

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

**A DINÂMICA HIDROLÓGICA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO
UBERABINHA – MINAS GERAIS**

ÂNGELA MARIA SOARES

UBERLÂNDIA/MG

2008.

ÂNGELA MARIA SOARES

***A DINÂMICA HIDROLÓGICA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO UBERABINHA –
MINAS GERAIS***

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama.

Uberlândia/MG

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ângela Maria Soares

A Dinâmica Hidrológica na Bacia do Alto Curso do Rio Uberabinha

Prof. Dr. Luiz Nishiyama

Prof. Dr. Adriano Rodrigues dos Santos

Prof^ª. Dr^ª. Claudete Aparecida Dallevedove Baccaro

Prof^ª. Dr^ª. Suely Regina Del Grossi

Prof^ª. Dr^ª. Vânia Silvia Rosolen

Data: ____/____ de 2008.

Resultado: _____

*Às eternas mestras, Dr^a Claudete Aparecida
Dallevedove Baccaro e Dr^a Suely Regina Del
Grossi, figuras valorosas.*

*Às queridas Laura Maria de Jesus e Dianne
Ferreira Soares, espíritos de luz.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora da Abadia, pela coragem para a conclusão desta tarefa.

A minha família pelo amor e dedicação, especialmente ao meu esposo e companheiro Gelcimar Soares dos Reis pelo apoio, incentivo, determinação e ajuda nos levantamentos e tabulação de dados desta pesquisa.

Ao meu filho Ricardo Soares de Brito, pelo apoio e ajuda na elaboração dos gráficos e ilustrações deste trabalho.

A Professora Dr^a Claudete Aparecida Dallevedove Baccaro, pelo apoio, amizade e confiança.

A Professora Dr^a Suely Regina Del Grossi, pela confiança, amizade e incentivo.

Ao Professor Doutor Luiz Nishiyama pela prontidão e coragem ao aceitar-me como orientanda e, acima de tudo, por apoiar-me disponibilizando materiais, equipamentos e técnicos para os levantamentos de campo.

Ao Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos do Instituto - LAGES de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia pela cooperação e disponibilização de material.

Aos técnicos do LAGES, Malaquias José de Souza e Rosângela Santos Caldas Amorim pelo apoio e amizade sincera.

À equipe do Museu de Minerais e Rochas da Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio operacional, em especial ao Fabiano Alves Borges.

Ao Valdemiro Paulino de Lima pelo grande apoio nos trabalhos e levantamentos de campo, principalmente nos ensaios de permeabilidade de solo e nas medidas de vazão.

A Maria Beatriz dos Reis, amiga prestativa e eficiente, pela colaboração para que esse trabalho se realizasse.

Ao amigo Péricles Macêdo de Brito pela coragem, dedicação e desprendimento em auxiliarme no início da pesquisa e na instalação das áreas experimentais.

Ao amigo Luiz Antônio de Oliveira pelas sugestões e ajuda com os equipamentos e com os mapas.

Ao Prof. Dr. Eloi Campos da UnB por disponibilizar o micromolinete para as medidas de vazão.

Ao Guilherme David Dantas, pela colaboração no final deste trabalho, na formatação dos mapas e ilustrações.

Ao Sr. Olegário e D. Santa pela amizade e alegria com que sempre nos recebeu na Estância Buritis.

Ao Sr. Antônio Matheus Van Ass e ao Sr. Ernesto Go Koike da S.A Agroindustrial Eldorado pela disponibilização de dados hidrológicos e por nos receber bem em suas propriedades para os levantamentos desta pesquisa.

RESUMO

O presente estudo buscou o entendimento da dinâmica da paisagem, na bacia do alto curso do Rio Uberabinha, dando prioridade aos recursos hídricos. O objetivo principal da pesquisa foi compreender a dinâmica hídrica superficial e subsuperficial e sua relação com uso e ocupação do solo. É possível que as dinâmicas hídricas superficiais e subsuperficiais se modificaram pelo intenso uso e ocupação do solo, o que trouxe consequências negativas para a recarga da sua zona saturada freática. Esta situação interfere na quantidade da água destinada ao consumo humano, em especial aos moradores da cidade de Uberlândia (MG). Para a compreensão da dinâmica hidrológica da bacia do alto curso do rio Uberabinha deu-se ênfase a uma abordagem sistêmica, cujos elementos desse sistema são integrados em relações condicionadas por diversos componentes tais como: o clima, a geologia, os solos, os aspectos geomorfológicos e as ações antrópicas. Esta pesquisa enfatiza o uso da bacia hidrográfica como unidade apropriada para os estudos hidrológicos, pelo seu caráter de sistema aberto, integrador de diversos elementos naturais e sociais. Nesta pesquisa optou-se pelos métodos propostos por Ab'Sáber (1969) e Libault (1971) adaptados aos objetivos propostos. Libault (1971) propõe quatro níveis para a pesquisa geográfica e é um método elaborado para o tratamento quantificado das informações. Já Ab'Sáber (1969) aborda três níveis de tratamento para a pesquisa, valorizando a observação sistemática e a descrição. Foram pesquisados e quantificados os processos que interferem na dinâmica hídrica da área. Os dados levantados proporcionaram a elaboração do balanço hídrico da bacia e mostraram que o uso e ocupação da área têm levado à redução da permeabilidade dos solos, assim como reduzido a recarga dos aquíferos locais. O levantamento das áreas úmidas que foram incorporadas à produção também evidenciou que a pressão antrópica tem interferido na

dinâmica hidrológica local. A partir dos resultados obtidos foi destacada a necessidade de rever a utilização dos recursos hídricos na bacia do Alto Uberabinha, com o intuito de resguardar água de qualidade para o abastecimento público de Uberlândia e promover a otimização da recarga dos aquíferos locais e regionais.

Palavras-chave: Balanço hídrico, hidrologia, processos hidrológicos.

ABSTRACT

This present research fetched the understanding of the landscape's dynamic, on the basin upper course of Uberabinha river, emphasizing the water resources. The main aim of this research was to understand the superficial and subsuperficial water dynamic and its relation with the use and soil's occupation. It's possible that the superficial and subsuperficial water dynamics have changed because of the intense use and occupation of the soil, resulting in bad consequences for the recharge on its saturated zone. This situation interferes on the water quantity which is bound for human consumption, especially to residents of Uberlândia (MG). To understand the "water dynamic", the "water cycle" was considered as a system, which elements are integrated in conditioned relations such as: the climate dynamic, the geological structure, the soil structure, the geomorfological features and the human actions. This survey emphasizes using the "water basis" as an appropriate unity for "water studies", because of its open system character, that integrates several natural and social elements. On this survey, the methods from Ab'Saber (1969) and Libault (1971) were selected by their geographic character and have been adapted to the proposed aims. Libault (1971) proposes four levels for a geographic survey and it's a method developed for the treatment of quantified information. On the other hand, Ab'Saber believes in three levels of treatment for the research, highlighting the systematic observation and description. This survey has investigated and quantified the processes that influence on the "water dynamic" of the area. The collected results provided the development of the basin water balance and showed that the use and occupation of the area have caused reduction of soil permeability, and reduced the reloading of the local aquifers. The studies about the wet areas that were incorporated to the production, also showed that the human activities have changed the water

local dynamics. Basing on the results, the necessity to review the use of water resources in the basin of the Upper Uberabinha was emphasized, in order to protect good water, used for the Uberlândia's public supply and to promote the recharge's optimization of the local and regional aquifers.

Keywords: Water balance, hydrology, hydrological processes

LISTA DE FIGURAS

01. Mapa de localização da área de estudo.....	25
02. Ciclo hidrológico	44
03. Pluviômetro	47
04. Componentes da interceptação	48
05. Componentes do solo e arranjo espacial das partículas que controlam o tempo de viagem da água no solo	52
06. Distribuição da água no solo	54
07. Aquíferos	57
08. Superfície livre levantada	57
09. Bacia hidrográfica.....	60
10. Classificação da ordem das bacias hidrográficas	63
11. Fluxograma do balanço hidrológico	70
12. Fluxograma da metodologia da pesquisa	73
13. Imagem de Satélite Aster – 2006.....	75
14. Programa ENVI 4.2 – Tratamento da imagem Aster para a classificação do uso do solo na área de estudo	76

15. Programa Arcview 9.0 – Sobreposição e cálculo das áreas úmidas da área de estudo .	79
16. Mapa de localização das estações experimentais	81
17. Lagoa nas proximidades do Horto Florestal Eli - Área experimental I.....	82
18. Horto Florestal Eli – Área Experimental I	82
19. Área onde foram perfurados os poços de monitoramento – Seção nas margens da Lagoa – Horto Florestal Eli – Cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor. Área Experimental I.....	83
20. Poço amostral situado na Fazenda Van Ass. Área Experimental II	83
21. Margem do Córrego do Carço, uma das nascentes do rio Uberabinha - Poços de Monitoramento – Área Experimental III.....	84
22. Silvicultura de <i>pinus</i> . Margem do Córrego do Carço – Área Experimental III	85
23. Médio Beija-Flor – Estância Buritis. Local de monitoramento do n. a. – Área Experimental IV	86
24. Cisterna localizada na Estância Buritis – Área Experimental IV	86
25. Cisterna localizada em antiga estação ferroviária, próximo à Estância Buritis. – Área Experimental IV	87
26. Poço de monitoramento próximo à Estância Buritis – Área Experimental IV	87
27. Local de medições do n. a. Divisor do Uberabinha e Ribeirão Beija-Flor – Fazenda SA Agroindustrial Eldorado – Área Experimental V	88
28. Local de monitoramento do n. a. Cabeceiras do Córrego Fortaleza – Área Experimental VI..	89
29. Esquema do molinete fluviométrico	91

30. Seção controle, onde foram feitas as medidas de vazão.....	93
31. Seção controle do rio Uberabinha. Ponto exutório considerado nesta pesquisa. Período seco, quando o rio apresenta vazões reduzidas.....	95
32. Local onde foram feitas as medidas de vazão. Leito do rio Uberabinha. Período chuvoso, quando o rio apresenta vazões maiores	95
33. Perfil da seção controle no rio Uberabinha	96
34. Medida da velocidade média do fluxo de água	97
35. Medida da vazão por área de influência	98
36. Esquema do Permeâmetro Guelph	101
37. Permeâmetro Guelph	102
38. Dados da precipitação da Fazenda Van Ass: 2006, 2007 e 2008	110
39. Dados da precipitação da SA Agroindustrial Eldorado: 2006, 2007 e 2008.....	111
40. Medidas de vazão no Rio Uberabinha – Uberlândia – MG.....	113
41. Seção do Uberabinha onde são feitas as medidas de vazão, mostrando a ocupação do leito maior sazonal.....	113
42. Profundidade do N.A nas nascentes do Córrego Fortaleza – Área Experimental VI....	114
43. Profundidade do N.A na Fazenda Van Ass – Área Experimental II	115
44. Profundidade do N.A na Fazenda da S.A. Agroindustrial Eldorado - Área Experimental V	116
45. Profundidade do N.A no Córrego do Carço – P.1 - Área Experimental III	117

46. Profundidade do N.A no Córrego do Carço – P.2 - Área Experimental III	118
47. Profundidade do N.A no Córrego do Carço – P.3 - Área Experimental III	119
48. Profundidade do N.A nas cabeceiras do Beija-Flor – P.1 – Área Experimental I.....	120
49. Profundidade do N.A nas cabeceiras do Beija-Flor – P.2 – Área Experimental I.....	121
50. Profundidade do N.A nas cabeceiras do Beija-Flor – P.3 – Área Experimental I.....	122
51. Profundidade do N.A nas cabeceiras do Beija-Flor – P.4 – Área Experimental I.....	123
52. Profundidade do N.A na Estância Buritís – P. 1 – Área Experimental IV	124
53. Profundidade do N.A na Estância Buritís – P. 2 – Área Experimental IV	125
54. Profundidade do N.A na Estância Buritís – P. 3 – Área Experimental IV	126
55. Coeficientes de alta permeabilidade do solo a 20 cm.....	129
56. Coeficientes de média permeabilidade do solo a 20 cm.....	130
57. Coeficientes de alta permeabilidade do solo a 40 cm.....	130
58. Coeficientes de média permeabilidade do solo a 40 cm.....	131
59. Coeficientes de alta permeabilidade do solo a 60 cm.....	131
60. Coeficientes de média permeabilidade do solo a 60 cm.....	132
61. Coeficientes de permeabilidade levantados na Bacia do Alto Uberabinha.....	132
62. Pontos de ensaio de permeabilidade de solo na bacia do Alto Uberabinha	133
63. Topo da paleoturfa, sob o Cambissolo. Voçoroca do Ribeirão Beija-Flor.....	136
64. Voçoroca do Ribeirão Beija-Flor. Vista de Montante	136

65. Locais onde foram realizados os ensaios com traçadores	139
66. Condutividade elétrica identificada nos piezômetros na cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor	141
67. Condutividade elétrica identificada nos piezômetros no Córrego do Carço.....	142
68. Condutividade elétrica nos piezômetros na Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado.....	143
69. Modelo hidrológico	145
70. Gráfico das precipitações médias na Bacia do Alto curso do rio Uberabinha	147
71. Temperatura média mensal na Fazenda Roncador da SA Agroindustrial Eldorado.....	148
72. Relação entre precipitação, temperatura e evapotranspiração na Bacia do Alto Uberabinha de setembro de 2006 a março de 2008.....	149
73. Precipitação x Deflúvio na bacia do Alto Curso do rio Uberabinha	151
74. Balanço Hidrológico da Bacia do Alto curso do Rio Uberabinha.....	152
75. Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Curso do rio Uberabinha em 2006	156
76. Plantios de cana-de-açúcar no interflúvio do Rio Claro e Rio Uberabinha.....	159
77. Plantios de cana-de-açúcar no interflúvio do Rio Claro e Rio Uberabinha.....	159
78. Plantio de soja no interflúvio do Rio Uberabinha e Ribeirão Beija-Flor	160
79. Terra sendo preparada para receber a cana-de-açúcar nas proximidades da nascente do Córrego Jacaré, nascente do Rio Uberabinha.....	160
80. Áreas úmidas ocupadas pelas culturas na Bacia do Alto curso do rio Uberabinha.....	161
81. Áreas licenciadas para exploração mineral na Bacia do Alto curso do rio Uberabinha	172

82. Presença da fauna migratória procurando refúgio em área úmida incorporada à área produtiva – Bacia do Alto curso do rio Uberabinha – Uberaba – MG	173
83. Chegada dos tuiuiús de papo preto (<i>Jabiru mycteria</i>) em busca de refúgio em área úmida incorporada à área produtiva – Bacia do Alto Curso do rio Uberabinha – Uberaba – MG	173
84 e 85. Avião pulverizando as plantações em áreas úmidas incorporadas à agricultura, onde há acúmulo de água. Bacia do Alto Curso do Rio Uberabinha	174

LISTA DE TABELAS

1. Dados para o parâmetro α	101
2. Medidas de vazão – Rio Uberabinha – Uberlândia – MG.	112
3. Resultados dos ensaios de solo em campo com Permeâmetro Guelph	127
4. Resultados das análises granulométricas	134
5. Valores da média das precipitações	146
6. Temperaturas Médias Mensais	147
7. Valores de ETP	149
8. Valores de vazão e deflúvio	150
9. Valores para o cálculo do balanço hídrico na Bacia do Alto Curso do rio Uberabinha..	151
10. Áreas úmidas incorporadas ao sistema produtivo no período de 1964 – 2006 na Bacia do Alto Curso do rio Uberabinha – Uberaba/Uberlândia – MG.....	162

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	19
1. REVISÃO CONCEITUAL	41
1.1. O ciclo hidrológico	41
1.1.1. A precipitação.....	45
1.1.2. A evaporação e evapotranspiração	49
1.1.3. O escoamento superficial	51
1.1.4. Os aquíferos subterrâneos.....	55
1.2. A bacia hidrográfica	59
1.2.1. Fisiografia da bacia hidrográfica	61
2. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	68
2.1. Abordagem teórica	68
2.2. Metodologia operacional	74
3. A DINÂMICA HÍDRICA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO UBERABINHA	108
3.1. Aquisição e tratamento dos dados	108
3.1.1. Precipitações.....	109
3.1.2. Medições de vazão	111
3.1.3. Levantamento do nível freático	114

3.1.4. Ensaio de infiltração com Permeâmetro Guelph	127
3.1.5. Caracterização dos solos na Bacia do Alto curso do rio Uberabinha.....	134
3.1.6. Avaliação do movimento da água com uso de traçadores químicos	137
3.2. O balanço hidrológico na Bacia do Alto curso do rio Uberabinha.....	145
3.2.1. Precipitação	145
3.2.2. Evapotranspiração potencial	147
3.2.2. Deflúvio mensal.....	150
4. A EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO UBERABINHA, E SEUS REFLEXOS NOS SISTEMAS ÚMIDOS	153
5. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	163
CONSIDERAÇÕES FINAIS	178
REFERÊNCIAS	181
ANEXO	193

INTRODUÇÃO

O século XXI está iniciando com desafios antes inimagináveis. O principal deles está relacionado à implantação efetiva de uma sociedade sustentável, para tentar reverter a pressão antrópica sobre os recursos naturais e possibilitar a perpetuação da vida humana, na Terra.

