,228	0,228	0,228	30/9/2004	0,204	0,181	0,193
11/8/2004	0,228	0,228	0,228	1/10/2004	0,181	0,181	0,181
12/8/2004	0,243	0,243	0,243	2/10/2004	0,181	0,181	0,181
13/8/2004	0,243	0,243	0,243	3/10/2004	0,181	0,181	0,181
14/8/2004	0,243	0,243	0,243	4/10/2004	0,181	0,181	0,181
15/8/2004	0,243	0,243	0,243	5/10/2004	0,181	0,181	0,181
16/8/2004	0,235	0,235	0,235	6/10/2004	0,189	0,189	0,189
17/8/2004	0,204	0,204	0,204	7/10/2004	0,189	0,189	0,189
18/8/2004	0,235	0,235	0,235	8/10/2004	0,189	0,189	0,189
19/8/2004	0,235	0,235	0,235	9/10/2004	0,189	0,189	0,189
20/8/2004	0,235	0,235	0,235	10/10/2004	0,212	0,212	0,212
21/8/2004	0,228	0,228	0,228	11/10/2004	0,204	0,204	0,204
22/8/2004	0,228	0,228	0,228	12/10/2004	0,196	0,196	0,196
23/8/2004	0,228	0,228	0,228	13/10/2004	0,196	0,196	0,196
24/8/2004	0,189	0,189	0,189	14/10/2004	0,196	0,196	0,196
25/8/2004	0,189	0,189	0,189	15/10/2004	0,196	0,196	0,196
26/8/2004	0,189	0,189	0,189	16/10/2004	0,196	0,196	0,196
27/8/2004	0,189	0,189	0,189	17/10/2004	0,212	0,212	0,212
28/8/2004	0,189	0,189	0,189	18/10/2004	0,212	0,212	0,212
29/8/2004	0,220	0,220	0,220	19/10/2004	0,220	0,220	0,220
30/8/2004	0,220	0,220	0,220	20/10/2004	0,228	0,228	0,228
31/8/2004	0,220	0,220	0,220	21/10/2004	0,235	0,235	0,235
1/9/2004	0,228	0,228	0,228	22/10/2004	0,235	0,235	0,235
2/9/2004	0,228	0,228	0,228	23/10/2004	0,235	0,235	0,235
3/9/2004	0,235	0,235	0,235	24/10/2004	0,228	0,228	0,228
4/9/2004	0,235	0,235	0,235	25/10/2004	0,228	0,228	0,228
5/9/2004	0,235	0,235	0,235	26/10/2004	0,189	0,189	0,189
6/9/2004	0,235	0,235	0,235	27/10/2004	0,189	0,189	0,189
7/9/2004	0,235	0,235	0,235	28/10/2004	0,181	0,181	0,181
8/9/2004	0,235	0,235	0,235	29/10/2004	0,181	0,181	0,181
9/9/2004	0,235	0,235	0,235	30/10/2004	0,174	0,174	0,174
10/9/2004	0,235	0,235	0,235	31/10/2004	0,174	0,174	0,174
11/9/2004	0,235	0,235	0,235	1/11/2004	0,174	0,174	0,174
12/9/2004	0,235	0,235	0,235	2/11/2004	0,166	0,166	0,166
13/9/2004	0,235	0,235	0,235	3/11/2004	0,166	0,166	0,166
14/9/2004	0,235	0,235	0,235	4/11/2004	0,159	0,159	0,159
15/9/2004	0,235	0,235	0,235	5/11/2004	0,145	0,145	0,145

6/11/2004	0,138	0,138	0,138	27/12/2004	0,578	0,527	0,553
7/11/2004	0,138	0,138	0,138	28/12/2004	0,417	0,417	0,417
8/11/2004	0,166	0,166	0,166	29/12/2004	0,380	0,371	0,376
9/11/2004	0,189	0,189	0,189	30/12/2004	0,371	0,371	0,371
10/11/2004	0,204	0,204	0,204	31/12/2004	0,417	0,417	0,417
11/11/2004	0,220	0,220	0,220	1/1/2005	0,407	0,407	0,407
12/11/2004	0,235	0,235	0,235	2/1/2005	0,371	0,345	0,358
13/11/2004	0,235	0,235	0,235	3/1/2005	0,435	0,407	0,421
14/11/2004	0,235	0,235	0,235	4/1/2005	0,426	0,527	0,476
15/11/2004	0,252	0,252	0,252	5/1/2005	0,477	0,426	0,452
16/11/2004	0,252	0,252	0,252	6/1/2005	0,426	0,848	0,637
17/11/2004	0,252	0,252	0,252	7/1/2005	0,721	0,633	0,677
18/11/2004	0,260	0,260	0,260	8/1/2005	0,633	0,633	0,633
19/11/2004	0,276	0,276	0,276	9/1/2005	0,606	0,606	0,606
20/11/2004	0,276	0,276	0,276	10/1/2005	0,606	0,578	0,592
21/11/2004	0,276	0,276	0,276	11/1/2005	0,552	0,502	0,527
22/11/2004	0,285	0,285	0,285	12/1/2005	0,454	0,435	0,444
23/11/2004	0,285	0,285	0,285	13/1/2005	0,426	0,426	0,426
24/11/2004	0,301	0,301	0,301	14/1/2005	0,951	0,815	0,883
25/11/2004	0,301	0,301	0,301	15/1/2005	0,881	0,848	0,865
26/11/2004	0,310	0,310	0,310	16/1/2005	0,815	0,691	0,753
27/11/2004	0,327	0,327	0,327	17/1/2005	0,691	0,751	0,721
28/11/2004	0,319	0,319	0,319	18/1/2005	0,916	0,987	0,951
29/11/2004	0,301	0,301	0,301	19/1/2005	1,301	1,061	1,181
30/11/2004	0,301	0,301	0,301	20/1/2005	0,987	0,987	0,987
1/12/2004	0,293	0,293	0,293	21/1/2005	1,178	1,218	1,198
2/12/2004	0,301	0,301	0,301	22/1/2005	1,099	1,061	1,080
3/12/2004	0,301	0,301	0,301	23/1/2005	0,987	0,987	0,987
4/12/2004	0,301	0,301	0,301	24/1/2005	0,951	0,916	0,933
5/12/2004	0,293	0,293	0,293	25/1/2005	1,099	1,023	1,061
6/12/2004	0,301	0,301	0,301	26/1/2005	0,987	0,987	0,987
7/12/2004	0,327	0,327	0,327	27/1/2005	1,023	1,061	1,042
8/12/2004	0,327	0,327	0,327	28/1/2005	1,218	1,099	1,158
9/12/2004	0,319	0,319	0,319	29/1/2005	1,433	1,388	1,410
10/12/2004	0,336	0,336	0,336	30/1/2005	1,388	1,301	1,345
11/12/2004	0,380	0,380	0,380	31/1/2005	1,138	1,099	1,118
12/12/2004	0,417	0,417	0,417	1/2/2005	1,138	1,023	1,081
13/12/2004	0,454	0,454	0,454	2/2/2005	1,099	1,061	1,080
14/12/2004	0,454	0,454	0,454	3/2/2005	0,951	0,951	0,951
15/12/2004	0,477	0,477	0,477	4/2/2005	0,848	0,881	0,865
16/12/2004	0,477	0,477	0,477	5/2/2005	0,881	0,881	0,881
17/12/2004	0,477	0,502	0,490	6/2/2005	0,815	0,783	0,799
18/12/2004	0,502	0,527	0,514	7/2/2005	0,751	0,721	0,736
19/12/2004	0,435	0,435	0,435	8/2/2005	0,633	0,633	0,633
20/12/2004	0,435	0,426	0,430	9/2/2005	0,578	0,552	0,565
21/12/2004	0,407	0,380	0,394	10/2/2005	0,552	0,552	0,552
22/12/2004	0,987	1,023	1,005	11/2/2005	0,527	0,502	0,514
23/12/2004	0,783	0,606	0,694	12/2/2005	0,477	0,477	0,477
24/12/2004	0,578	0,502	0,540	13/2/2005	0,477	0,477	0,477
25/12/2004	0,477	0,435	0,456	14/2/2005	0,454	0,454	0,454
26/12/2004	0,435	0,407	0,421	15/2/2005	0,454	0,454	0,454