O conceito de sustentabilidade surgiu no início da década de 1980 e, em 1987, foi destacado no Relatório *Brundtland – Nosso futuro comum*. Nesse relatório, a comunidade sustentável está definida como sendo aquela capaz de satisfazer às próprias necessidades, sem reduzir as oportunidades das gerações futuras. De lá para cá, o termo sustentabilidade passou a ser amplamente utilizado, nas discussões ambientais. Capra (2005:20) ressalta que:

Essas definições de sustentabilidade são importantes exortações morais. Elas nos lembram de nossa responsabilidade de passar a nossos filhos e netos um mundo com tantas oportunidades quanto aquele que herdamos. Entretanto, não nos dizem nada a respeito de como construir, na prática, uma sociedade sustentável.

O que precisamos é de uma definição operacional de sustentabilidade ecológica. A chave para chegar a esta definição operacional está em reconhecer que não precisamos inventar as comunidades humanas sustentáveis a partir do zero, mas podemos moldá-las de acordo com os ecossistemas naturais, que são comunidades sustentáveis de plantas, animais e microorganismos. Como a principal característica da biosfera é sua capacidade intrínseca de manter a vida, uma comunidade humana sustentável deve ser planejada de modo que os estilos de vida, negócios, atividades econômicas, estruturas físicas e tecnologias não interfiram nessa capacidade da natureza de manter a vida.

Para a construção de uma sociedade sustentável, é necessário, em primeiro lugar, compreender a dinâmica das paisagens, estabelecendo parâmetros e padrões de fragilidade ambiental, identificando o limiar de equilíbrio dinâmico dessas paisagens e, a partir disso,

criar mecanismos para buscar a sustentabilidade. Essa é uma tarefa difícil porque envolve as complexas relações entre a natureza e a sociedade, em nível global. Este é o grande desafio: estabelecer um novo paradigma para a sobrevivência das futuras gerações.

Apesar de ser a substância mais abundante e comum sobre a Terra, a água possui propriedades que, combinadas, fazem-na bastante singular. A sua propriedade mais importante está relacionada a sua capacidade de dissolver quase todas as outras substâncias, sendo considerada o solvente universal.

Na natureza, a água é responsável pela maioria dos processos físicos, químicos e biológicos, mas a sua distribuição pelo globo terrestre não se dá de forma homogênea. A distribuição da água na Terra é comandada pela combinação de diversos fatores, o que é chamado de ciclo hidrológico – sistema pelo qual a natureza faz a água circular entre o oceano, a atmosfera e a superfície terrestre. Existe um pequeno percentual de água doce disponível, que deve ser utilizado de forma racional e sustentável, já que é um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos da atmosfera e litosfera e interferindo na vida, a partir da interação com os demais elementos do ambiente de drenagem.

Nos estudos hidrológicos, a bacia de drenagem tem sido utilizada como unidade básica de estudo e gestão. Ela pode ser conceituada como sendo um sistema aberto, no qual ocorre entrada e saída de matéria e energia, através da drenagem de água, de sedimentos e de material dissolvido, para uma saída comum. As bacias hidrográficas oferecem praticidade e simplicidade para a aplicação de balanço hidrológico e aplicação de modelos de estudo de recursos hídricos.

De acordo com Duarte (1998), a bacia hidrográfica é tida como a unidade de planejamento dos recursos hídricos. O estudo sobre recursos hídricos, em bacia hidrográfica,

deve focar, de forma integrada, os recursos hídricos de superfície e subterrâneos, objetivando uma avaliação global da potencialidade e disponibilidade da água.

A gestão de bacias hidrográficas deve compreender os estudos da hidrogeologia (aspectos relacionados ao dimensionamento dos reservatórios subterrâneos, espessuras exploradas e características hidrodinâmicas) e da hidrologia (vazões, pluviosidade, escoamento superficial, entre outras) (Venframe, 1998).

Na maioria das vezes, a exaustão dos recursos hídricos, numa dada bacia hidrográfica, é consequência de práticas agrícolas inadequadas, que provocam a degradação dos solos e da vegetação. A compactação do solo e a derrubada da vegetação nativa contribuem para o aumento do escoamento pluvial e, conseqüentemente, reduzem o volume de água infiltrado.

A redução da infiltração de água no solo tem como consequência a diminuição do volume de água que recarrega, anualmente os aquíferos. De modo contrário, a plena capacidade de recarga dos mananciais subterrâneos somente será atingida com adoção de práticas de manejo sustentável de solo e de vegetação. A maximização do volume de água de recarga, em aquíferos, viabiliza a exploração da água subterrânea, bem como mantém o fluxo de base das drenagens superficiais.

Buscando entender melhor a dinâmica da paisagem, dando ênfase aos recursos hídricos, foi projetada esta pesquisa, cujo objetivo principal é buscar parâmetros para compreender a dinâmica hídrica superficial e subsuperficial e sua relação com uso e ocupação da bacia do alto curso do Rio Uberabinha. Para se chegar ao objetivo principal, serão necessários alguns levantamentos, que foram destacados como objetivos específicos, a saber: a) caracterizar fisicamente a área do alto curso do Rio Uberabinha; b) identificar e caracterizar o uso do solo, na área da bacia do Alto Uberabinha; c) identificar os processos geológicos, geomórficos, hidrogeológicos e hidrológicos, em curso na área de estudo; e d) relacionar os processos identificados com o nível de recarga da zona saturada freática.

A escolha do tema relacionado a recursos hídricos deve-se ao fato de que a água é um dos elementos que determinam a distribuição e a manutenção da vida, na Terra. Todos os seres vivos dependem dela. Isso pode ser constatado quando se analisam a evolução e a distribuição das civilizações, desde os tempos mais remotos. A disponibilidade de água potável é um dos fatores que têm determinado o progresso e a melhoria da qualidade de vida das aglomerações humanas.

A escolha da Bacia do Alto Uberabinha para esta pesquisa baseou-se na sua importância como manancial utilizado para o abastecimento da população de Uberlândia, o que ocorre por intermédio de duas ETAs (Estações de Tratamento de Água): a de Sucupira, localizada no alto curso; e a de Bom Jardim, localizada no médio curso. Este é um corpo d'água que requer atenção especial, dada a sua importância para o abastecimento urbano.

Nas últimas décadas, essa bacia hidrográfica passou por intensas transformações, relacionadas ao uso e à ocupação do solo. Até a década de 1970 ainda predominava a vegetação natural de Cerrado na bacia do alto e médio curso do rio Uberabinha, em suas diversas fitofisionomias, entrecortada por pecuária extensiva. Nesse período, as porções do alto curso, caracterizadas por relevo de chapada, e as superfícies levemente dissecadas do médio curso apresentavam uma boa qualidade ambiental. A prática da pecuária extensiva não causava grandes impactos ambientais.

A partir de 1970, com a chegada da silvicultura e, posteriormente, da monocultura, a Bacia do Alto Uberabinha passou a incorporar técnicas da agricultura “moderna”. O uso de intensa mecanização, a correção da acidez, a adubação química, o uso intenso de agrotóxicos e outras práticas resultaram no rompimento do equilíbrio dinâmico e alguns processos geomorfológicos e hidrogeológicos foram desencadeados e/ou acentuados.

Schneider (1996) já destacou a degradação ambiental dessa área, causada pelo uso e ocupação pós-1970. Segundo a autora, análises efetuadas em amostras de água do Rio

Uberabinha, em 1986 e 1987, acusaram a presença de resíduos de agrotóxicos em diferentes pontos do rio. Além da contaminação da água e da degradação dos sistemas úmidos, a bacia do Alto Uberabinha vem sendo palco de uma série de outros processos causados pela ação antrópica intensa e mal planejada.

A hipótese desta pesquisa é a de que a elevada capacidade de armazenamento de água em razão da grande espessura dos solos e das feições do relevo, especialmente na porção de chapada condiciona as características do escoamento de base que, por sua vez, determina a regularidade da vazão do rio Uberabinha. É possível que as dinâmicas hídricas superficiais e subsuperficiais estejam sendo modificadas pelo intenso uso e ocupação do solo, no alto curso do rio Uberabinha, a montante da Estação de Tratamento de Água de Sucupira, o que pode trazer conseqüências negativas para a recarga da sua zona saturada freática. Desse modo, essa situação interferiria na quantidade e qualidade da água destinada ao consumo humano, em especial aos moradores da cidade de Uberlândia (MG).

Para comprovar essa hipótese, foram caracterizados e quantificados os processos que interferem na dinâmica hídrica da área. A partir dos resultados obtidos, serão elaboradas alternativas e propostas para a utilização dos recursos hídricos, na bacia do Alto Uberabinha, com o intuito de resguardar água de qualidade e em quantidade para o abastecimento público de Uberlândia e, acima de tudo, promover a otimização da recarga dos aquíferos locais e regionais.

Para isso, serão destacados os estudos integrados dos recursos hídricos da área, levando em consideração a importância de se tomar a bacia hidrográfica como uma unidade de investigação, pelo seu caráter de sistema integrador dos diferentes elementos naturais e sociais. O estudo da bacia hidrográfica proporciona conhecimento sistemático e mais aprofundado sobre os condicionantes e os mecanismos nela atuantes.

Espera-se que com essa pesquisa, possa-se estabelecer parâmetros para buscar a sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos e o equilíbrio ambiental da paisagem na bacia do Alto Uberabinha.

O presente texto foi organizado em cinco capítulos. O primeiro destina-se à caracterização da área de estudo e revisão bibliográfica, resgatando os conceitos básicos utilizados na tese. No segundo capítulo, é realizada a descrição da metodologia, destacando a abordagem teórica e a metodologia operacional. No terceiro capítulo, são apresentados dados sobre a dinâmica hídrica, na bacia do Alto Uberabinha. No quarto capítulo, apresenta-se uma análise da evolução do uso e ocupação do solo, na Bacia do Alto Uberabinha. No quinto capítulo, são realizadas análises e discussões dos dados coletados. E, no sexto capítulo, apresentam-se as considerações finais.

Localização e caracterização geral da área: a Bacia do alto curso do Rio Uberabinha

A bacia do alto curso do Rio Uberabinha está localizada na mesoregião do Triângulo Mineiro, a montante da cidade de Uberlândia. Essa bacia abrange os municípios de Uberaba, na sua porção Norte, e a porção Sudeste do município de Uberlândia, ocupando níveis altimétricos entre 858 m e 978 m. (Fig. 1). O Rio Uberabinha é afluente da margem esquerda do Rio Araguari e, este por sua vez, compõe a bacia do Rio Paranaíba, um dos formadores da bacia do Rio Paraná.

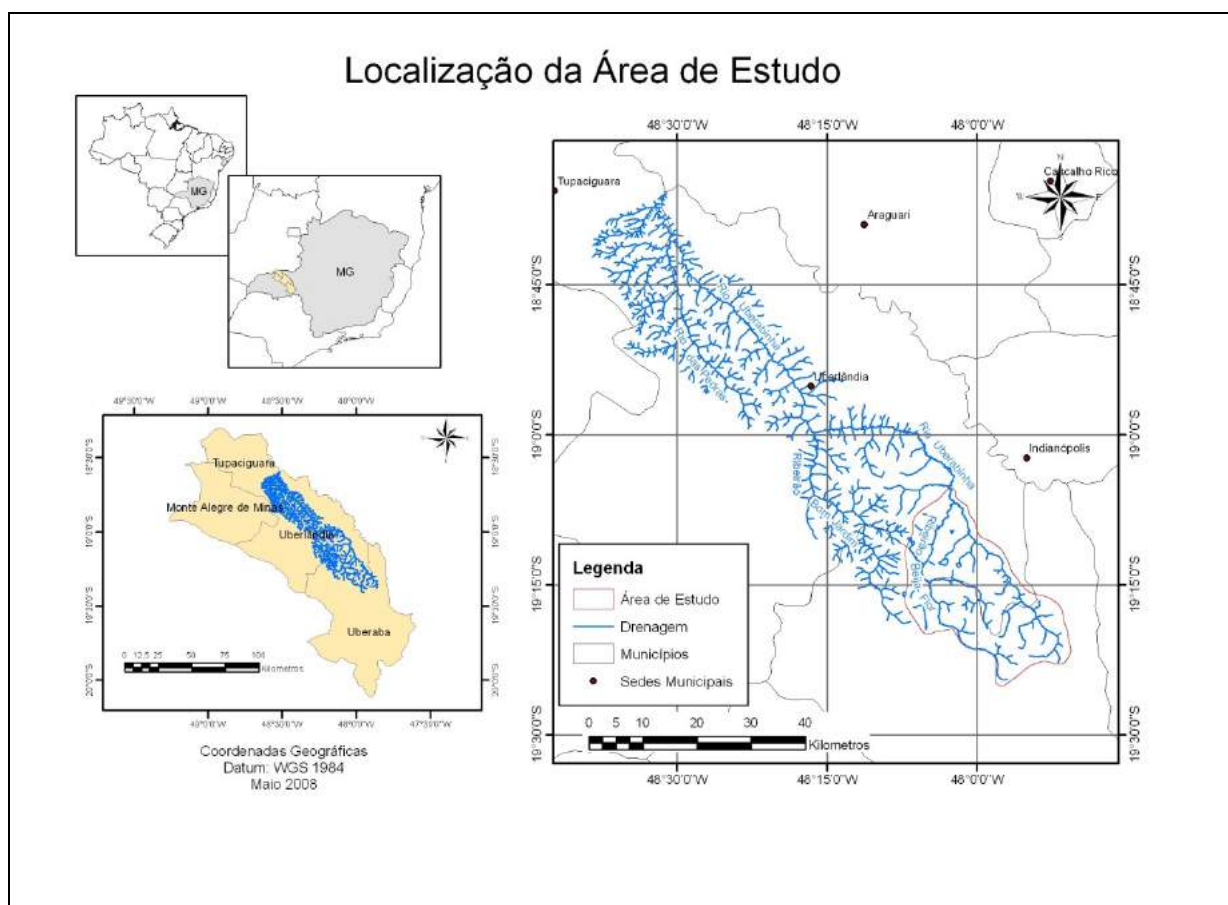


Figura 1. Localização da área de estudos e da bacia do Rio Uberabinha

A bacia do Alto Uberabinha está inserida no “Domínio dos chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas galerias” (AB’SABER, 1977) ou nos “Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná”, denominação introduzida pelo RADAMBRASIL (1983).

A estruturação das paisagens na bacia do Alto Uberabinha é relativamente recente, se forem levadas em consideração a escala geológica do tempo e as diversas alterações paleoclimáticas ocorridas na área.

Soares (2002) realizou um levantamento dos possíveis acontecimentos que se sucederam durante a evolução da paisagem, na porção NE da Bacia do Paraná, do qual depreende que a área em estudo é resultado de um longo processo evolutivo, e que o

conhecimento da história geológica e climática é a base para o entendimento da estruturação das paisagens. De certa forma, é a Geologia e as condições climáticas que controlam a evolução das formas de relevo, a pedogênese, a distribuição da rede de drenagem, os diferentes processos erosivos, a formação dos aquíferos subterrâneos, a distribuição da vegetação e outros elementos físicos que interferem na organização e ocupação das paisagens.

Hasui (1969) e Barbosa (1970), estudando a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, enumeraram uma sucessão de acontecimentos que teriam ocorrido no Oeste mineiro: sedimentação das camadas Araxá; metamorfismo e deformação das camadas Araxá; sedimentação das camadas Ibiá-Canastra; deformação e metamorfismo do Grupo Canastra; primeira fase de sedimentação das camadas Bambuí; deformação do rebordo ocidental da bacia; segunda fase de sedimentação das camadas Bambuí; importante fase tectônica, que provocou empurrões e rasgamentos, afetando os grupos Bambuí, Canastra e Araxá, durante o Paleozóico; contínua erosão até o Cretáceo, início da evolução do deserto Botucatu; início do vulcanismo Paraná, com extravasamento de lavas básicas, através de vulcanismo do tipo fissural, e intrusões, em forma de domo.

Segundo os autores mencionados, quando se iniciou o vulcanismo Paraná já estava formada a terça parte do Deserto Botucatu. A partir desse momento derrames e depósitos de areias eólicas sucederam-se, alternadamente. Findada a fase vulcânica da Bacia do Paraná sobrevem uma nova fase de sedimentação, iniciando-se com os tufos vulcânicos (Formação Uberaba) e o início da sedimentação do Grupo Bauru. Após a sedimentação da Formação Uberaba, um grande lago de água doce formou-se no Triângulo Mineiro e inicia-se a sedimentação da Formação Marília - Membros Ponte Alta e Serra da Galga.

Findada a sedimentação do Grupo Bauru, a região passa por lenta deformação (flexura lenta – Arco de Goiânia), o clima se altera e são formadas extensas pediplanações no

Terciário – Superfície Sul Americana de King (KING, 1956). Inicia-se um novo ciclo com a segunda deformação da superfície, época de calma tectônica; dissecação, laterização e nova pediplanação, resultando na Superfície Velhas (KING, 1956); mais duas pediplanações e laterizações originando as Superfícies Araxá e São Francisco (KING, 1956); dissecação linear vertical, resultando no relevo atual (BARBOSA, 1970).

Segundo Feltran Filho (1997), existem algumas hipóteses sobre a origem das chapadas, quando são analisadas as principais ocorrências geológicas, climáticas e geomorfológicas em sua evolução histórica. Segundo este autor, no Jurássico, a Bacia do Paraná sofreu grandes transformações proporcionadas por intenso derrame basáltico. Após o vulcanismo (basáltico), a Plataforma Sul Americana, no Brasil, passa por arqueamentos. O Soerguimento do Alto Paranaíba (SAP) e o Arco Bom Jardim de Goiás proporcionaram a formação de um embaciamento onde se depositaram, no Cretáceo, os sedimentos do Grupo Bauru. O Soerguimento do Alto Paranaíba e o conseqüente basculamento da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba teriam orientado a organização da rede de drenagem rumo ao vale do rio Paranaíba.

Feltran Filho (1997) destaca a existência de sedimentos mais jovens recobrando a maior parte do Triângulo Mineiro que, mapeados como Terciário e/ou Quaternário, trata-se de uma cobertura detrítico-laterítica ainda pouco estudada. Para Barbosa (1970) e Nishiyama (1989) estes sedimentos devem ser considerados como pertencendo ao Grupo Bauru.

Ab'Sáber (1977) e Novaes Pinto (1990) destacam que no Terciário, a região do Triângulo Mineiro passou de um clima árido, predominante no Cretáceo, para um clima mais úmido, no Cenozóico Inferior. A presença de maior umidade proporcionou erosão vertical, com aprofundamento dos vales, e a erosão horizontal promoveu um desnivelamento topográfico. Segundo esses autores, as oscilações climáticas no Cenozóico, associadas às oscilações epirogenéticas, deram origem a novos sistemas naturais, com a evolução das

vertentes e dos vales. Nesse período, há uma reorganização da rede de drenagem e a instalação dos principais rios da região em falhamentos preexistentes.

Seguindo a linha de pensamento dos referidos autores, a região passou por outra mudança climática no Plioceno. Há uma reativação tectônica e o clima passa a ser mais seco e mais frio. O lençol freático passa por rebaixamento lento e os canais fluviais aprofundam seus leitos e redefinem o nível de base local e a rede de drenagem já organizada. Já no Pleistoceno, em clima semi-árido e chuvas torrenciais, as rochas mais resistentes deram origem aos relevos residuais dos topos planos (chapadas) mais elevados, e aos residuais mais rebaixados topograficamente. No Pleistoceno Superior, o clima úmido e quente retrabalhou as vertentes e promoveu a deposição de grande quantidade de sedimentos nos cursos d'água, originando os terraços fluviais.

Para Novaes Pinto (1990), as condições do clima atual, com maior umidade, teriam se iniciado no Holoceno. A alternância climática entre estações seca e chuvosa acelerou o intemperismo químico, a verticalização do relevo e a erosão superficial. A maior quantidade de água no ambiente favoreceu, por meio da denudação, o rebaixamento topográfico e a intensa lixiviação, com a formação de camadas lateríticas.

De certa forma, é a geologia que controla a evolução das formas, os tipos de solo, a distribuição da rede de drenagem, os diferentes tipos de processos erosivos, a formação de aquíferos subterrâneos e outros elementos que interferem na organização e na ocupação das paisagens. Apesar do importante papel dos processos geológicos, na estruturação das paisagens, outros processos também são importantes nesse processo, tais como: a dinâmica climática, a morfogênese, a pedogênese e a ação antrópica.

A chapada Uberlândia/Uberaba, onde se encontra a área estudada, a Bacia do Alto Uberabinha, pode ser considerada uma área residual de um processo erosivo generalizado ocorrido no Terciário, denominado superfície "Sul-Americana". Como foi mencionado

anteriormente, a evolução geológica, por si só, não explica a origem e a estruturação das paisagens, através do tempo. Enquanto os eventos geológicos ocorriam, havia certas condições climáticas que também interferiam na evolução do modelado.

A geologia, na Bacia do Alto Uberabinha, está representada pela cobertura detrítico-laterítica, recobrando os arenitos da Formação Marília do Grupo Bauru. Subjacente aos Arenitos Marília estão presentes os basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento). A cobertura detrítico-laterítica que recobre as superfícies de topos planos é considerada, por muitos autores, como sendo formada de sedimentos mais jovens (Cenozóico), terciários ou quaternários, cuja identificação é controvertida. Radambrasil (1983) e Nishiyama (1989) mapearam essa cobertura como sedimentos do Terciário e/ou Quaternário. Feltran Filho (1997) considera que essa cobertura seja do Cretáceo. Para esse autor, os sedimentos encontrados recobrando o material considerado da Formação Marília são alterações *in situ* do próprio Marília.

Essa cobertura mais jovem quase sempre apresenta uma forma inconsolidada, de constituição bastante variável, desde níveis rudáceos até solos argilosos. Por isso, essas coberturas são de difícil caracterização quanto a sua origem e evolução.

Segundo Nishiyama (1989), nos topos dos chapadões, a Formação Marília apresenta-se, predominantemente, nas cores róseas e esbranquiçadas, com fácies argilosa ou siltosa, intercaladas por conglomerados ferruginosos e lentes de calcário.

Os basaltos da Formação Serra Geral afloram a partir do médio curso do rio Uberabinha, sendo o último derrame identificado no *nick point* da cachoeira de Sucupira, fora da área de estudo. Desse trecho, no sentido a jusante, o Rio Uberabinha estabelece o seu leito sobre os basaltos, até desaguar no remanso do lago da hidrelétrica de Itumbiara, no Rio Araguari.

Assim como a geologia, o clima é outro fator importante na estruturação das paisagens. O clima da área estudada é tropical, com dois períodos bem definidos: um seco no inverno e outro chuvoso no verão; característica mais marcante que define o clima da região como tipicamente tropical. Feltran Filho (1997) analisou o clima do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba com base nos dados de temperatura e de precipitação de 15 anos, em diferentes localidades e altitudes. Com base nos seus relatos, as massas de ar que exercem maior influência na região são a Tropical e a Polar Atlântica.

Segundo o autor, a Tropical Atlântica domina a região no verão, de setembro a março, quando ocorre a concentração das precipitações, graças ao aquecimento continental, que causa instabilidade do tempo na região e que, ao mesmo tempo, inibe o avanço da massa polar. No inverno, de abril a agosto, o tempo fica estável, com céu limpo e intensa radiação solar. A umidade do ar, nessa estação, é baixa, os dias são quentes, as noites mais frias; além disso, ocorre o avanço e a penetração da massa Polar, provocando chuviscos ocasionais.

Outro aspecto importante está relacionado à intensidade das chuvas. Chuvas excepcionais foram registradas em meses em que, normalmente, o volume de precipitação é menor. Essas chuvas mais intensas, se ocorrem no início do período chuvoso, causam graves danos ao meio ambiente, pois é nessa época que os solos estão sendo preparados para o plantio. Com os solos expostos, as chuvas torrenciais desencadeiam e aceleram processos erosivos, com destaque para a intensificação de erosão laminar. Esses fatos evidenciam que as chuvas podem ser consideradas um agente importante nos processos morfogenéticos e na estruturação da paisagem.

Os eventos climáticos atuantes, o material de origem, o tempo geológico, o relevo e os organismos são os fatores principais que determinam a pedogênese e a evolução dos solos. Estes vão condicionar o desenvolvimento das espécies da flora e da fauna.

Na área de estudo, encontram-se, predominantemente, os Latossolos Vermelho-Amarelos, que são originados das rochas sedimentares da Formação Marília. Entre estes solos são encontrados espessos pacotes de solos hidromórficos, Gley Húmico Álico e Distrófico (FELTRAN FILHO, 1997), que margeiam os cursos d' água e ocorrem nos topos planos em lagoas e em campos de murundus.

A vegetação natural da bacia do Alto Uberabinha foi bastante alterada. No que ainda restou da vegetação natural, são encontrados remanescentes de matas, de Cerrado *Stricto-sensu* e das diferentes fisionomias do Cerrado. As matas ocorrem associadas aos cursos d'água, próximas às suas margens e no entorno das cabeceiras dos cursos d'água, freqüentemente relacionadas a solos com maior disponibilidade hídrica e com maior fertilidade natural.

O Cerrado, no seu sentido restrito, com árvores tortuosas de porte médio a baixo, com cascas grossas, foi quase totalmente substituído pela agricultura. Restam algumas áreas remanescentes nas reservas legais das propriedades e em uma reserva estadual – “Horto Florestal de Eli”, nos divisores das bacias do Uberabinha, do Beija-Flor e do Rio Claro.

As fitofisionomias Campo Cerrado e Campo Sujo, formações florestais compostas por gramíneas densas e arbustos esparsos, também estão representadas na área de estudo. Elas ocorrem como cobertura dos campos de murundus – os sistemas úmidos associados à superfícies planas das chapadas com ou sem lagoas temporárias e às margens dos cursos d'água. Outra fitofisionomia do Cerrado, presente na área de estudo, é o Campo Limpo, que recobre os campos de várzea, os campos higrófilos e os campos de murundus. Os Campos Limpos são encontrados também, sazonalmente, nas lagoas temporárias ou em processo de ressecamento por drenos artificiais.

Atualmente a cobertura vegetal predominante na bacia do Alto Uberabinha é originária da ocupação antrópica, representada pela silvicultura de *pinus* e eucalipto, pelas culturas anuais (soja, milho, cana-de-açúcar) e pelas pastagens plantadas.

Na área estudada podem ser identificados, pelo menos, dois arranjos paisagísticos definidos com base na compartimentação topográfica, na composição e uso da estrutura superficial da paisagem e na sua dinâmica: a “superfície de chapada”, superfícies quase planas com pequeno desnível topográfico, entrecortada por canais fluviais, e áreas onduladas com planícies aluvionares.

Segundo Schneider (1996), a chapada ocupa quase a totalidade da área de estudo. Morfologicamente, ela se caracteriza pela homogeneidade fisionômica dada pela topografia muito plana, típica dos chapadões, onde os largos interflúvios ocorrem entre canais de drenagem rasos, cujas vertentes apresentam declividade menores que 2%, com amplas áreas hidromórficas, bastante espaçadas entre si.

As chapadas, conforme a designação dada por Schneider, 1996, são caracterizadas por superfícies tabulares originadas do desenvolvimento de feições erosivas sobre camadas horizontais de rochas sedimentares do Grupo Bauru, superpostas aos derrames basálticos.

A estruturação geológica da área das chapadas favoreceu a permanência das formas tabulares, pouco trabalhadas pela erosão. Esse fato é claramente percebido nas bordas escarpadas, ravinadas e festonadas que a delimitam. Fácies conglomeráticas e carbonatadas da Formação Marília e níveis limoníticos retardam a ação erosiva da borda escarpada pelas águas pluviais.

Os limites das áreas de topos planos (chapadas) são de difícil delimitação ao Sul, onde o divisor das águas das bacias do Rio Uberabinha, do Ribeirão Beija-Flor, do Ribeirão da Rocinha e do Rio Claro é caracterizado como uma área extremamente plana.