16/2/2005	0,477	0,502	0,490	8/4/2005	0,691	0,691	0,691
17/2/2005	0,502	0,502	0,502	9/4/2005	0,691	0,691	0,691
18/2/2005	0,477	0,477	0,477	10/4/2005	0,662	0,662	0,662
19/2/2005	0,477	0,477	0,477	11/4/2005	0,662	0,662	0,662
20/2/2005	0,477	0,454	0,466	12/4/2005	0,633	0,633	0,633
21/2/2005	0,454	0,454	0,454	13/4/2005	0,606	0,606	0,606
22/2/2005	0,454	0,454	0,454	14/4/2005	0,578	0,552	0,565
23/2/2005	0,426	0,417	0,421	15/4/2005	0,502	0,502	0,502
24/2/2005	0,407	0,398	0,403	16/4/2005	0,502	0,502	0,502
25/2/2005	0,389	0,389	0,389	17/4/2005	0,477	0,477	0,477
26/2/2005	0,389	0,380	0,385	18/4/2005	0,435	0,435	0,435
27/2/2005	0,454	0,435	0,444	19/4/2005	0,435	0,435	0,435
28/2/2005	0,426	0,426	0,426	20/4/2005	0,426	0,426	0,426
1/3/2005	0,662	0,721	0,691	21/4/2005	0,426	0,426	0,426
2/3/2005	0,815	0,783	0,799	22/4/2005	0,417	0,417	0,417
3/3/2005	1,061	1,023	1,042	23/4/2005	0,502	0,502	0,502
4/3/2005	0,951	0,951	0,951	24/4/2005	0,502	0,502	0,502
5/3/2005	0,881	0,881	0,881	25/4/2005	0,454	0,435	0,444
6/3/2005	0,848	0,848	0,848	26/4/2005	0,662	0,633	0,647
7/3/2005	0,848	0,815	0,831	27/4/2005	0,606	0,606	0,606
8/3/2005	0,783	0,783	0,783	28/4/2005	0,578	0,578	0,578
9/3/2005	0,721	0,691	0,706	29/4/2005	0,502	0,477	0,490
10/3/2005	0,662	0,633	0,647	30/4/2005	0,527	0,527	0,527
11/3/2005	0,633	0,606	0,619	1/5/2005	0,552	0,552	0,552
12/3/2005	0,987	0,951	0,969	2/5/2005	0,552	0,552	0,552
13/3/2005	0,881	0,881	0,881	3/5/2005	0,527	0,527	0,527
14/3/2005	0,691	0,662	0,676	4/5/2005	0,502	0,502	0,502
15/3/2005	0,848	0,815	0,831	5/5/2005	0,502	0,502	0,502
16/3/2005	0,987	1,344	1,165	6/5/2005	0,477	0,477	0,477
17/3/2005	1,619	1,619	1,619	7/5/2005	0,454	0,454	0,454
18/3/2005	1,667	1,619	1,643	8/5/2005	0,454	0,454	0,454
19/3/2005	1,571	1,524	1,547	9/5/2005	0,454	0,454	0,454
20/3/2005	1,524	1,478	1,501	10/5/2005	0,435	0,435	0,435
21/3/2005	1,433	1,433	1,433	11/5/2005	0,426	0,426	0,426
22/3/2005	1,344	1,301	1,323	12/5/2005	0,426	0,426	0,426
23/3/2005	1,259	1,259	1,259	13/5/2005	0,417	0,417	0,417
24/3/2005	1,478	1,478	1,478	14/5/2005	0,417	0,417	0,417
25/3/2005	1,433	1,433	1,433	15/5/2005	0,426	0,426	0,426
26/3/2005	1,433	1,388	1,410	16/5/2005	0,417	0,417	0,417
27/3/2005	1,301	1,301	1,301	17/5/2005	0,417	0,417	0,417
28/3/2005	1,218	1,218	1,218	18/5/2005	0,426	0,426	0,426
29/3/2005	1,138	1,099	1,118	19/5/2005	0,417	0,407	0,412
30/3/2005	1,023	0,987	1,005	20/5/2005	0,407	0,407	0,407
31/3/2005	0,951	0,951	0,951	21/5/2005	0,407	0,407	0,407
1/4/2005	0,916	0,881	0,898	22/5/2005	0,417	0,417	0,417
2/4/2005	0,881	0,881	0,881	23/5/2005	0,417	0,417	0,417
3/4/2005	0,848	0,848	0,848	24/5/2005	0,407	0,398	0,403
4/4/2005	0,848	0,848	0,848	25/5/2005	0,662	0,662	0,662
5/4/2005	0,848	0,815	0,831	26/5/2005	0,662	0,633	0,647
6/4/2005	0,783	0,783	0,783	27/5/2005	0,606	0,606	0,606
7/4/2005	0,721	0,691	0,706	28/5/2005	0,578	0,552	0,565