Nos locais em que ocorreram as capturas de drenagem atribuídas ao Rio Tijuco e seus afluentes, na borda Sudoeste da chapada, percebe-se os efeitos da erosão, que avança na direção das superfícies tabulares. Graças ao gradiente hidráulico, extremamente diferenciado, a energia recebida pelo Rio Tijuco, após a captura de um curso d'água da superfície de chapada, é muito superior à energia do topo da chapada, onde os cursos d'água ainda estão entalhando e definindo o seu talvegue, a exemplo do Ribeirão Beija-Flor e do próprio Rio Uberabinha.

Por meio da interpretação das imagens de satélite da área, percebe-se que a erosão da borda da chapada é o principal processo responsável pela redução das superfícies das chapadas. A ação da erosão sobre as superfícies tabulares pode ser evidenciada pelas diversas capturas de drenagem que já ocorreram, ou estão em pleno desenvolvimento.

A erosão remontante, nas bordas dos chapadões, com grande poder erosivo e de transporte de sedimentos, desgasta com maior rapidez os profundos horizontes de solos, capturando também o nível freático local. A nova configuração da drenagem que se estabelece com a captura de um curso d'água, cria um desnível topográfico acentuado entre as duas drenagens nas bordas escarpadas, o que favorece a escavação profunda das camadas sedimentares da Formação Marília. A partir desse processo, a erosão remontante avança sobre os pacotes sedimentares e, assim, reduz a distribuição areal das chapadas. A ação da erosão remontante, nas bordas das chapadas, e as capturas de drenagem evidenciam que essas superfícies já foram bem maiores do que se apresentam hoje.

Segundo King (1956) apud Feltran Filho,

Os topos das chapadas representam os testemunhos mais preservados de um processo erosivo generalizado, ocorrido no Terciário, denominado de superfície 'Sul Americana'. (1997, p.24)

O processo de captura superficial e subterrânea pode resultar na diminuição da vazão dos cursos d'água da superfície da chapada. Por outro lado, irá aumentar o volume de água nos cursos capturantes.

A superfície da chapada do Uberabinha possui relevo tabular a suavemente ondulado, com interflúvios amplos os quais originam vertentes longas e suavemente convexizadas. Os vales são rasos e ocupados por extensos campos úmidos, onde ocorrem os solos hidromórficos e orgânicos. Campos de murundus ocorrem em áreas depressionárias, ou margeando os canais fluviais. Ocorrem lagoas, conectadas ou não à rede de drenagem local, que é esparsa e apresenta uma densidade pequena de canais. Geralmente, as nascentes ostentam uma forma semi-circular e ocorrem em áreas levemente deprimidas que, pela composição argilosa de seu substrato, possibilitam a concentração de água sob a forma de pequenas lagoas ou campos úmidos.

De um modo geral, na Bacia do Alto Uberabinha, os canais de drenagem subsidiários apresentam o padrão predominantemente retilíneo; porém, o Rio Uberabinha ostenta, na área de estudo, o padrão meandrante. A rede fluvial apresenta formas geométricas retangulares, com ângulo reto na confluência do rio principal com a maioria de seus afluentes.

Em alguns trechos, a drenagem principal assenta-se sobre camadas limoníticas e linhas de seixos, originando, nesses trechos, maiores velocidades de corrente. Em grande parte do ano, os cursos d'água que fazem parte da bacia do alto curso do Rio Uberabinha apresentam reduzida turbidez, em razão da baixa concentração de sedimentos.

As áreas úmidas são feições comuns na área de estudo. Preferencialmente, essas áreas localizam-se nas porções topograficamente mais elevadas, onde predomina o relevo suave, e nas vertentes fluviais, circundando os cursos d'água. As áreas úmidas são caracterizadas por extensas superfícies nas quais se verifica a saturação hídrica permanente, em razão da exsudação da água da zona saturada. As áreas úmidas assumem feições diferenciadas na área

de estudo: campos de murundus de topo, associados ou não a lagoas temporárias; campos de murundus de encosta e campos de várzea.

Durante o verão, em razão do elevado índice pluviométrico que incide entre novembro e março, verifica-se elevação do nível do nível freático e conseqüente formação das lagoas intermitentes, associadas a campos de murundus. Porém, no período de secas, que se estende de abril a setembro, com o rebaixamento gradual do nível freático, as lagoas desaparecem do cenário local. Suas formas são predominantemente circulares; porém, podem mostrar contornos ovalados quando não estão conectadas à rede de drenagem e em forma de pingente quando estão conectadas à rede de drenagem. Tais lagoas intermitentes desenvolvem bordas suaves e fundos chatos e apresentam acúmulo de matéria orgânica vegetal, em seus interiores.

Schneider (1996) e Feltran Filho (1997) realizaram estudos detalhados das lagoas temporárias, associadas a campos de murundus. Para os referidos autores, o estudo da estrutura, origem e evolução é um importante fator para o conhecimento da evolução dos topos das chapadas, uma vez que partem do pressuposto de que a esculturação do modelado se deu a partir da sua formação. Feltran Filho (1997) destaca que as lagoas já foram objetos de estudos de diversos pesquisadores. Mas, até hoje, a gênese de suas formações ainda não está totalmente esclarecida.

Nishiyama (1989) e Schneider (1996) associaram a origem dessas lagoas a uma gênese geoquímica. As depressões seriam originadas da dissolução de rochas carbonáticas em profundidade, o que provocou o abatimento das camadas superiores. Para RADAMBRASIL (1983) *apud* Feltran Filho (1997), as depressões de topo são resquícios de uma drenagem endorréica, formada em clima mais seco, com pouca quantidade de água, localizada em superfície de difícil escoamento.

Schneider e Silva (1991) fazem uma relação entre o enchimento das lagoas e o nível do lençol freático. De maio de 1988 a dezembro de 1990, os autores mensuraram os níveis do lençol freático próximo a uma lagoa localizada nas cabeceiras do Córrego Fortaleza, afluente da margem direita do rio Uberabinha. Os dados obtidos mostraram uma íntima relação entre os períodos secos e chuvosos. Concluíram os pesquisadores que o nível de água nas lagoas depende, diretamente, da oscilação do lençol freático.

Para Feltran Filho (1997), é prematuro afirmar que apenas a oscilação do nível freático é responsável pela presença ou não de água nas lagoas. Segundo esse autor, devem ser considerados outros aspectos como o escoamento superficial e as diversas etapas de evolução dessas feições.

Outra feição predominante nas áreas de Campos Hidromórficos são os campos de murundus, também regionalmente chamados de covoais, podendo ser encontrados nas depressões dos topos, nas cabeceiras de drenagem e nas margens dos cursos d'água. Eles são caracterizados por elevações arredondadas que vão de alguns centímetros a mais de um metro de altura, regularmente distribuídos no terreno, dando ao relevo uma característica de pequenos montículos, circundados por áreas planas e mais baixas. Segundo Schneider (1996), os “covoais” destacam-se na paisagem plana, graças aos seus aspectos “encalombados” ou rugosos. Nas áreas de murundus, a vegetação predominante é composta por gramíneas e ciperáceas, sendo que, nos montículos, dependendo da altura do murundu, há a possibilidade de desenvolvimento de arbustos e árvores de pequeno porte.

Schneider faz uma descrição dos campos de murundus que ocorrem nas depressões fechadas nos topos das camadas tabulares.

(...) ocorrem em depressões rasas, que nesta área variam de centenas a milhares de metros de diâmetro, de fundo plano, fechadas, arredondadas ou alongadas, sujeitas à inundação sazonal decorrente da elevação. Fazem lembrar dolinas rasas de aspecto enrugado pelos montículos que, em geral, circundam a área central mais deprimida e plana. Elas normalmente

tornam-se alagadas no final da estação chuvosa, quando apenas os murundus afloram na superfície como ilhotas. Não raro ocorrem mini depressões dentro dessas maiores onde formam-se lagoas arredondadas temporárias, com diâmetro que variam de dezenas a centenas de metros. Segundo nossas verificações de campo, essas pequenas lagoas ocorrem sobre bancadas de concreções ou couraças ferruginosas em subsuperfície. (1996, p.44)

Os campos de murundus também são feições comuns nas extensas planícies de inundação do rio Uberabinha. De maneira semelhante àqueles situados nos topos planos, estes também passam por encharcamentos sazonais relacionados às oscilações do nível do lençol freático. No período seco do ano, os campos de murundus ficam completamente expostos, porém, no período chuvoso, sofrem alagamento que os deixam parcialmente submersos.

Penteado-Orellana (1970), em seu estudo “*Microrrelevos associados a térmitas no Cerrado*”, destaca que a origem das microformas, denominadas murundus, está relacionada com as oscilações climáticas do Quaternário. Segundo a autora, numa primeira fase, sob clima seco acentuado ou semi-árido, ocorreu a pediplanação de antigos assoalhos aluviais e a formação de depósitos correlativos. Na segunda fase, com o retorno da umidade, sob clima tropical, ocorreu o início da incisão vertical dos canais e preenchimento do antigo vale por sedimentos finos argilo-arenosos; sendo a primeira fase de instalação dos cupins sobre as encostas. Em uma terceira fase, com o retorno do clima árido ou semi-árido, voltou a predominar o intemperismo mecânico, degradando os depósitos feitos na fase úmida anterior e formando rampas de colúvio nas bordas das planícies aluviais. Esse ambiente seria propício para a instalação dos termiteiros. Com o retorno da umidade (época atual) a pedogênese volta a predominar, assim como a verticalização dos vales. Nesse período, a erosão passa a recortar antigas rampas em torno de árvores do cerrado, cujas raízes e/ou cupinzeiros funcionavam como ‘cimento orgânico’, proporcionando maior resistência à erosão, originando os montículos. Segundo a autora:

De acordo com essa análise evolutiva os montículos 'murundus' nada mais são do que antigas rampas coluviais e paleossolos, seccionados por reentalhamento erosivo comandado pelo aprofundamento do canal principal, a partir da instalação da atual fase úmida mais ou menos de 2.500 anos atrás. (1970: 66-67)

A origem desses campos pode estar associada à origem das lagoas temporárias. Ambos estão localizados em áreas levemente deprimidas, com formas circulares ou alongadas. A presença dos solos hidromórficos e orgânicos, em ambas as feições, indicam a presença da água na maior parte do ano, evidenciando a sua influência nas transformações físico-químicas dos constituintes dos solos e das rochas do local.

Os sedimentos da Formação Marília, presentes na área, apresentam níveis com cimentação carbonática e camadas de calcário. Diante desse fato, as depressões podem ser originárias de abatimentos das camadas superficiais, devido à dissolução do carbonato de cálcio das litologias sedimentares subjacentes. Na área de ocorrência das depressões, assim como na maior parte da área estudada, os solos são bem estruturados, possuem boa porosidade e permeabilidade, de maneira que a água percola com facilidade, até atingir as litologias sedimentares subjacentes e, assim, possibilita os processos geoquímicos de dissolução dos carbonatos, em profundidade.

A origem dos montículos, nos campos de murundus, foi bastante discutida em Schneider (1996). A autora procurou, com base em trabalhos prévios, realizados por Araújo Neto (1981) e Oliveira Neto (1988), fazer uma correlação entre esses trabalhos e os campos de murundus da bacia do Rio Uberabinha. Sintetizando as observações da referida autora, a origem dos montículos está relacionada a três possíveis origens: os murundus seriam originários de pequenas elevações residuais em vertentes que, posteriormente, teriam sido colonizadas por insetos (térmitas); a origem dos montículos estaria relacionada à ação de cupins (térmitas) que acumularam, sobre a superfície, o material retirado para a construção dos termiteiros; o murundu é o resultado de um processo cumulativo, oriundo do trabalho das

primeiras formigas e cupins, proporcionando certa base estrutural para a instalação e construção de novos termiteiros que, ao final desse processo, dão a forma ao montículo.

Os campos de murundus estão associados a áreas com predominância de argila, em cores que variam de cinza claro a branca resultante da hidromorfia. Por serem áreas com drenagem deficiente, pela baixa permeabilidade das camadas de solo ou rochas subjacentes, são consideradas áreas que acumulam água na superfície.

São encontradas, também, outras feições de campos úmidos, nas áreas mais elevadas do modelado. Existem amplas superfícies úmidas, as quais podem estar localizadas próximas às nascentes ou margeando os cursos d'água. Essas áreas são compostas, basicamente, do mesmo material argiloso e gleizado, encontrado nos outros sistemas úmidos.

Borges (2001), em estudo da gênese dos latossolos das chapadas do Oeste Mineiro, destacou que as principais características morfológicas estão relacionadas com a acentuada espessura vertical do perfil; homogeneidade de cor e textura entre os horizontes; textura muito argilosa; estrutura granular pequena no horizonte A1 e em blocos subangulares grandes e muito grandes, para os demais horizontes; e porosidade expressiva, apresentando pedotubos no horizonte A1.

Ainda segundo Borges (2001), as pesquisas de Frascoli (2000), EMBRAPA (1982), Neufeldt (1989) e Corrêa (1989), nas áreas de topo das chapadas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em altitudes acima de 900 m, mostraram uma certa correlação quanto às características morfológicas, físicas e química dos solos. Ambos classificaram os solos dos topos das chapadas do Oeste Mineiro como Latossolos Vermelho-Amarelos (EMBRAPA, 1999), em altitudes acima de 900 m, e como Latossolos Vermelho distróficos (EMBRAPA, 1999), em altitudes abaixo de 900 m, sendo que a única característica morfológica que difere esses tipos de solos diz respeito à cor; as demais características são similares. Estes solos têm

como minerais predominantes na fração argila a caulinita, a gibsitita e, em proporções menores, a hematita e a goethita (Borges, 2001).

Os solos das chapadas do Oeste Mineiro são muito argilosos, apresentando cerca de 60% de argila nos horizontes superficiais e em torno de 80% de argila nos horizontes mais profundos (Feltran Filho, 1997). São solos ácidos e pobres em nutrientes, com pH oscilando entre 4,0 e 5,8 e crescente em profundidade. Segundo o autor acima, estão presentes os solos Gley Húmico Álico e Distrófico (Glei pouco Húmico Álico, EMBRAPA, 1999), nas margens dos cursos d'água e nos campos úmidos de topo.

Borges (2001) propôs uma seqüência de eventos que teriam proporcionado a formação dos solos das chapadas do Oeste Mineiro. Segundo a autora, ao final do Cretáceo, graças ao soerguimento generalizado da área, cessa a sedimentação da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo que esse processo foi mais intenso na porção marginal da bacia, incluindo áreas pré-cambrianas adjacentes. Esse soerguimento, possivelmente, teria ocorrido no início do Terciário (Paleoceno). Em um clima seco, o conjunto formado pelas rochas cristalinas dos Grupos Araxá e Canastra; sedimentar das Formações Marília e Uberaba (Grupo Bauru); e eólicas da Formação Botucatu e ígneas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), após o soerguimento epirogenético, passou a fornecer sedimentos para porções mais internas da bacia, que atualmente constituem a cobertura cenozóica da chapada Uberaba-Araguari. Com o retorno do clima úmido, a área passa a receber sedimentos de natureza flúvio-lacustres completando a sedimentação terciária. A autora destaca que os atuais solos das chapadas do Oeste Mineiro resultam da pedogênese desses sedimentos.

1. REVISÃO CONCEITUAL

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi necessário fazer um resgate de conceitos básicos relacionados aos estudos hidrológicos. Coelho Netto (1995) destaca que os estudos hidrológicos são de natureza interdisciplinar e que vêm despertando o interesse de diversos especialistas em áreas do conhecimento, graças à necessidade de buscar as bases para a previsão, não apenas de processos hidrológicos, mas também de outros fenômenos associados, como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes, estabilidade das encostas, quantidade e qualidade da água, entre outros.

Em razão de, nesta pesquisa, terem sido destacados os movimentos da água na bacia hidrográfica do Alto Uberabinha, a revisão conceitual tratará dos componentes do ciclo hidrológico e das principais características de uma bacia hidrográfica, destacando o papel da bacia hidrográfica como unidade sistêmica de planejamento e gestão.

1.1. O Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico representa o comportamento natural da água em relação a sua ocorrência, circulação e distribuição na Terra, assim como as relações e transformações que

condicionam a evolução da vida no planeta. A água é o componente fundamental para a dinâmica da natureza, participando, dinamizando e impulsionando todos os ciclos ecológicos.

O conceito de ciclo hidrológico, que surge apenas no século XVII, é universal, e sua origem é de difícil elucidação. Sabe-se que o homem sempre foi dependente da água e que ela sempre foi força propulsora de toda a humanidade.

Antes disso, no século XVII, pensava-se que as águas que brotavam nas nascentes não poderiam ter sua origem relacionada às precipitações, pois a quantidade de água precipitada não seria suficiente para abastecer as nascentes e as formações superficiais eram consideradas impermeáveis, não permitindo a infiltração das águas pluviais. Posteriormente, surgiram outras teorias que defendiam a existência de cavernas subterrâneas que abasteciam as fontes; e outras, que defendiam a idéia de que as fontes eram abastecidas pelos oceanos, através de canais subterrâneos. O italiano Leonardo Da Vinci (1452-1519) e o francês Bernard Palissy (1509-89) criaram a Teoria da Infiltração e as bases para o conceito de ciclo hidrológico. Posteriormente, Pierre Perrault (1608-80) consegue medir a transformação da precipitação em vazão, estimando a vazão do Rio Sena como sendo de 1/6 da precipitação da bacia. (www.wikipédia.org).

A partir de então, o conceito de ciclo hidrológico foi sendo estudado, até ser universalmente conhecido e aceito. Atualmente, o ciclo hidrológico representa todos os caminhos percorridos pela água no planeta, e nessa representação são descritos todos os processos, inclusive a possibilidade de quantificação da água envolvida.

A Hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, desde sua composição química e suas propriedades físicas até suas relações com a distribuição da vida. Dessa forma, a Hidrologia é uma ciência que mantém uma interface com as demais ciências naturais, como a Climatologia, a Geomorfologia, a Geologia, as Engenharias, a Geografia, o Planejamento, o Paisagismo, a Pedologia, a Agronomia, a Biologia, entre outras. Essa gama de áreas afins

evidencia a importância do conhecimento dos processos hidrológicos na previsão e solução de problemas ambientais diversos.

A água ocorre na natureza nos estados líquido, sólido e gasoso. A água líquida é importante nos estudos hidrológicos e participa da maior parte dos processos que compõem o ciclo hidrológico. A água, nesse estado está presente na atmosfera, formando as precipitações; na superfície é encontrada nos oceanos e corpos d'água e, em subsuperfície, está na solução do solo e nos aquíferos subterrâneos. No estado sólido, a água compõe as geleiras da Terra e as precipitações de neve e granizo. No estado gasoso, a água é encontrada na atmosfera e, próxima à superfície, na forma de neblina. (Fig 2).

Segundo Coelho Neto (1995), os oceanos constituem importantes reservatórios de água, armazenando 97% das águas da Terra; as geleiras são formadas por aproximadamente 2,1% de água, sendo que as águas subterrâneas totalizam 0,7%. Dos 0,2% de água restantes, 0,016% vão compor os lagos doces e salinos, 0,005% correspondem à umidade do solo; na atmosfera encontra-se 0,001%; na biosfera, cerca de 0,002% e os rios representam 0,00009% da água da Terra. O total de evaporação da água da Terra e o total precipitado são equivalentes, mostrando que não há perdas no balanço hídrico global.

O ciclo hidrológico traduz os movimentos e as mudanças de estado da água, cujos fenômenos básicos são a evaporação e a precipitação. Segundo Braga et al (2005), a umidade atmosférica é repostada em média quarenta vezes por ano, implicando um tempo de residência dessa umidade de aproximadamente nove dias. A velocidade de troca no ciclo hidrológico é muito grande. Nos oceanos, a evaporação excede a precipitação e, nos continentes, ocorre o oposto, evidenciando que grande parte da água da chuva, nos continentes, tem sua origem na evaporação dos oceanos. Essa circulação que ocorre com o vapor de água é de fundamental importância para o clima de diversas regiões, pois dela depende a distribuição da precipitação, nas diversas partes do mundo.

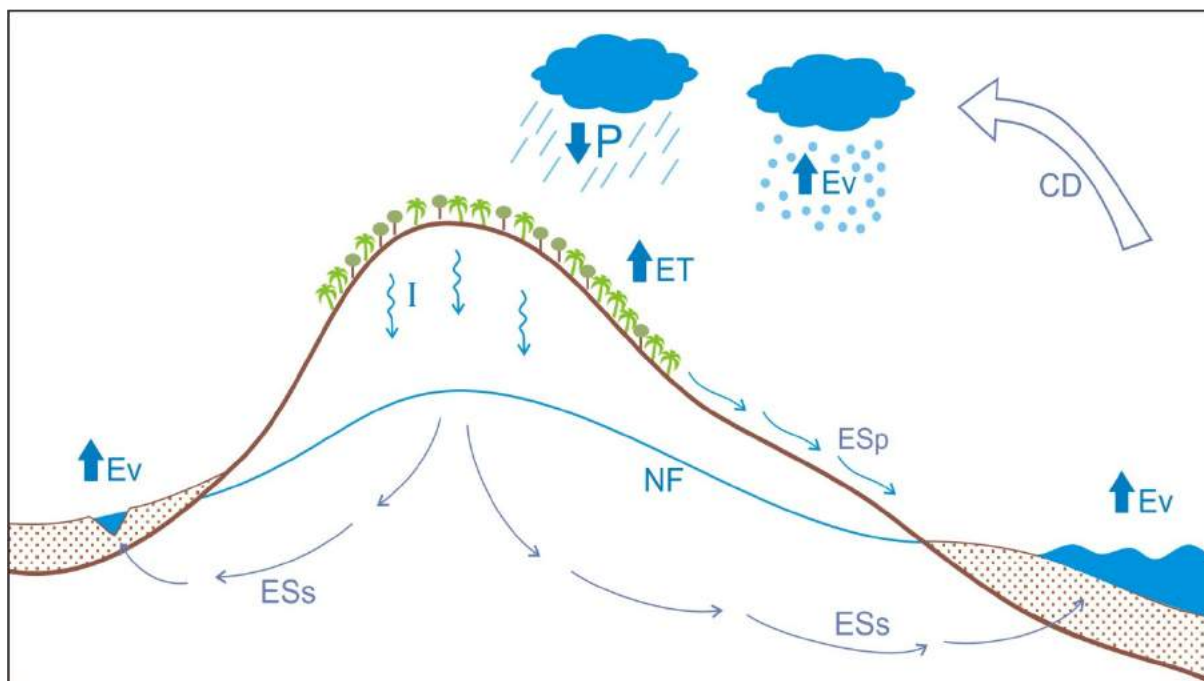


Figura 2. Ciclo hidrológico. Ev = evaporação; ET = evapotranspiração; CD = condensação; P = precipitação; I = infiltração; ESs = escoamento subsuperficial; ESp = escoamento superficial; NF = nível freático. Adaptado de COELHO NETO, 1995.

Chorley (1978) destaca que Horton (1933) foi o primeiro estudioso a definir na totalidade, o modelo clássico da hidrologia de encostas, nos termos de sua teoria de escoamento superficial. A visão central de sua análise era a de que a superfície do solo atua com uma peneira, capaz de separar precipitação em dois componentes:

The surface of a permeable soil acts like a diverting dam and head-gate in a stream... with varying rain-intensity all of the rain is absorbed for 4 intensities not exceeding the infiltration capacity, while for excess rainfall there is a constant rate of absorption as long as the infiltration capacity is unchanged. As in the case of the dam and head-gate, there is usually some pondage which remains to be disposed of after the supply to the stream is cut off, so in the case of infiltration, surface-detention remains after rain ends. Infiltration divides rainfall into two parts, which thereafter pursue different courses through the hydrological cycle. One part goes via overland flow and stream-channels to the sea as surface runoff. The other goes initially into the soil and thence through the groundwater flow again to the stream or else returned to the air by evaporative processes. The soil therefore acts as a separating surface and the author believes that various hydrologic problems are simplified by starting at this surface and pursuing the subsequent course of each part of the rainfall as so divided, separately (CHORLEY, 1978, p.1).

1.1.1. A precipitação

A precipitação, a partir do momento que atinge o solo, é o elemento básico em estudos hidrológicos. Ela pode se dar em forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Mas são as precipitações em forma de chuvas que mais contribuem para o regime hidrológico de uma região.

As precipitações têm sua origem na umidade atmosférica, segundo processo de circulação dessa umidade. O ar úmido da parte inferior da atmosfera é aquecido por condução, torna-se mais leve e sobe. Essa ascensão faz com que o ar se resfrie em cerca de 1°C a cada 100 m, até atingir o nível de condensação. Dependendo das condições, e com a existência de núcleos higroscópicos, o vapor d'água condensa, formando minúsculas gotas em torno desses núcleos. Essas gotas permanecem em suspensão até crescerem o bastante para vencer a resistência do ar e se precipitarem. (VILLELA, 1975).

O conhecimento da distribuição e das variações das precipitações, no tempo e no espaço, é um fator importante para os estudos hidrológicos. Esses dados são utilizados para se determinar o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. A precipitação média sobre uma bacia pode ser calculada, utilizando-se os seguintes métodos: o método aritmético, o método de Thiessen e o método de isoietas (VILLELA, 1975). O método aritmético é o mais simples e pode ser utilizado em áreas de relevo suave, cujas medidas variam pouco, sendo a aparelhagem distribuída, uniformemente, pela bacia. Esse método determina a média aritmética entre as diversas quantidades medidas na área de estudo.

O método de Thiessen é utilizado quando há uma distribuição igualitária dos equipamentos de medida de chuva. São atribuídos pesos para os totais de chuva recolhidos em cada aparelho, com base na área de influência de cada um. São elaborados mapas da bacia

onde as áreas de influência são demarcadas e os pontos adjacentes são unidos por linhas retas e, depois, são traçadas mediatrizes dessas retas, originando os polígonos, cujos lados são os limites das áreas de influência de cada ponto de medida de chuva. A precipitação média é calculada pela média ponderada entre a precipitação de cada ponto e o peso a ela atribuído (VILLELA, 1975). A fórmula pode ser expressa da seguinte forma:

$$\bar{h} = \frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i}$$

sendo,

$\bar{h}$ – precipitação média

$\sum A_i$ – Área total da bacia

P_i – precipitação de cada ponto

A_i – Área de influência de P_i

Segundo Villela (1975), o método das isoietas é o mais preciso para calcular a precipitação média de uma bacia hidrográfica. Nesse método, são necessários mais pontos de medidas de chuvas, para determinar as curvas de igual precipitação. Para calcular a precipitação média sobre a área estudada, deve-se ponderar a precipitação média entre as isoietas (curvas de igual precipitação). Assim, é calculada a média entre duas isoietas sucessivas, multiplicando pela área entre as isoietas e dividindo pela área total, ou seja:

$$\bar{h} = \frac{\sum \left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right) A_i}{A} \quad \text{sendo,}$$

h_i : valor da isoieta de ordem i

h_{i+1} : valor da isoieta de ordem $i+1$

A_i : área entre duas isoietas

A : área total

A precipitação que cai sobre a superfície terrestre toma caminhos diversos. A maior parte fica, temporariamente, retida no solo onde caiu, e retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Uma parte da precipitação escoar pela superfície do terreno ou através do solo para os rios, e o restante infiltra-se até chegar aos lençóis subterrâneos.

Segundo Coelho Neto (1995), a precipitação é um importante fator-controle do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, da regulação das condições ecológicas e geográficas de uma determinada região. As quantidades relativas de precipitações (volume), seus regimes sazonais (distribuição) e as intensidades das chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam o planejamento ambiental, em bacias hidrográficas.

As precipitações podem ser medidas por meio de pluviômetros (Fig. 3) ou pluviógrafos. Os pluviômetros são instrumentos cilíndricos, coletores de chuvas que se precipitam sobre a área do anel superior do cilindro, durante intervalos regulares de tempo. A quantidade de água acumulada no interior do cilindro é lida com a ajuda de provetas graduadas.

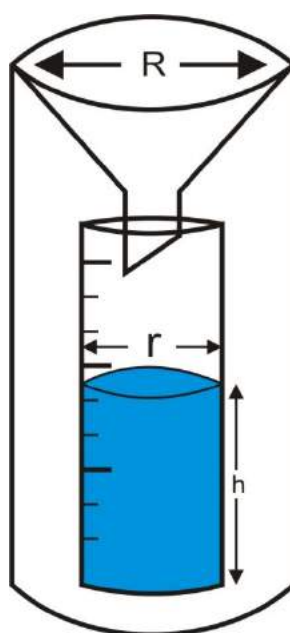


Figura 3. Pluviômetro

Fonte: Adaptado de COELHO NETO, 1995.

É utilizada a seguinte fórmula, para calcular a precipitação:

$$P(\text{mm}) = r^2 \frac{h}{R}$$

Sendo que:

P: altura de precipitação (mm)

R: raio de pluviômetro

r: raio da proveta

h: altura da coluna d'água na proveta.

Os pluviógrafos são instrumentos gráficos automatizados que registram, continuamente, as alturas de chuvas, sua distribuição no tempo e intensidade (altura/tempo) (COELHO NETO, 1995).

Parte da precipitação pode ser interceptada pela vegetação e retornar para a atmosfera por evapotranspiração, durante e após as chuvas. Outra parte pode atravessar as copas das árvores e arbustos e atingir o solo e, ainda, uma parte pode escoar pelos troncos (Fig. 4).

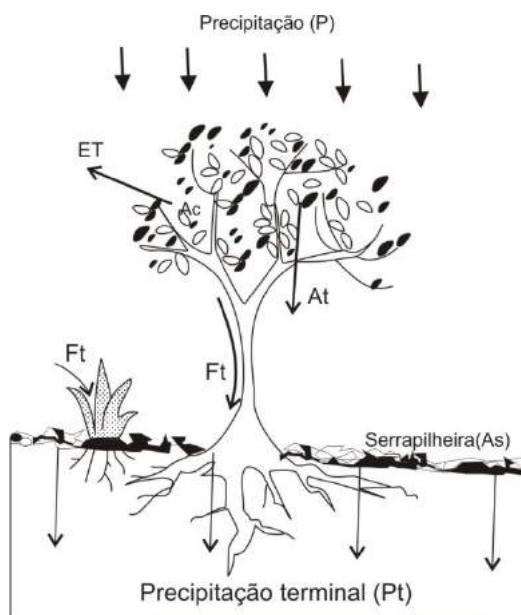


Figura 4. Componentes da interceptação: P = precipitação; ET = evapotranspiração; Ac = armazenamento nas copas; At = atravessamento das copas; e Ft = fluxo nos troncos. Adaptada de COELHO NETO (1995).