29/5/2005	0,502	0,502	0,502	19/7/2005	0,371	0,371	0,371
30/5/2005	0,454	0,454	0,454	20/7/2005	0,371	0,371	0,371
31/5/2005	0,435	0,435	0,435	21/7/2005	0,371	0,371	0,371
1/6/2005	0,426	0,426	0,426	22/7/2005	0,371	0,371	0,371
2/6/2005	0,426	0,426	0,426	23/7/2005	0,371	0,371	0,371
3/6/2005	0,426	0,426	0,426	24/7/2005	0,371	0,371	0,371
4/6/2005	0,417	0,417	0,417	25/7/2005	0,380	0,380	0,380
5/6/2005	0,417	0,417	0,417	26/7/2005	0,371	0,371	0,371
6/6/2005	0,417	0,417	0,417	27/7/2005	0,380	0,380	0,380
7/6/2005	0,407	0,407	0,407	28/7/2005	0,380	0,380	0,380
8/6/2005	0,407	0,407	0,407	29/7/2005	0,371	0,371	0,371
9/6/2005	0,398	0,398	0,398	30/7/2005	0,371	0,371	0,371
10/6/2005	0,398	0,389	0,394	31/7/2005	0,362	0,362	0,362
11/6/2005	0,389	0,389	0,389	1/8/2005	0,362	0,362	0,362
12/6/2005	0,389	0,380	0,385	2/8/2005	0,362	0,362	0,362
13/6/2005	0,380	0,380	0,380	3/8/2005	0,362	0,362	0,362
14/6/2005	0,380	0,380	0,380	4/8/2005	0,362	0,362	0,362
15/6/2005	0,380	0,380	0,380	5/8/2005	0,353	0,353	0,353
16/6/2005	0,380	0,380	0,380	6/8/2005	0,362	0,362	0,362
17/6/2005	0,371	0,371	0,371	7/8/2005	0,371	0,371	0,371
18/6/2005	0,389	0,389	0,389	8/8/2005	0,353	0,353	0,353
19/6/2005	0,389	0,389	0,389	9/8/2005	0,353	0,353	0,353
20/6/2005	0,454	0,454	0,454	10/8/2005	0,353	0,353	0,353
21/6/2005	0,435	0,426	0,430	11/8/2005	0,353	0,353	0,353
22/6/2005	0,417	0,417	0,417	12/8/2005	0,345	0,345	0,345
23/6/2005	0,398	0,407	0,403	13/8/2005	0,362	0,362	0,362
24/6/2005	0,407	0,398	0,403	14/8/2005	0,353	0,353	0,353
25/6/2005	0,398	0,398	0,398	15/8/2005	0,345	0,345	0,345
26/6/2005	0,398	0,389	0,394	16/8/2005	0,345	0,345	0,345
27/6/2005	0,389	0,389	0,389	17/8/2005	0,345	0,345	0,345
28/6/2005	0,389	0,380	0,385	18/8/2005	0,336	0,336	0,336
29/6/2005	0,380	0,380	0,380	19/8/2005	0,336	0,327	0,332
30/6/2005	0,380	0,380	0,380	20/8/2005	0,336	0,336	0,336
1/7/2005	0,380	0,380	0,380	21/8/2005	0,336	0,336	0,336
2/7/2005	0,389	0,389	0,389	22/8/2005	0,336	0,336	0,336
3/7/2005	0,389	0,389	0,389	23/8/2005	0,327	0,327	0,327
4/7/2005	0,380	0,380	0,380	24/8/2005	0,327	0,327	0,327
5/7/2005	0,380	0,380	0,380	25/8/2005	0,327	0,327	0,327
6/7/2005	0,380	0,380	0,380	26/8/2005	0,353	0,353	0,353
7/7/2005	0,389	0,389	0,389	27/8/2005	0,345	0,336	0,340
8/7/2005	0,380	0,380	0,380	28/8/2005	0,336	0,336	0,336
9/7/2005	0,389	0,389	0,389	29/8/2005	0,336	0,336	0,336
10/7/2005	0,389	0,389	0,389	30/8/2005	0,319	0,319	0,319
11/7/2005	0,380	0,380	0,380	31/8/2005	0,310	0,310	0,310
12/7/2005	0,371	0,371	0,371	1/9/2005	0,310	0,310	0,310
13/7/2005	0,371	0,371	0,371	2/9/2005	0,310	0,301	0,306
14/7/2005	0,371	0,371	0,371	3/9/2005	0,301	0,301	0,301
15/7/2005	0,371	0,371	0,371	4/9/2005	0,301	0,301	0,301
16/7/2005	0,380	0,380	0,380	5/9/2005	0,293	0,293	0,293
17/7/2005	0,380	0,380	0,380	6/9/2005	0,293	0,293	0,293
18/7/2005	0,371	0,371	0,371	7/9/2005	0,252	0,252	0,252

8/9/2005	0,268	0,268	0,268
9/9/2005	0,268	0,268	0,268
10/9/2005	0,268	0,268	0,268
11/9/2005	0,268	0,268	0,268
12/9/2005	0,268	0,268	0,268
13/9/2005	0,268	0,268	0,268
14/9/2005	0,268	0,268	0,268
15/9/2005	0,268	0,268	0,268
16/9/2005	0,260	0,260	0,260
17/9/2005	0,260	0,260	0,260
18/9/2005	0,260	0,260	0,260
19/9/2005	0,252	0,252	0,252
20/9/2005	0,252	0,252	0,252
21/9/2005	0,243	0,243	0,243
22/9/2005	0,243	0,243	0,243
23/9/2005	0,243	0,243	0,243
24/9/2005	0,353	0,353	0,353
25/9/2005	0,345	0,345	0,345
26/9/2005	0,345	0,336	0,340
27/9/2005	0,336	0,336	0,336
28/9/2005	0,327	0,327	0,327
29/9/2005	0,327	0,327	0,327
30/9/2005	0,319	0,310	0,314

Anexo 4 – Dados diários de vazões da sub-bacia Córrego Amanhece.

Dia	Córrego Amanhece		
	Vazão (m³/s)		Média
	07:00	17:00	
1/10/2003	0,052	0,047	0,050
2/10/2003	0,047	0,038	0,042
3/10/2003	0,042	0,033	0,038
4/10/2003	0,033	0,038	0,036
5/10/2003	0,042	0,042	0,042
6/10/2003	0,042	0,033	0,038
7/10/2003	0,042	0,038	0,040
8/10/2003	0,047	0,052	0,050
9/10/2003	0,047	0,047	0,047
10/10/2003	0,070	0,076	0,073
11/10/2003	0,070	0,058	0,064
12/10/2003	0,070	0,063	0,067
13/10/2003	0,063	0,058	0,061
14/10/2003	0,063	0,063	0,063
15/10/2003	0,063	0,058	0,061
16/10/2003	0,058	0,052	0,055
17/10/2003	0,052	0,047	0,050
18/10/2003	0,052	0,047	0,050
19/10/2003	0,052	0,052	0,052
20/10/2003	0,052	0,042	0,047
21/10/2003	0,042	0,042	0,042
22/10/2003	0,042	0,047	0,045
23/10/2003	0,058	0,058	0,058
24/10/2003	0,070	0,063	0,067
25/10/2003	0,063	0,058	0,061
26/10/2003	0,058	0,058	0,058
27/10/2003	0,058	0,058	0,058
28/10/2003	0,058	0,058	0,058
29/10/2003	0,058	0,070	0,064
30/10/2003	0,063	0,063	0,063
31/10/2003	0,063	0,063	0,063
1/11/2003	0,083	0,090	0,086
2/11/2003	0,070	0,070	0,070
3/11/2003	0,063	0,063	0,063
4/11/2003	0,063	0,052	0,058
5/11/2003	0,052	0,047	0,050
6/11/2003	0,076	0,076	0,076
7/11/2003	0,076	0,070	0,073
8/11/2003	0,058	0,052	0,055
9/11/2003	0,047	0,047	0,047
10/11/2003	0,042	0,042	0,042
11/11/2003	0,042	0,038	0,040
12/11/2003	0,038	0,047	0,042
13/11/2003	0,047	0,047	0,047
14/11/2003	0,047	0,047	0,047