1.1.2 A evaporação e evapotranspiração

A evaporação e evapotranspiração são fatores importantes para o balanço hídrico de uma área. São processos que transferem água da superfície para a atmosfera. A evaporação é o processo pelo qual a água passa do estado líquido para o estado de vapor, em condições naturais.

Chorley destaca que:

Classical hydrology treated both evaporation and evapotranspiration in terms of empirical pan and botanical observation directed towards the obtaining of average amounts or ratios of water loss from standing water or soil moisture so that subtractions from total precipitation could be made in order to arrive at estimates of precipitation effective in producing runoff. (1978:07).

O fenômeno da evaporação é explicado pela teoria cinética da matéria (VILLELA, 1975). A energia cinética (atração) entre as partículas varia dos sólidos para os líquidos, pela amplitude de mobilidade das partículas. Dessa forma, nos sólidos, a energia cinética é bem menor do que nos líquidos, e menor ainda do que nos gases. Quando ocorre a mudança do estado líquido para o estado gasoso, há um aumento da energia cinética das partículas. Para isso, são necessárias algumas condições básicas, como existência de uma fonte de energia (radiação solar, calor sensível da atmosfera) e existência de uma diferença entre a pressão de saturação do vapor à temperatura da superfície e a pressão do vapor do ar.

Os processos de evaporação e evapotranspiração são influenciados por diversos eventos meteorológicos. A temperatura da superfície, que é alterada pela quantidade de radiação solar, aumenta a energia cinética das moléculas. Quanto maior o calor na superfície, mais moléculas de água saem dela.

A umidade e a temperatura do ar também influenciam na evaporação e evapotranspiração, pois condicionam a pressão de vapor do ar e fazem a ligação entre o ar da superfície e o ar da atmosfera. Esses teores de umidade do ar vizinho à superfície podem ser modificados pelo vento.

Para calcular a evaporação e a evapotranspiração de uma área, existem diversos aparelhos e fórmulas, mas nenhum apresenta a precisão desejada. Existem dois métodos: os métodos de estimativa e os métodos de medidas. Os métodos de estimativa são: o método aerodinâmico, baseado na difusão do vapor; o método do balanço energético, baseado no princípio da conservação da energia; os métodos combinados, que unem o método do balanço energético com o método aerodinâmico; o método de Thornthwaite, que correlaciona dados de evapotranspiração potencial, medida em evapotranspirômetros e em bacias hidrológicas, com dados de temperatura média mensal e comprimento do dia; entre outros (VILLELA, 1975). Nos métodos de medidas são utilizados diversos instrumentos, como o evaporímetro ordinário, os atmômetros e o evapotranspirômetro.

Como já foi dito, quando a precipitação chega ao solo, pode ocorrer infiltração, que é o movimento da água dentro dos horizontes do solo. São as características físicas dos solos que definem o volume de chuva que vai infiltrar-se ou que vai escoar pela superfície. A água, no solo, fica disponível para as plantas; parte dela pode voltar para a atmosfera, por evapotranspiração, e parte pode infiltrar-se e recarregar os lençóis subterrâneos.

1.1.3 O Escoamento Superficial

O escoamento superficial é uma das fases mais importantes do ciclo hidrológico, pois é a fase na qual há o transporte e a ocorrência da água na superfície terrestre. O escoamento superficial é a parte da água precipitada que se desloca, livremente, pela superfície, até o canal fluvial. Os corpos d'água podem ser alimentados pelo excesso de precipitação que escoam pela superfície e pela água subterrânea.

Atributos pedológicos, como constituição, estrutura e porosidade, são relevantes para a infiltração da água da chuva. O arranjo estrutural das partículas que constituem os solos e os tamanhos dessas partículas vai determinar os níveis de porosidade e a capacidade que o solo tem de absorver a umidade (Fig. 05).

No processo de infiltração da água no solo, duas forças são atuantes: a força gravitacional e a atração capilar. A força gravitacional favorece a infiltração vertical da água, já a força capilar favorece a retenção da água nos poros e varia de acordo com o tamanho dos poros. Os microporos apresentam maior resistência de força capilar.

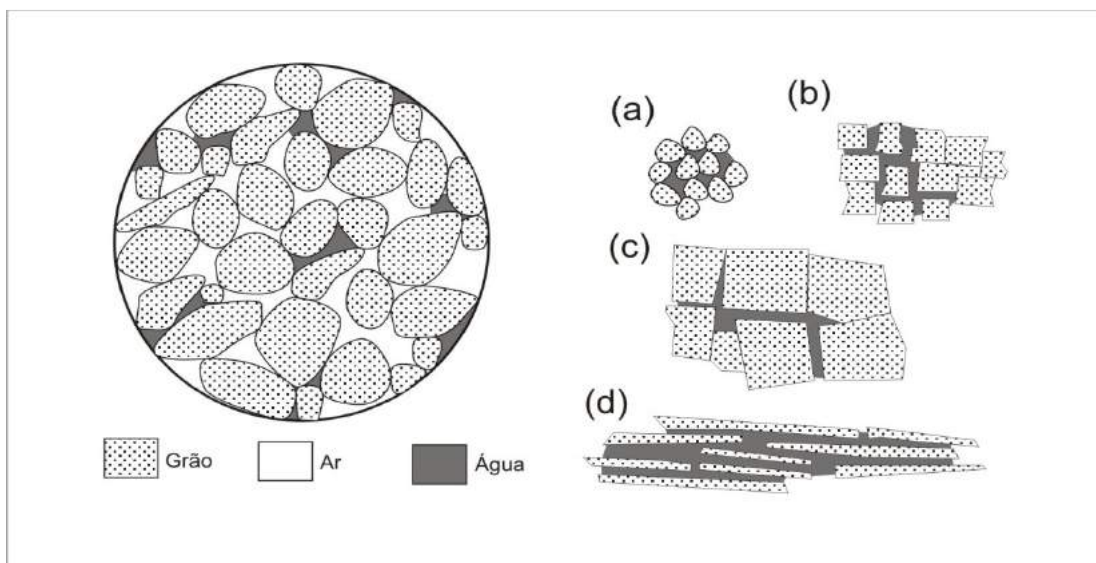


Figura 5. Componentes do solo e arranjo espacial das partículas que controlam o tempo de viagem da água no solo: a) estrutura granular; b) estrutura em bloco; c) estrutura prismática; d) estrutura em placa. Fonte: COELHO NETO (1995).

A capacidade de infiltração, segundo Coelho Neto, é regulada por diversas variáveis- controle, tais como:

- a) *características físicas das chuvas – a intensidade da chuva, junto com as demais variáveis do solo, define o que entra e o que excede a capacidade de infiltração; as chuvas mais intensas causam maiores impactos no solo exposto, e os picos de chuva de longa duração preenchem o potencial de estocagem e eventualmente conduzem os solos à saturação;*
- b) *condições de cobertura dos solos – a cobertura vegetal tende a aumentar a capacidade de infiltração (...);*
- c) *condições especiais dos solos – se por um lado, a compactação pelo impacto das chuvas e a selagem por partículas finas deslocadas pelo salpico das gotas de chuvas promovem uma diminuição da água infiltrada, por outro, o aumento da carga hidráulica na superfície ou das rachaduras de ressecamento do solo ou do declive da superfície aumentam a infiltração;*
- d) *condições de textura, profundidade e umidade antecedente do solo – estas variáveis importam na definição da quantidade de água que poderá ser estocada antes do o solo atingir a saturação: solos profundos e bem drenados, com textura grosseira e grandes quantidades de matéria orgânica apresentarão alta capacidade de infiltração; já os solos rasos e mais argilosos mostrarão baixas taxas e volumes de infiltração (...);*
- e) *atividade biogênica no topo dos solos – a formação de bioporos pela atividade da fauna escavadora e do enraizamento dos vegetais aumenta a capacidade de infiltração (...)* (1995, p.120).

Dessa forma, a permanência da água no solo está relacionada com a força capilar.

Como os poros são vazios interconectados, e geralmente possuem tamanhos diferentes,

podem suportar certa pressão negativa ou sucção. À medida que essa pressão aumenta, a água é sugada dos poros e substituída pelo ar, até que a água remanescente se restrinja aos microporos, onde a força capilar é maior. Esse processo é responsável pela alteração do teor de umidade do solo e o limite a que chega é chamado de capacidade de campo.

Se a água continuar a sair do solo, devido à extração da água pelas plantas, atingindo valores menores do que a capacidade de campo, ocorrerá o murchamento da vegetação, que não consegue mais retirar água dos microporos.

Ao contrário, quando a água é estocada no solo, ocorre aumento do teor de umidade. O volume máximo de água que o solo pode estocar é dado pela porosidade. O grau de saturação do solo é dado pela relação:

$$S = p_{(água)} / p_{(vazios)} (\%) \quad \text{sendo que,}$$

S = grau de saturação

p = poros

À medida que o solo, gradativamente, torna-se saturado, a força capilar também é proporcionalmente reduzida, até ficar neutra, com a saturação total do solo.

A Fig. 6 mostra a distribuição da água no solo, a partir do momento em que a água chega à superfície terrestre e infiltra-se, atravessa áreas das formações superficiais, até chegar aos lençóis subterrâneos.

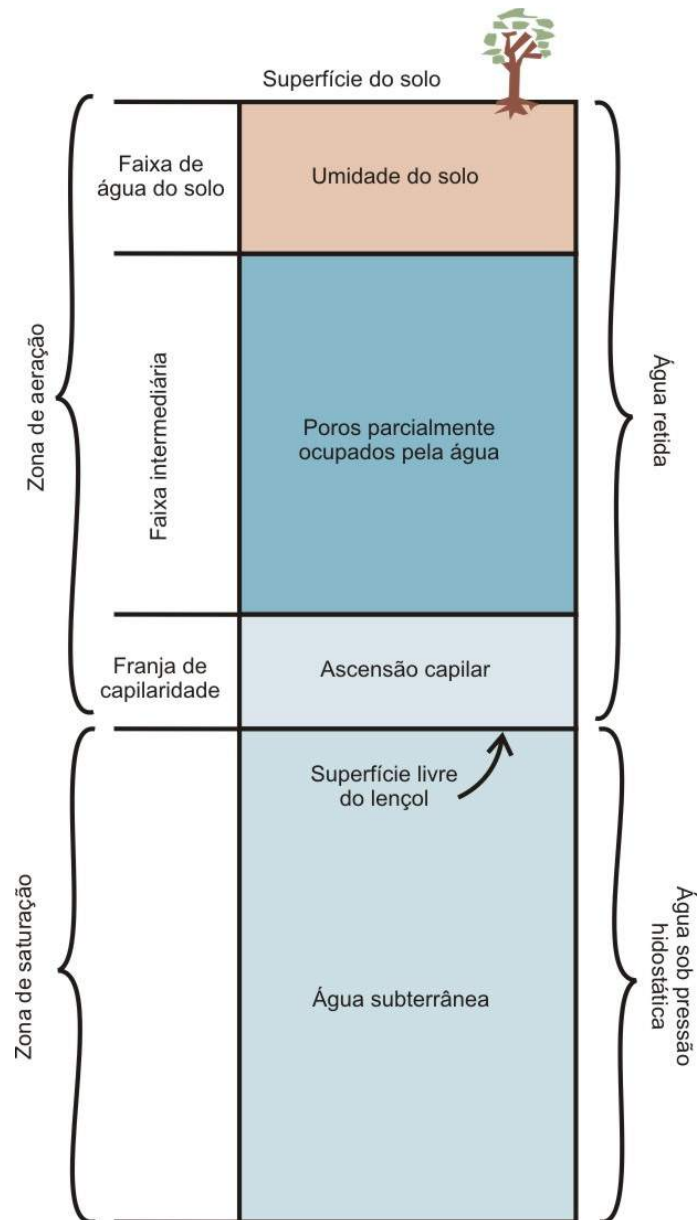


Figura 6. Distribuição da água no solo. Adaptado de CAICEDO, 2004. Autor: Soares, 2007.

Em um primeiro momento, a água passa por uma zona do solo não saturada, ou zona de aeração. Essa zona pode ser subdividida em zona de evapotranspiração, também chamada de faixa da água do solo, zona da água capilar ou faixa intermediária e franja capilar. Na zona de evapotranspiração, parte da água infiltrada pode evaporar para a atmosfera, parte pode ser utilizada no metabolismo das plantas e parte pode continuar descendo, no perfil do solo, até chegar à zona da água capilar ou zona intermediária.

Na faixa da água do solo, a água é retida pela atração molecular e pela ação da capilaridade, em embate com a força da gravidade. A atração molecular retém uma fina película de água sobre a superfície das partículas do solo. A força capilar retém água nos poros menores e só quando a quantidade de água excede a capacidade de retenção, pela capilaridade, é que a água passa a infiltrar-se.

Na faixa intermediária, ocorre o mesmo embate, entre a força capilar e a força gravitacional. A água é retida, por capilaridade, até o limite, quando os poros vão se saturando e as forças gravitacionais superam as forças capilares, ocorrendo percolação da água, rumo à zona saturada.

A última parte da zona de aeração é uma faixa estreita e bastante dinâmica, denominada franja capilar. Na franja capilar, a água está em constante movimento, ascendente ou descendente, dependendo das condições meteorológicas locais e da quantidade de água que se infiltra. A água que passa pela franja capilar vai recarregar a zona saturada ou zona da água subterrânea. Esse limite entre a zona de aeração e a zona saturada é chamado de nível freático, ou superfície livre da zona saturada, ou lençol de superfície livre, ou aquífero livre. Abaixo desse nível, a água é mantida nos poros do solo ou das rochas, formando os aquíferos subterrâneos.

1.1.4 Os aquíferos subterrâneos

Os aquíferos subterrâneos são unidades geológicas capazes de armazenar e distribuir grandes quantidades de água sob gradiente hidráulico natural. A pressão hidráulica, em

determinado ponto do lençol freático, é igual a sua profundidade, podendo ser expressa em metros, pela coluna de água ou pressão hidrostática.

Os aquíferos possuem boa permeabilidade, dada por materiais com porosidade interconectada. Existem unidades geológicas que são capazes de armazenar grandes quantidades de água, mas não permitem boa movimentação dessa água. Essas unidades geológicas são chamadas de aquitardes.

Os aquíferos podem ser livres ou confinados (Figs. 7 e 8). Nos aquíferos livres ou freáticos, a água subterrânea está em contato direto com a atmosfera, por meio dos poros interconectados. Se o aquífero é limitado na sua porção superior por uma camada impermeável ou por um aquitarde, ele é chamado de aquífero confinado e, se a pressão de confinamento for alta, o aquífero pode ser artesiano, ou seja, descarregar água naturalmente quando for seccionado por poços tubulares ou fraturamentos.

Quando um poço é perfurado, até encontrar um aquífero confinado, a água se eleva no poço até o nível do topo do aquífero. Essa altura da lâmina de água representa a pressão artesianana do aquífero ou nível piezométrico. Quando a pressão hidrostática em um aquífero artesianano é capaz de elevar a água do poço acima da superfície do solo, o poço é chamado de poço artesianano jorrante.

A velocidade do movimento da água subterrânea, ou permeabilidade, pode ser calculada utilizando a Lei de Darcy, que expressa a velocidade macroscópica do fluxo d'água no meio poroso, assumindo que o solo é uniforme e todas as variáveis representam funções contínuas, no espaço e no tempo. Henry Darcy, engenheiro francês, demonstrou, em 1856, que o escoamento da água através de uma coluna de areia saturada é proporcional à diferença de pressão hidráulica nos extremos da coluna e inversamente proporcional ao comprimento da coluna (VILLELA, 1997).

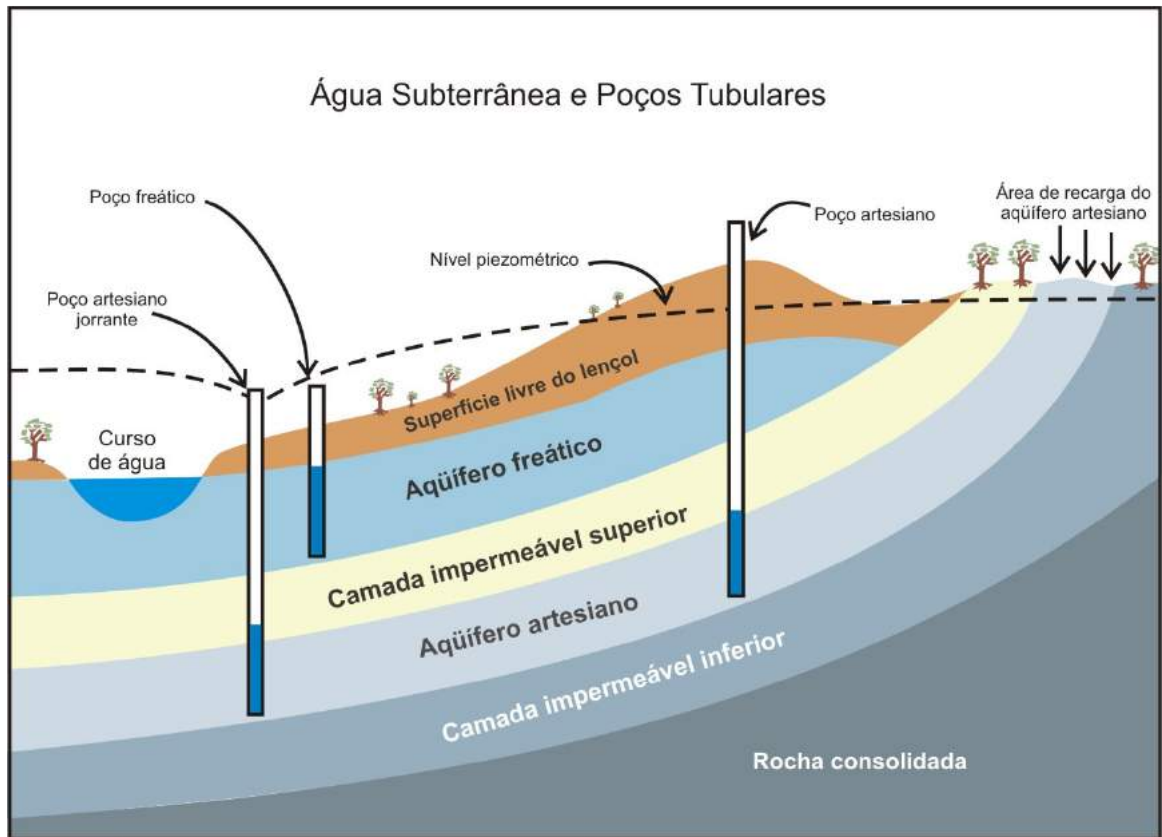


Figura 7. Aquíferos. Adaptado de TUCCI, 2004. Autor: Soares, 2007.

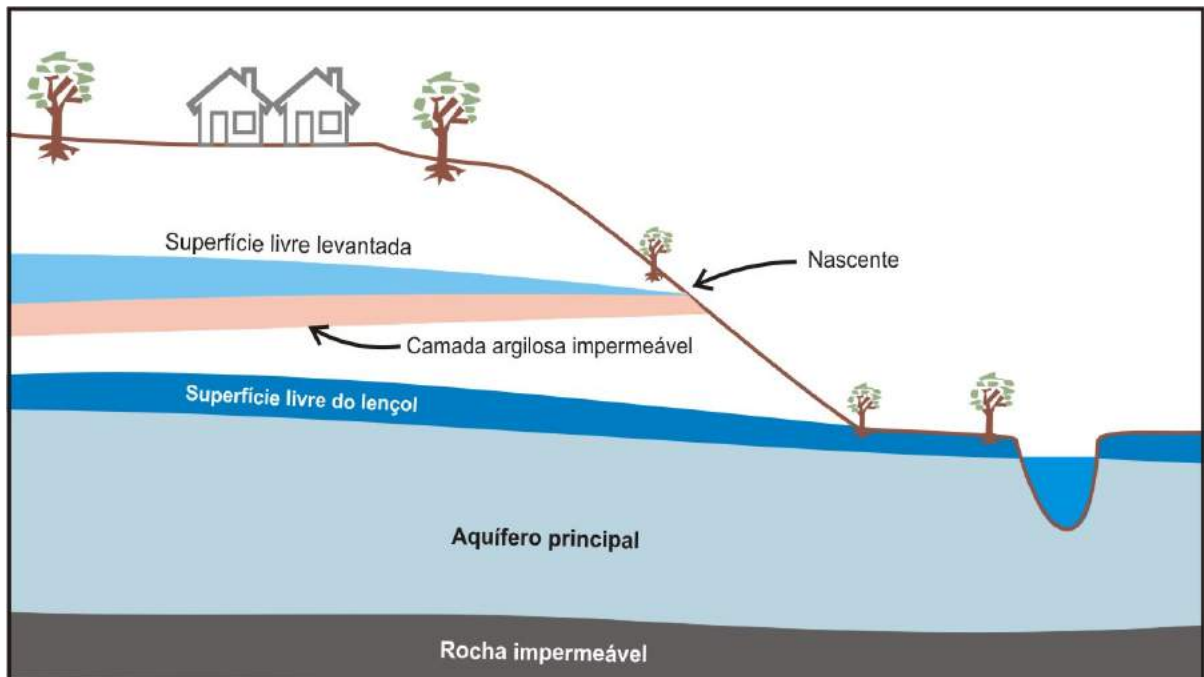


Figura 8. Superfície livre levantada. Adaptado de TUCCI, 2004. Autor: Soares, 2007

Até hoje a Lei de Darcy é utilizada como princípio básico do fluxo da água subterrânea. É expressa pela fórmula:

$$V = \frac{P h_1 - h_2}{D}$$

V: é a velocidade do escoamento

$h_1 - h_2$: a diferença das pressões hidráulicas

d: a distância entre os pontos onde as pressões h_1 e h_2 foram medidas

P: é o coeficiente de permeabilidade

O coeficiente de permeabilidade depende do tamanho e arranjo das partículas, do tamanho e tipo das superfícies fraturadas e fendilhadas. O coeficiente de permeabilidade é a quantidade de água que atravessa a unidade de área da secção transversal do material poroso na unidade de tempo, sob um gradiente hidráulico igual a 1, em uma temperatura dada (EDWARD E. JOHNSON, 1969).

A diferença das pressões, dividida pela distância (d), é o gradiente hidráulico (I):

$$V = PI$$

A vazão do fluxo, segundo a Lei de Darcy, é dada pela fórmula:

$$Q = SV = PIS$$

Q: vazão do fluxo (m^3/dia)

S: área da secção transversal atravessada pela água

P: Coeficiente de permeabilidade.

A água da chuva que se infiltra no solo pode circular nas encostas, assumindo rotas diversas: fluxo superficial hortoniano, fluxo subterrâneo de base, fluxo subsuperficial da chuva e fluxo superficial de saturação (COELHO NETO, 1995). Os fluxos da chuva são gerados após as precipitações e, ao chegarem aos corpos d'água, aumentam sua vazão. Já os fluxos de base mantêm-se durante os períodos secos, e são alimentados pelas águas subterrâneas residuárias, que foram estocadas nas formações superficiais. Os fluxos de base são responsáveis pelo abastecimento dos corpos d'água, nos períodos secos.

1.2. A Bacia Hidrográfica

As bacias hidrográficas são áreas definidas topograficamente, drenadas por um sistema conectado de canais fluviais, até uma saída comum. Considerada como um sistema hidrológico, a bacia hidrográfica tem sido amplamente utilizada para os estudos dos processos que compõem o ciclo hidrológico.

As bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede que drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago ou oceano. A bacia de drenagem é considerada um sistema aberto onde ocorre entrada, que é o volume de água precipitado, e saída, que é o volume de água escoado pelo exutório. Entre a entrada e a saída existem perdas intermediárias, que são os volumes evaporados, transpirados e infiltrados profundamente. A energia é fornecida pela atuação do clima e da tectônica locais, eliminando fluxos energéticos pela saída da água, sedimentos e solúveis (Fig. 9).

O papel hidrológico da bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de volume, concentrada no tempo - a precipitação - em uma saída de água de forma mais distribuída no tempo - o escoamento (SILVEIRA, 2004).

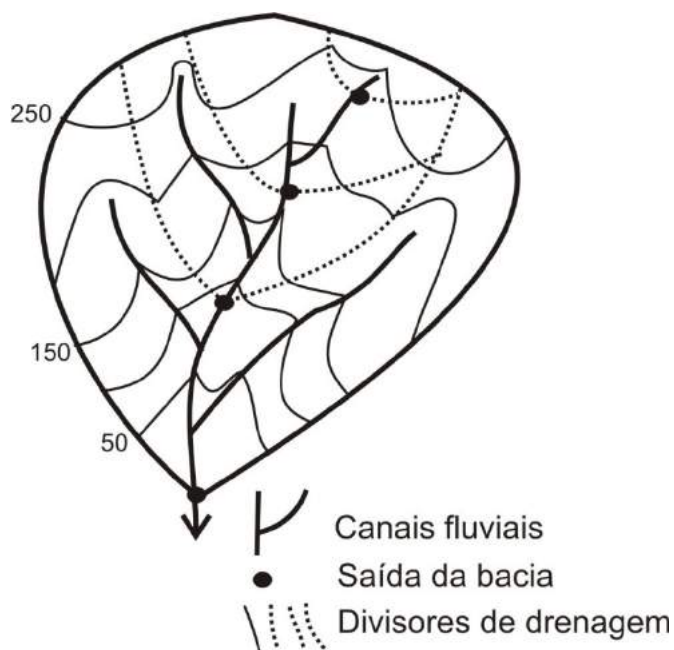


Figura 9. Bacia Hidrográfica. Fonte: COELHO NETO (1995). Autor: Soares, 2007.

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como unidade de planejamento e gestão, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo a sua qualidade e quantidade. Ela é uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos canais de drenagem. A bacia é um referencial geográfico para a adoção de práticas de planejamento ou de manejo e aproveitamento dos recursos naturais.

1.2.1 Fisiografia da Bacia Hidrográfica

Os dados fisiográficos de uma bacia hidrográfica são aqueles que podem ser medidos diretamente ou expressos por índices. Geralmente eles são extraídos de materiais cartográficos como mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite e outros.

A bacia hidrográfica é contornada pelos divisores de águas, chamados divisores topográficos. Além desse divisor, existe também o divisor de águas freático. O primeiro é condicionado pela topografia e o segundo é determinado pela estrutura geológica, que vai estabelecer os limites dos aquíferos subterrâneos e o escoamento de base da bacia. Quando esses divisores não são coincidentes, podem ocorrer fugas ou acréscimos de água subterrânea, entre bacias contíguas.

De forma simplista, a bacia de drenagem é constituída por uma superfície fechada por todos os lados, com apenas uma saída. O balanço hídrico em uma bacia hidrográfica pode ser expresso pela expressão:

$$P - R - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_2 - G_1) = (S_s - S_g) \quad \text{sendo que}$$

P: precipitação	E: evaporação	T: transpiração	R: escoamento superficial
G: escoamento subterrâneo	I: infiltração	S: armazenamento	
g: abaixo da superfície do solo	s – acima da superfície do solo.		

As características físicas das bacias hidrográficas são elementos importantes para a análise do comportamento hidrológico. A quantidade de água que pode chegar aos canais

fluviais depende da área da bacia, do total e regime das precipitações, das perdas por evaporação, evapotranspiração e infiltração.

As bacias de drenagem podem ser classificadas de acordo com o escoamento global em: exorreicas, quando drenam para o mar; endorreicas, quando drenam para o interior (lagos, sumidouros); arreicas, sem estruturação em rede de drenagem; e criptorreicas, quando as bacias de drenagem são subterrâneas.

A organização espacial dos cursos d'água é chamada de padrões de drenagem e reflete a morfogênese e a litologia do local. Os principais padrões de drenagem são: o dendrítico, também chamado arborescente, porque se assemelha à estrutura de uma árvore; o em treliça, que possui um grande controle estrutural, e as confluências se dão em ângulos retos; a drenagem retangular, com aspecto ortogonal, pela influência de falhas e diáclases; a drenagem paralela, relacionada com forte controle estrutural; a drenagem radial, relacionada com domos ou depressões topográficas; a drenagem anelar, com padrão que se assemelha a anéis; e a drenagem irregular, por meio da qual ocorrem bloqueios ou erosões (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Diversos autores dedicaram-se ao estudo das bacias hidrográficas. O precursor desses estudos foi o engenheiro hidráulico Robert E. Horton que, em 1945, publicou *“Erosional development of strems and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology”*. Trata-se de um estudo importante, por intermédio do qual foram estabelecidas as leis que regem a evolução das bacias hidrográficas, por meio da quantificação. Os trabalhos de Arthur N. Strahler (1952, 1957) também foram significativos para a evolução dos conhecimentos sobre a análise de bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Robert E. Horton foi o primeiro a propor uma metodologia para a classificação das bacias hidrográficas. Crhistofoletti (1974) destaca que:

Para Horton, os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários de

primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também podem receber afluentes de primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e, também, os de ordem inferior. E assim sucessivamente. Todavia, na ordenação proposta por Horton, o rio principal é consignado pelo mesmo número de ordem desde a sua nascente. Para se determinar qual (...) o canal principal (...) podem ser usadas (...) regras: a) partindo da jusante da confluência, estender a linha do curso de água para montante, para além da bifurcação, seguindo a mesma direção. O canal confluyente que apresentar maior ângulo é o de ordem menor; b) se ambos os cursos possuem o mesmo ângulo, o rio de menor extensão é geralmente designado como de ordem mais baixa. (...) Outros pesquisadores (...) adotaram um sistema diferente, que foi introduzido por Arthur N. Strahler, em 1952. Para Strahler, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência, os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens. (...) E assim sucessivamente. A ordenação proposta por Strahler elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão(...) (1974, p.85 e 86).