15/11/2003	0,047	0,047	0,047
16/11/2003	0,047	0,047	0,047
17/11/2003	0,047	0,047	0,047
18/11/2003	0,047	0,047	0,047
19/11/2003	0,047	0,052	0,050
20/11/2003	0,076	0,238	0,157
21/11/2003	0,238	0,238	0,238
22/11/2003	0,083	0,070	0,076
23/11/2003	0,058	0,052	0,055
24/11/2003	0,052	0,052	0,052
25/11/2003	0,052	0,052	0,052
26/11/2003	0,052	0,052	0,052
27/11/2003	0,052	0,052	0,052
28/11/2003	0,076	0,076	0,076
29/11/2003	0,063	0,063	0,063
30/11/2003	0,090	0,090	0,090
1/12/2003	0,090	0,076	0,083
2/12/2003	0,090	0,090	0,090
3/12/2003	0,238	0,159	0,199
4/12/2003	0,140	0,169	0,154
5/12/2003	0,226	0,265	0,245
6/12/2003	0,265	0,202	0,233
7/12/2003	0,169	0,169	0,169
8/12/2003	0,169	0,169	0,169
9/12/2003	0,122	0,122	0,122
10/12/2003	0,122	0,090	0,106
11/12/2003	0,113	0,083	0,098
12/12/2003	0,083	0,083	0,083
13/12/2003	0,083	0,070	0,076
14/12/2003	0,070	0,070	0,070
15/12/2003	0,063	0,063	0,063
16/12/2003	0,058	0,058	0,058
17/12/2003	0,083	0,083	0,083
18/12/2003	0,083	0,083	0,083
19/12/2003	0,052	0,052	0,052
20/12/2003	0,052	0,052	0,052
21/12/2003	0,052	0,052	0,052
22/12/2003	0,052	0,052	0,052
23/12/2003	0,052	0,052	0,052
24/12/2003	0,070	0,070	0,070
25/12/2003	0,052	0,052	0,052
26/12/2003	0,052	0,052	0,052
27/12/2003	0,052	0,052	0,052
28/12/2003	0,058	0,058	0,058
29/12/2003	0,052	0,052	0,052
30/12/2003	0,052	0,052	0,052
31/12/2003	0,063	0,063	0,063
1/1/2004	0,063	0,063	0,063
2/1/2004	0,058	0,105	0,081
3/1/2004	0,140	0,140	0,140
4/1/2004	0,122	0,122	0,122

5/1/2004	0,090	0,070	0,080	25/2/2004	0,292	0,292	0,292
6/1/2004	0,063	0,105	0,084	26/2/2004	0,292	0,292	0,292
7/1/2004	0,105	0,159	0,132	27/2/2004	0,292	0,292	0,292
8/1/2004	0,159	0,159	0,159	28/2/2004	0,292	0,292	0,292
9/1/2004	0,130	0,130	0,130	29/2/2004	0,191	0,191	0,191
10/1/2004	0,090	0,130	0,110	1/3/2004	0,090	0,149	0,119
11/1/2004	0,251	0,226	0,239	2/3/2004	0,140	0,130	0,135
12/1/2004	0,214	0,238	0,226	3/3/2004	0,130	0,122	0,126
13/1/2004	0,113	0,076	0,095	4/3/2004	0,130	0,130	0,130
14/1/2004	0,070	0,076	0,073	5/3/2004	0,493	0,337	0,415
15/1/2004	0,070	0,070	0,070	6/3/2004	0,369	0,140	0,254
16/1/2004	0,070	0,063	0,067	7/3/2004	0,113	0,105	0,109
17/1/2004	0,058	0,058	0,058	8/3/2004	0,191	0,169	0,180
18/1/2004	0,070	0,070	0,070	9/3/2004	0,149	0,140	0,144
19/1/2004	0,063	0,058	0,061	10/3/2004	0,140	0,130	0,135
20/1/2004	0,058	0,052	0,055	11/3/2004	0,130	0,122	0,126
21/1/2004	0,052	0,052	0,052	12/3/2004	0,122	0,113	0,117
22/1/2004	0,063	0,070	0,067	13/3/2004	0,122	0,122	0,122
23/1/2004	0,076	0,076	0,076	14/3/2004	0,113	0,097	0,105
24/1/2004	0,169	0,140	0,154	15/3/2004	0,455	0,419	0,437
25/1/2004	0,149	0,130	0,140	16/3/2004	0,169	0,149	0,159
26/1/2004	0,140	0,122	0,131	17/3/2004	0,140	0,130	0,135
27/1/2004	0,140	0,105	0,122	18/3/2004	0,130	0,159	0,145
28/1/2004	0,122	0,122	0,122	19/3/2004	0,140	0,122	0,131
29/1/2004	0,149	0,140	0,144	20/3/2004	0,149	0,169	0,159
30/1/2004	0,090	0,090	0,090	21/3/2004	0,169	0,180	0,174
31/1/2004	0,149	0,140	0,144	22/3/2004	0,140	0,140	0,140
1/2/2004	0,090	0,083	0,086	23/3/2004	0,140	0,226	0,183
2/2/2004	0,140	0,140	0,140	24/3/2004	0,226	0,226	0,226
3/2/2004	0,122	0,122	0,122	25/3/2004	0,159	0,159	0,159
4/2/2004	0,122	0,130	0,126	26/3/2004	0,149	0,149	0,149
5/2/2004	0,191	0,180	0,185	27/3/2004	0,122	0,122	0,122
6/2/2004	0,180	0,180	0,180	28/3/2004	0,122	0,113	0,117
7/2/2004	0,202	0,202	0,202	29/3/2004	0,113	0,113	0,113
8/2/2004	0,238	0,238	0,238	30/3/2004	0,113	0,113	0,113
9/2/2004	0,238	0,238	0,238	31/3/2004	0,113	0,113	0,113
10/2/2004	0,238	0,251	0,245	1/4/2004	0,105	0,105	0,105
11/2/2004	0,251	0,251	0,251	2/4/2004	0,105	0,105	0,105
12/2/2004	0,251	0,265	0,258	3/4/2004	0,113	0,105	0,109
13/2/2004	0,265	0,265	0,265	4/4/2004	0,113	0,105	0,109
14/2/2004	0,278	0,265	0,271	5/4/2004	0,105	0,105	0,105
15/2/2004	0,265	0,251	0,258	6/4/2004	0,113	0,113	0,113
16/2/2004	0,251	0,251	0,251	7/4/2004	0,113	0,113	0,113
17/2/2004	0,251	0,251	0,251	8/4/2004	0,140	0,122	0,131
18/2/2004	0,251	0,251	0,251	9/4/2004	0,122	0,113	0,117
19/2/2004	0,251	0,251	0,251	10/4/2004	0,113	0,113	0,113
20/2/2004	0,251	0,251	0,251	11/4/2004	0,113	0,113	0,113
21/2/2004	0,251	0,251	0,251	12/4/2004	0,122	0,122	0,122
22/2/2004	0,265	0,265	0,265	13/4/2004	0,122	0,122	0,122
23/2/2004	0,265	0,265	0,265	14/4/2004	0,130	0,130	0,130
24/2/2004	0,265	0,265	0,265	15/4/2004	0,130	0,130	0,130

16/4/2004	0,130	0,130	0,130	6/6/2004	0,090	0,090	0,090
17/4/2004	0,122	0,122	0,122	7/6/2004	0,090	0,090	0,090
18/4/2004	0,113	0,113	0,113	8/6/2004	0,090	0,090	0,090
19/4/2004	0,113	0,113	0,113	9/6/2004	0,090	0,090	0,090
20/4/2004	0,105	0,105	0,105	10/6/2004	0,090	0,090	0,090
21/4/2004	0,105	0,105	0,105	11/6/2004	0,090	0,090	0,090
22/4/2004	0,105	0,105	0,105	12/6/2004	0,090	0,090	0,090
23/4/2004	0,105	0,105	0,105	13/6/2004	0,090	0,090	0,090
24/4/2004	0,097	0,097	0,097	14/6/2004	0,083	0,083	0,083
25/4/2004	0,097	0,097	0,097	15/6/2004	0,083	0,083	0,083
26/4/2004	0,097	0,097	0,097	16/6/2004	0,083	0,083	0,083
27/4/2004	0,097	0,097	0,097	17/6/2004	0,083	0,083	0,083
28/4/2004	0,097	0,097	0,097	18/6/2004	0,083	0,083	0,083
29/4/2004	0,097	0,097	0,097	19/6/2004	0,083	0,083	0,083
30/4/2004	0,097	0,097	0,097	20/6/2004	0,083	0,083	0,083
1/5/2004	0,097	0,097	0,097	21/6/2004	0,083	0,083	0,083
2/5/2004	0,097	0,097	0,097	22/6/2004	0,083	0,083	0,083
3/5/2004	0,097	0,097	0,097	23/6/2004	0,083	0,083	0,083
4/5/2004	0,097	0,097	0,097	24/6/2004	0,083	0,083	0,083
5/5/2004	0,097	0,097	0,097	25/6/2004	0,083	0,083	0,083
6/5/2004	0,105	0,105	0,105	26/6/2004	0,083	0,083	0,083
7/5/2004	0,105	0,105	0,105	27/6/2004	0,083	0,083	0,083
8/5/2004	0,105	0,105	0,105	28/6/2004	0,083	0,083	0,083
9/5/2004	0,105	0,097	0,101	29/6/2004	0,090	0,090	0,090
10/5/2004	0,097	0,097	0,097	30/6/2004	0,090	0,090	0,090
11/5/2004	0,097	0,097	0,097	1/7/2004	0,090	0,090	0,090
12/5/2004	0,097	0,097	0,097	2/7/2004	0,090	0,090	0,090
13/5/2004	0,097	0,097	0,097	3/7/2004	0,083	0,090	0,086
14/5/2004	0,097	0,097	0,097	4/7/2004	0,090	0,090	0,090
15/5/2004	0,097	0,097	0,097	5/7/2004	0,090	0,090	0,090
16/5/2004	0,097	0,097	0,097	6/7/2004	0,090	0,090	0,090
17/5/2004	0,097	0,097	0,097	7/7/2004	0,090	0,090	0,090
18/5/2004	0,090	0,090	0,090	8/7/2004	0,083	0,083	0,083
19/5/2004	0,090	0,090	0,090	9/7/2004	0,083	0,083	0,083
20/5/2004	0,090	0,090	0,090	10/7/2004	0,083	0,083	0,083
21/5/2004	0,090	0,090	0,090	11/7/2004	0,090	0,090	0,090
22/5/2004	0,090	0,090	0,090	12/7/2004	0,097	0,097	0,097
23/5/2004	0,090	0,090	0,090	13/7/2004	0,097	0,097	0,097
24/5/2004	0,090	0,090	0,090	14/7/2004	0,083	0,083	0,083
25/5/2004	0,090	0,090	0,090	15/7/2004	0,083	0,083	0,083
26/5/2004	0,090	0,090	0,090	16/7/2004	0,083	0,083	0,083
27/5/2004	0,090	0,090	0,090	17/7/2004	0,083	0,083	0,083
28/5/2004	0,090	0,090	0,090	18/7/2004	0,083	0,090	0,086
29/5/2004	0,090	0,090	0,090	19/7/2004	0,090	0,090	0,090
30/5/2004	0,090	0,090	0,090	20/7/2004	0,090	0,090	0,090
31/5/2004	0,090	0,090	0,090	21/7/2004	0,090	0,090	0,090
1/6/2004	0,090	0,090	0,090	22/7/2004	0,090	0,090	0,090
2/6/2004	0,090	0,090	0,090	23/7/2004	0,090	0,090	0,090
3/6/2004	0,090	0,090	0,090	24/7/2004	0,083	0,083	0,083
4/6/2004	0,090	0,090	0,090	25/7/2004	0,083	0,083	0,083
5/6/2004	0,090	0,090	0,090	26/7/2004	0,083	0,083	0,083

27/7/2004	0,083	0,083	0,083	16/9/2004	0,058	0,058	0,058
28/7/2004	0,083	0,083	0,083	17/9/2004	0,058	0,058	0,058
29/7/2004	0,083	0,083	0,083	18/9/2004	0,058	0,058	0,058
30/7/2004	0,083	0,083	0,083	19/9/2004	0,058	0,058	0,058
31/7/2004	0,083	0,083	0,083	20/9/2004	0,058	0,058	0,058
1/8/2004	0,083	0,083	0,083	21/9/2004	0,058	0,058	0,058
2/8/2004	0,083	0,083	0,083	22/9/2004	0,058	0,058	0,058
3/8/2004	0,083	0,083	0,083	23/9/2004	0,058	0,058	0,058
4/8/2004	0,076	0,076	0,076	24/9/2004	0,047	0,047	0,047
5/8/2004	0,070	0,083	0,076	25/9/2004	0,047	0,047	0,047
6/8/2004	0,070	0,083	0,076	26/9/2004	0,047	0,047	0,047
7/8/2004	0,070	0,083	0,076	27/9/2004	0,038	0,038	0,038
8/8/2004	0,070	0,076	0,073	28/9/2004	0,038	0,038	0,038
9/8/2004	0,070	0,070	0,070	29/9/2004	0,038	0,038	0,038
10/8/2004	0,070	0,070	0,070	30/9/2004	0,038	0,038	0,038
11/8/2004	0,070	0,070	0,070	1/10/2004	0,042	0,042	0,042
12/8/2004	0,070	0,070	0,070	2/10/2004	0,042	0,042	0,042
13/8/2004	0,070	0,070	0,070	3/10/2004	0,042	0,042	0,042
14/8/2004	0,070	0,070	0,070	4/10/2004	0,038	0,038	0,038
15/8/2004	0,070	0,070	0,070	5/10/2004	0,038	0,038	0,038
16/8/2004	0,058	0,070	0,064	6/10/2004	0,038	0,038	0,038
17/8/2004	0,058	0,070	0,064	7/10/2004	0,038	0,038	0,038
18/8/2004	0,058	0,070	0,064	8/10/2004	0,038	0,038	0,038
19/8/2004	0,058	0,058	0,058	9/10/2004	0,038	0,038	0,038
20/8/2004	0,058	0,058	0,058	10/10/2004	0,076	0,076	0,076
21/8/2004	0,058	0,058	0,058	11/10/2004	0,076	0,076	0,076
22/8/2004	0,058	0,058	0,058	12/10/2004	0,070	0,070	0,070
23/8/2004	0,058	0,058	0,058	13/10/2004	0,070	0,070	0,070
24/8/2004	0,058	0,058	0,058	14/10/2004	0,070	0,070	0,070
25/8/2004	0,058	0,058	0,058	15/10/2004	0,070	0,070	0,070
26/8/2004	0,058	0,058	0,058	16/10/2004	0,070	0,070	0,070
27/8/2004	0,058	0,058	0,058	17/10/2004	0,070	0,070	0,070
28/8/2004	0,058	0,058	0,058	18/10/2004	0,076	0,076	0,076
29/8/2004	0,058	0,058	0,058	19/10/2004	0,076	0,076	0,076
30/8/2004	0,058	0,058	0,058	20/10/2004	0,076	0,083	0,079
31/8/2004	0,058	0,058	0,058	21/10/2004	0,083	0,083	0,083
1/9/2004	0,058	0,058	0,058	22/10/2004	0,076	0,076	0,076
2/9/2004	0,058	0,058	0,058	23/10/2004	0,076	0,076	0,076
3/9/2004	0,052	0,052	0,052	24/10/2004	0,076	0,076	0,076
4/9/2004	0,052	0,052	0,052	25/10/2004	0,076	0,076	0,076
5/9/2004	0,047	0,047	0,047	26/10/2004	0,063	0,063	0,063
6/9/2004	0,047	0,047	0,047	27/10/2004	0,058	0,058	0,058
7/9/2004	0,047	0,047	0,047	28/10/2004	0,070	0,070	0,070
8/9/2004	0,070	0,070	0,070	29/10/2004	0,083	0,083	0,083
9/9/2004	0,070	0,070	0,070	30/10/2004	0,063	0,063	0,063
10/9/2004	0,070	0,070	0,070	31/10/2004	0,076	0,076	0,076
11/9/2004	0,058	0,058	0,058	1/11/2004	0,070	0,070	0,070
12/9/2004	0,061	0,061	0,061	2/11/2004	0,070	0,070	0,070
13/9/2004	0,058	0,058	0,058	3/11/2004	0,070	0,070	0,070
14/9/2004	0,058	0,058	0,058	4/11/2004	0,058	0,058	0,058
15/9/2004	0,058	0,058	0,058	5/11/2004	0,058	0,058	0,058

6/11/2004	0,052	0,052	0,052	27/12/2004	0,278	0,278	0,278
7/11/2004	0,029	0,029	0,029	28/12/2004	0,122	0,113	0,117
8/11/2004	0,029	0,029	0,029	29/12/2004	0,097	0,090	0,094
9/11/2004	0,042	0,042	0,042	30/12/2004	0,090	0,083	0,086
10/11/2004	0,058	0,058	0,058	31/12/2004	0,083	0,076	0,079
11/11/2004	0,047	0,047	0,047	1/1/2005	0,083	0,090	0,086
12/11/2004	0,083	0,083	0,083	2/1/2005	0,090	0,090	0,090
13/11/2004	0,070	0,070	0,070	3/1/2005	0,097	0,083	0,090
14/11/2004	0,042	0,042	0,042	4/1/2005	0,105	0,113	0,109
15/11/2004	0,058	0,058	0,058	5/1/2005	0,097	0,090	0,094
16/11/2004	0,063	0,063	0,063	6/1/2005	0,113	0,307	0,210
17/11/2004	0,076	0,076	0,076	7/1/2005	0,180	0,122	0,151
18/11/2004	0,076	0,076	0,076	8/1/2005	0,113	0,113	0,113
19/11/2004	0,070	0,070	0,070	9/1/2005	0,130	0,140	0,135
20/11/2004	0,083	0,083	0,083	10/1/2005	0,149	0,140	0,144
21/11/2004	0,090	0,090	0,090	11/1/2005	0,130	0,097	0,114
22/11/2004	0,090	0,090	0,090	12/1/2005	0,090	0,090	0,090
23/11/2004	0,105	0,105	0,105	13/1/2005	0,076	0,070	0,073
24/11/2004	0,105	0,105	0,105	14/1/2005	0,238	0,226	0,232
25/11/2004	0,130	0,130	0,130	15/1/2005	0,159	0,140	0,149
26/11/2004	0,140	0,140	0,140	16/1/2005	0,130	0,130	0,130
27/11/2004	0,113	0,113	0,113	17/1/2005	0,122	0,113	0,117
28/11/2004	0,097	0,097	0,097	18/1/2005	0,140	0,202	0,171
29/11/2004	0,097	0,097	0,097	19/1/2005	0,369	0,352	0,361
30/11/2004	0,090	0,090	0,090	20/1/2005	0,352	0,337	0,345
1/12/2004	0,090	0,090	0,090	21/1/2005	0,369	0,402	0,385
2/12/2004	0,090	0,090	0,090	22/1/2005	0,385	0,369	0,377
3/12/2004	0,083	0,083	0,083	23/1/2005	0,337	0,292	0,315
4/12/2004	0,083	0,083	0,083	24/1/2005	0,226	0,214	0,220
5/12/2004	0,083	0,083	0,083	25/1/2005	0,214	0,191	0,202
6/12/2004	0,083	0,083	0,083	26/1/2005	0,191	0,180	0,185
7/12/2004	0,097	0,097	0,097	27/1/2005	0,202	0,202	0,202
8/12/2004	0,097	0,097	0,097	28/1/2005	0,278	0,251	0,265
9/12/2004	0,130	0,130	0,130	29/1/2005	0,437	0,402	0,419
10/12/2004	0,140	0,140	0,140	30/1/2005	0,307	0,238	0,273
11/12/2004	0,130	0,130	0,130	31/1/2005	0,202	0,159	0,181
12/12/2004	0,159	0,159	0,159	1/2/2005	0,292	0,278	0,285
13/12/2004	0,169	0,169	0,169	2/2/2005	0,307	0,292	0,300
14/12/2004	0,180	0,180	0,180	3/2/2005	0,292	0,278	0,285
15/12/2004	0,180	0,180	0,180	4/2/2005	0,202	0,180	0,191
16/12/2004	0,180	0,180	0,180	5/2/2005	0,169	0,169	0,169
17/12/2004	0,191	0,191	0,191	6/2/2005	0,169	0,159	0,164
18/12/2004	0,191	0,191	0,191	7/2/2005	0,149	0,140	0,144
19/12/2004	0,105	0,105	0,105	8/2/2005	0,122	0,122	0,122
20/12/2004	0,105	0,105	0,105	9/2/2005	0,122	0,113	0,117
21/12/2004	0,105	0,105	0,105	10/2/2005	0,113	0,105	0,109
22/12/2004	0,251	0,251	0,251	11/2/2005	0,105	0,097	0,101
23/12/2004	0,265	0,265	0,265	12/2/2005	0,097	0,097	0,097
24/12/2004	0,191	0,191	0,191	13/2/2005	0,090	0,090	0,090
25/12/2004	0,140	0,140	0,140	14/2/2005	0,090	0,090	0,090
26/12/2004	0,122	0,122	0,122	15/2/2005	0,083	0,083	0,083

16/2/2005	0,090	0,097	0,094	8/4/2005	0,105	0,105	0,105
17/2/2005	0,105	0,105	0,105	9/4/2005	0,097	0,097	0,097
18/2/2005	0,097	0,097	0,097	10/4/2005	0,097	0,097	0,097
19/2/2005	0,097	0,097	0,097	11/4/2005	0,097	0,097	0,097
20/2/2005	0,090	0,090	0,090	12/4/2005	0,097	0,097	0,097
21/2/2005	0,090	0,090	0,090	13/4/2005	0,090	0,090	0,090
22/2/2005	0,090	0,090	0,090	14/4/2005	0,090	0,090	0,090
23/2/2005	0,076	0,076	0,076	15/4/2005	0,090	0,083	0,086
24/2/2005	0,076	0,076	0,076	16/4/2005	0,083	0,083	0,083
25/2/2005	0,070	0,070	0,070	17/4/2005	0,083	0,083	0,083
26/2/2005	0,063	0,058	0,061	18/4/2005	0,090	0,090	0,090
27/2/2005	0,149	0,140	0,144	19/4/2005	0,090	0,090	0,090
28/2/2005	0,122	0,113	0,117	20/4/2005	0,090	0,090	0,090
1/3/2005	0,130	0,130	0,130	21/4/2005	0,083	0,083	0,083
2/3/2005	0,149	0,159	0,154	22/4/2005	0,083	0,083	0,083
3/3/2005	0,180	0,191	0,185	23/4/2005	0,090	0,090	0,090
4/3/2005	0,169	0,159	0,164	24/4/2005	0,090	0,090	0,090
5/3/2005	0,159	0,149	0,154	25/4/2005	0,090	0,083	0,086
6/3/2005	0,140	0,122	0,131	26/4/2005	0,105	0,105	0,105
7/3/2005	0,122	0,122	0,122	27/4/2005	0,105	0,113	0,109
8/3/2005	0,113	0,105	0,109	28/4/2005	0,113	0,113	0,113
9/3/2005	0,105	0,097	0,101	29/4/2005	0,105	0,097	0,101
10/3/2005	0,097	0,097	0,097	30/4/2005	0,097	0,097	0,097
11/3/2005	0,097	0,113	0,105	1/5/2005	0,097	0,097	0,097
12/3/2005	0,149	0,140	0,144	2/5/2005	0,105	0,105	0,105
13/3/2005	0,113	0,113	0,113	3/5/2005	0,105	0,105	0,105
14/3/2005	0,113	0,113	0,113	4/5/2005	0,097	0,097	0,097
15/3/2005	0,169	0,169	0,169	5/5/2005	0,097	0,097	0,097
16/3/2005	0,251	0,292	0,272	6/5/2005	0,090	0,090	0,090
17/3/2005	0,322	0,322	0,322	7/5/2005	0,090	0,090	0,090
18/3/2005	0,385	0,369	0,377	8/5/2005	0,097	0,097	0,097
19/3/2005	0,369	0,352	0,361	9/5/2005	0,090	0,090	0,090
20/3/2005	0,337	0,337	0,337	10/5/2005	0,083	0,076	0,079
21/3/2005	0,292	0,265	0,278	11/5/2005	0,076	0,076	0,076
22/3/2005	0,226	0,214	0,220	12/5/2005	0,083	0,083	0,083
23/3/2005	0,226	0,238	0,232	13/5/2005	0,090	0,090	0,090
24/3/2005	0,251	0,251	0,251	14/5/2005	0,090	0,090	0,090
25/3/2005	0,238	0,238	0,238	15/5/2005	0,090	0,090	0,090
26/3/2005	0,238	0,226	0,232	16/5/2005	0,083	0,083	0,083
27/3/2005	0,226	0,214	0,220	17/5/2005	0,083	0,083	0,083
28/3/2005	0,191	0,180	0,185	18/5/2005	0,083	0,083	0,083
29/3/2005	0,159	0,149	0,154	19/5/2005	0,083	0,083	0,083
30/3/2005	0,140	0,140	0,140	20/5/2005	0,076	0,076	0,076
31/3/2005	0,130	0,130	0,130	21/5/2005	0,076	0,076	0,076
1/4/2005	0,122	0,122	0,122	22/5/2005	0,076	0,076	0,076
2/4/2005	0,122	0,122	0,122	23/5/2005	0,070	0,076	0,073
3/4/2005	0,113	0,113	0,113	24/5/2005	0,070	0,070	0,070
4/4/2005	0,113	0,113	0,113	25/5/2005	0,140	0,140	0,140
5/4/2005	0,113	0,105	0,109	26/5/2005	0,130	0,122	0,126
6/4/2005	0,105	0,105	0,105	27/5/2005	0,122	0,122	0,122
7/4/2005	0,105	0,105	0,105	28/5/2005	0,122	0,113	0,117

29/5/2005	0,097	0,090	0,094	19/7/2005	0,070	0,070	0,070
30/5/2005	0,090	0,090	0,090	20/7/2005	0,070	0,070	0,070
31/5/2005	0,083	0,083	0,083	21/7/2005	0,070	0,070	0,070
1/6/2005	0,083	0,083	0,083	22/7/2005	0,070	0,070	0,070
2/6/2005	0,083	0,076	0,079	23/7/2005	0,070	0,070	0,070
3/6/2005	0,076	0,076	0,076	24/7/2005	0,070	0,070	0,070
4/6/2005	0,070	0,070	0,070	25/7/2005	0,070	0,070	0,070
5/6/2005	0,070	0,070	0,070	26/7/2005	0,076	0,076	0,076
6/6/2005	0,033	0,063	0,048	27/7/2005	0,076	0,076	0,076
7/6/2005	0,063	0,058	0,061	28/7/2005	0,076	0,076	0,076
8/6/2005	0,058	0,058	0,058	29/7/2005	0,070	0,070	0,070
9/6/2005	0,058	0,058	0,058	30/7/2005	0,070	0,070	0,070
10/6/2005	0,058	0,058	0,058	31/7/2005	0,070	0,070	0,070
11/6/2005	0,063	0,063	0,063	1/8/2005	0,070	0,070	0,070
12/6/2005	0,063	0,063	0,063	2/8/2005	0,063	0,063	0,063
13/6/2005	0,063	0,063	0,063	3/8/2005	0,063	0,063	0,063
14/6/2005	0,058	0,058	0,058	4/8/2005	0,063	0,058	0,061
15/6/2005	0,058	0,058	0,058	5/8/2005	0,058	0,058	0,058
16/6/2005	0,058	0,058	0,058	6/8/2005	0,058	0,058	0,058
17/6/2005	0,052	0,052	0,052	7/8/2005	0,058	0,058	0,058
18/6/2005	0,052	0,058	0,055	8/8/2005	0,052	0,052	0,052
19/6/2005	0,058	0,058	0,058	9/8/2005	0,052	0,052	0,052
20/6/2005	0,047	0,047	0,047	10/8/2005	0,052	0,047	0,050
21/6/2005	0,076	0,076	0,076	11/8/2005	0,047	0,047	0,047
22/6/2005	0,070	0,070	0,070	12/8/2005	0,042	0,042	0,042
23/6/2005	0,058	0,058	0,058	13/8/2005	0,042	0,042	0,042
24/6/2005	0,063	0,063	0,063	14/8/2005	0,033	0,038	0,036
25/6/2005	0,063	0,063	0,063	15/8/2005	0,033	0,033	0,033
26/6/2005	0,063	0,063	0,063	16/8/2005	0,029	0,026	0,028
27/6/2005	0,063	0,063	0,063	17/8/2005	0,026	0,026	0,026
28/6/2005	0,058	0,058	0,058	18/8/2005	0,019	0,016	0,018
29/6/2005	0,058	0,058	0,058	19/8/2005	0,011	0,009	0,010
30/6/2005	0,052	0,052	0,052	20/8/2005	0,007	0,007	0,007
1/7/2005	0,052	0,052	0,052	21/8/2005	0,006	0,006	0,006
2/7/2005	0,058	0,058	0,058	22/8/2005	0,006	0,006	0,006
3/7/2005	0,058	0,058	0,058	23/8/2005	0,006	0,006	0,006
4/7/2005	0,052	0,052	0,052	24/8/2005	0,007	0,007	0,007
5/7/2005	0,052	0,052	0,052	25/8/2005	0,007	0,007	0,007
6/7/2005	0,058	0,058	0,058	26/8/2005	0,011	0,011	0,011
7/7/2005	0,058	0,058	0,058	27/8/2005	0,009	0,009	0,009
8/7/2005	0,058	0,058	0,058	28/8/2005	0,009	0,009	0,009
9/7/2005	0,058	0,058	0,058	29/8/2005	0,009	0,009	0,009
10/7/2005	0,063	0,063	0,063	30/8/2005	0,007	0,007	0,007
11/7/2005	0,058	0,058	0,058	31/8/2005	0,007	0,007	0,007
12/7/2005	0,058	0,063	0,061	1/9/2005	0,007	0,007	0,007
13/7/2005	0,063	0,063	0,063	2/9/2005	0,007	0,007	0,007
14/7/2005	0,070	0,070	0,070	3/9/2005	0,007	0,007	0,007
15/7/2005	0,063	0,070	0,067	4/9/2005	0,009	0,009	0,009
16/7/2005	0,070	0,076	0,073	5/9/2005	0,007	0,007	0,007
17/7/2005	0,083	0,083	0,083	6/9/2005	0,007	0,007	0,007
18/7/2005	0,070	0,070	0,070	7/9/2005	0,006	0,006	0,006

8/9/2005	0,004	0,004	0,004
9/9/2005	0,004	0,004	0,004
10/9/2005	0,004	0,004	0,004
11/9/2005	0,004	0,004	0,004
12/9/2005	0,004	0,004	0,004
13/9/2005	0,004	0,004	0,004
14/9/2005	0,004	0,004	0,004
15/9/2005	0,004	0,004	0,004
16/9/2005	0,003	0,003	0,003
17/9/2005	0,003	0,003	0,003
18/9/2005	0,003	0,003	0,003
19/9/2005	0,003	0,003	0,003
20/9/2005	0,003	0,003	0,003
21/9/2005	0,003	0,003	0,003
22/9/2005	0,003	0,003	0,003
23/9/2005	0,003	0,003	0,003
24/9/2005	0,083	0,083	0,083
25/9/2005	0,076	0,070	0,073
26/9/2005	0,058	0,058	0,058
27/9/2005	0,052	0,052	0,052
28/9/2005	0,047	0,047	0,047
29/9/2005	0,042	0,038	0,040
30/9/2005	0,038	0,038	0,038

Anexo 5 – Dados dos poços selecionados para medição da variação do nível de água.

Código do poço (Velásquez <i>et al.</i> 2006)	P-85	P-135	P-138
Denominação (IGAM)	PSB03	2'	1'
Proprietário	SAE	SAE	Particular
Localidade ou endereço do proprietário	Bateria São Benedito	Av. Coronel Belchior Goodoy nº 2095/3137	Chácara Glória
Principal uso da água	Abastecimento Público	Abastecimento Público	Irrigação
Situação junto ao IGAM	Outorgado	Outorgado	sd
Coto do poço no nível do terreno (m)	950,83	sd	sd
Longitude	48°11'40,2"	48°12'45,7"	48°10'36,1"
Latitude	18°39'54,3"	18°38'25,8"	18°39'09,4"
Vazão (m³/h)	5	sd	sd
Profundidade final do poço	59	sd	sd
Profundidade dos filtros - início/fim (m)	sd	sd	sd
Profundidade aproximada do topo do basalto (m)	59	sd	sd
Cota do topo do basalto (m)	891,83	sd	sd
Medições para a dissertação			
Profundidade do nível estático em relação ao terreno (m)	30,48	19,75	3,06
Data da medição do nível estático	Março de 2005 a abril de 2006	Março de 2005 a abril de 2006	Março de 2005 a abril de 2006
Cota do nível estático	920,35	sd	sd

Obs: sd significa sem dados.