Apesar de existirem outras metodologias para a classificação e ordenação das bacias hidrográficas, os sistemas aqui destacados são os mais utilizados, até hoje (Fig. 10).

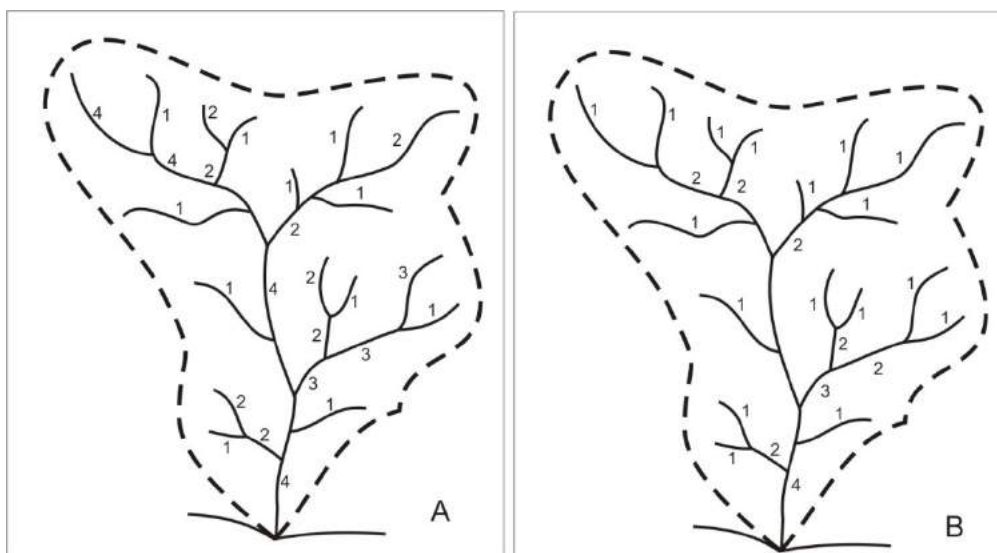


Figura 10. Classificação da ordem das bacias, segundo Horton (A) e Strahler (B). Adaptada de Crhistofoletti (1974).

Para se fazer uma análise linear da bacia hidrográfica, são utilizados diversos índices e relações. Crhistofoletti (1974) destaca as seguintes:

1. *Relação de bifurcação. Ela foi definida por Horton (1945) como sendo a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.(...)*
2. *Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (...). Horton (1945) definiu a lei básica da composição da drenagem: ‘Em uma bacia determinada, os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios’. (...)*
3. *Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação. (...) Horton estabeleceu essa relação que é ‘um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas’. (...) Se a relação entre o comprimento médio e índice de bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. (...)*
4. *Extensão do percurso superficial. Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente (...).*
5. *Relação do equivalente vetorial. (...) representa o comprimento de cada segmento fluvial de determinada ordem, em linha reta, que se estende do nascimento ao término do referido canal (...).*
6. *Gradiente de canais. (...) é a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. (1974: 87-89).*

A análise areal da bacia hidrográfica é feita por meio de medidas lineares e planimétricas. Diversos índices devem ser calculados: forma da bacia, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, relação entre as áreas das bacias e coeficiente de manutenção. A curva hipsométrica e os coeficientes de massividade e orográfico são utilizados para se fazer a análise hipsométrica da bacia de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1974).

A forma da bacia pode ser caracterizada pelo índice de circularidade (MILLER, 1953, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1974), que é a relação entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro.

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad \text{sendo que,}$$

I_c : é o índice de circularidade

A : área da bacia

A_c : área do círculo.

Nesta relação, o valor máximo obtido é a unidade e, quanto mais próximo de 1 for o resultado, mais circular é a forma da bacia hidrográfica analisada.

Outro método para a caracterização da forma da bacia foi proposto por LEE e SALLE (1970) *apud* CHRISTOFOLETTI (1974). Segundo eles, após estabelecer a forma da bacia, traça-se uma figura geométrica que possa cobrir, da melhor maneira possível, a bacia hidrográfica. A seguir, relaciona-se a área englobada simultaneamente pelas duas, a bacia hidrográfica e a figura geométrica, com a área total da bacia, obtendo-se o índice de forma. Quanto menor for o índice, mais próximo da forma da figura é a bacia hidrográfica.

$$I_f = 1 - \frac{(\text{Área } K \cap L)}{(\text{Área } K \cup L)}$$

Sendo que:

I_f : índice de forma

K: área da bacia

L: área da figura geométrica

A densidade hidrográfica é dada pela seguinte relação:

$$D_h = \frac{N}{A}$$

Sendo que:

D_h : densidade hidrográfica

N: número total de usos d'água da bacia

A: área da bacia

A densidade da drenagem é a relação entre o comprimento total dos canais fluviais e a área da bacia de drenagem e pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Sendo que:

D_d : Densidade de drenagem

L : Comprimento total dos canais

A : Área da bacia.

A declividade de uma bacia hidrográfica controla a velocidade do escoamento superficial. A magnitude dos picos de enchente, a menor ou maior taxa de infiltração e a susceptibilidade à erosão estão associadas à velocidade do escoamento superficial sobre a bacia hidrográfica. Dessa forma, o mapa de declividade da bacia é importante, nos estudos hidrológicos.

A declividade média das vertentes de uma bacia hidrográfica pode ser calculada pela seguinte relação:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta l_i}{w_i} a_i}{nA}$$

Sendo que:

A : Área total da bacia

ΔI : diferença de altitude entre curvas de nível

W_i : largura entre duas curvas de nível

A_i : área entre as curvas de nível

N : número de intervalos de curva de nível.

Além desses conceitos aqui destacados, serão adotados outros conceitos, métodos e técnicas de pesquisa de outros pesquisadores, para o desenvolvimento desta pesquisa.

2. METODOLOGIA E PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

2.1. Abordagem teórica

A pesquisa e o método científico são utilizados na construção do caminho a ser percorrido para a verificação de hipóteses, buscando permanentemente a verdade, com base no conhecimento científico.

Esse caminho ou método científico deve ser estruturado em etapas que vão guiar o estudo sistemático, compreensão e busca das respostas. Segundo Baccaro (1990), nesse processo a busca das causas cria uma situação na qual um fenômeno é capaz de manifestar-se da seguinte forma: as operações mentais da “indução”, a partir dos fatos observados na realidade empírica a uma proposição geral; e/ou da “dedução”, partindo dos princípios gerais para as conseqüências lógicas do particular, tanto numa pesquisa descritiva como numa experimental.

Para a compreensão da dinâmica hidrológica, o sistema hídrico pode ser considerado como um sistema ou ciclo, cujos elementos são integrados em relações condicionadas por diversos componentes, como: a dinâmica climática, a estrutura geológica, a estrutura pedológica, os aspectos geomorfológicos e as ações antrópicas.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) surgiu nos Estados Unidos da América, no início da década de 1930. Baccaro (1990) faz uma análise da TGS, destacando os trabalhos

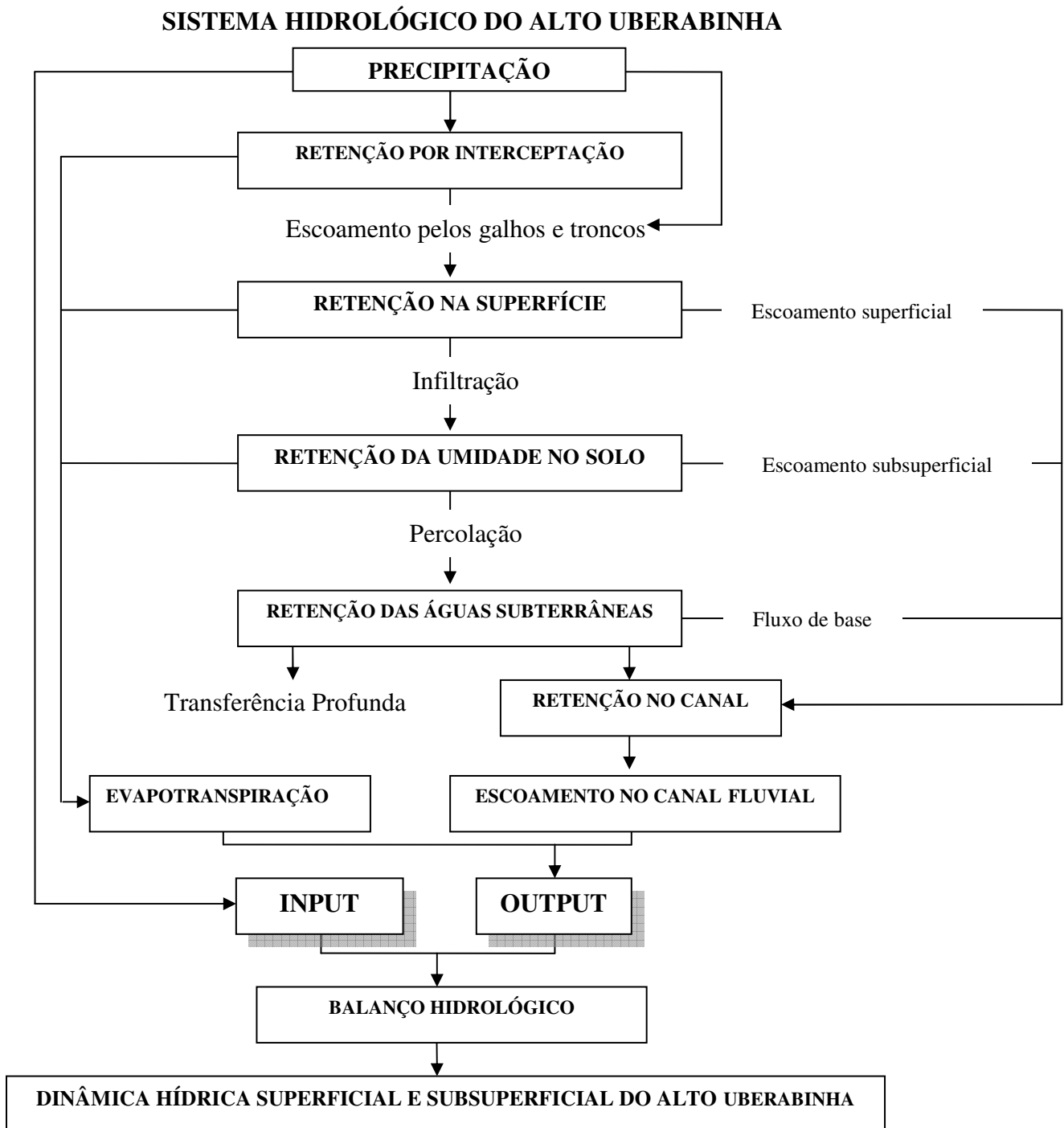
precursores de Flay (1929) e Von Bertalankey (1933), aplicados à termodinâmica e à biologia. Posteriormente, Strahler (1950) descreve o sistema de drenagem como um sistema aberto, em estado de ajustamento constante; Colling (1957) escreveu a “Teoria dos rios equilibrados”; e Hack (1960) escreveu a Teoria do Equilíbrio Dinâmico, com base na idéia de sistemas abertos em constante ajuste.

Ainda segundo a autora, a TGS evoluiu com os trabalhos de Chorley e Kennedy (1971), Chorley e Hagget (1975), Tricart (1977), Bertrand (1968, 1972, 1978), Sotchava (1977), Christofolletti (1971, 1978, 1979, 1981), Oliveira (1978), Cruz (1982), entre outros. Estes autores também adotaram a TGS para pesquisar os processos naturais em bacias hidrográficas, escoamento pluvial e movimentos de massa.

Riou (1990) em sua obra “*L’eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux*”, destaca a importância da TGS no estudo dos processos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos.

Essa pesquisa enfatiza o uso da bacia hidrográfica como unidade apropriada para os estudos hidrológicos. Pelo seu caráter de sistema aberto, integrador de diversos elementos naturais e sociais, a bacia hidrográfica proporciona uma análise integrada do ambiente físico e das interferências do homem nesse ambiente.

Dessa forma, o estudo da Bacia do Alto Uberabinha pode ser realizado com base numa abordagem sistêmica, por intermédio da qual serão mensuradas as entradas e as saídas de água da bacia, em um determinado período de tempo, destacando os processos dinâmicos atuantes.



Fonte: Christofolletti (2002) Adaptado

Figura11 – Fluxograma do balanço hidrológico

Neste trabalho, além do enfoque sistêmico proposto, cuja ênfase está na organização e na operação do sistema como um todo ou como componentes interligados, buscou-se compreender os processos hidrológicos por meio de uma análise integrada dos elementos do sistema hidrológico enfocado.

Ross (1999) destaca que a metodologia deve representar a “espinha dorsal” da pesquisa e deve apoiar-se no tripé definido pelo domínio do conhecimento teórico, da metodologia a ser aplicada e das técnicas operacionais da pesquisa. Nesse sentido, o autor destaca a proposta metodológica de Libault (1971) – “Os quatro níveis da pesquisa geográfica”-, elaborada para o tratamento quantificado das informações.

Os quatro níveis de Libault (1971) são: nível compilatório, nível correlativo, nível semântico e nível normativo. O primeiro nível, o compilatório, refere-se ao levantamento de dados e seleção das informações significativas para a pesquisa. O segundo nível, denominado correlativo, indica uma fase onde deve ser feita a correlação dos dados, para posterior interpretação. O terceiro nível, o nível semântico, é interpretativo e conclusivo. É nessa etapa que se passa a conhecer a dinâmica, possibilitando a busca de parâmetros para sua aplicação. E, por fim, no quarto nível, o nível normativo, os resultados da pesquisa podem-se transformar em modelo.

Ross (1999:35) destaca que:

A proposta metodológica de Libault, por ser de caráter geral, tem um espectro de aplicação bastante amplo e pode ser utilizada como ‘espinha dorsal’, tanto para os estudos de cunho geográfico de natureza sócio-econômica como para as disciplinas mais vinculadas às ciências naturais. Tanto um caso como o outro, porém, melhor se aplicam quando as informações forem trabalhadas com valores numéricos, podendo assim sofrer tratamento estatístico.

Outro método científico, bastante utilizado nas pesquisas geográficas, é a proposta de Ab’Sáber (1969) – “Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário”-, onde o autor sintetizou uma proposição metodológica que não se aplica

apenas às pesquisas sobre o relevo, mas também àquelas relacionadas à paisagem como um todo.

Segundo Ab'Sáber (1969), a pesquisa geomorfológica deve abordar três níveis de tratamento: a) a compartimentação topográfica, caracterização e descrição das formas de relevo; b) extração de informações sistemáticas da estrutura superficial da paisagem; e c) compreensão da fisiologia da paisagem.

Para Ross (1999:36),

A proposição desses três níveis da pesquisa geomorfológica reflete nitidamente o caráter empírico dos trabalhos de Ab'Sáber, e valoriza extremamente o lado da observação sistemática, através da descrição do relevo e praticamente da paisagem como um todo.

Nesta pesquisa, pelo seu caráter geográfico, optou-se pelos métodos propostos por Ab'Sáber (1969) e Libault (1971), adaptados aos objetivos propostos.

ESTRUTURA METODOLÓGICA DA PESQUISA

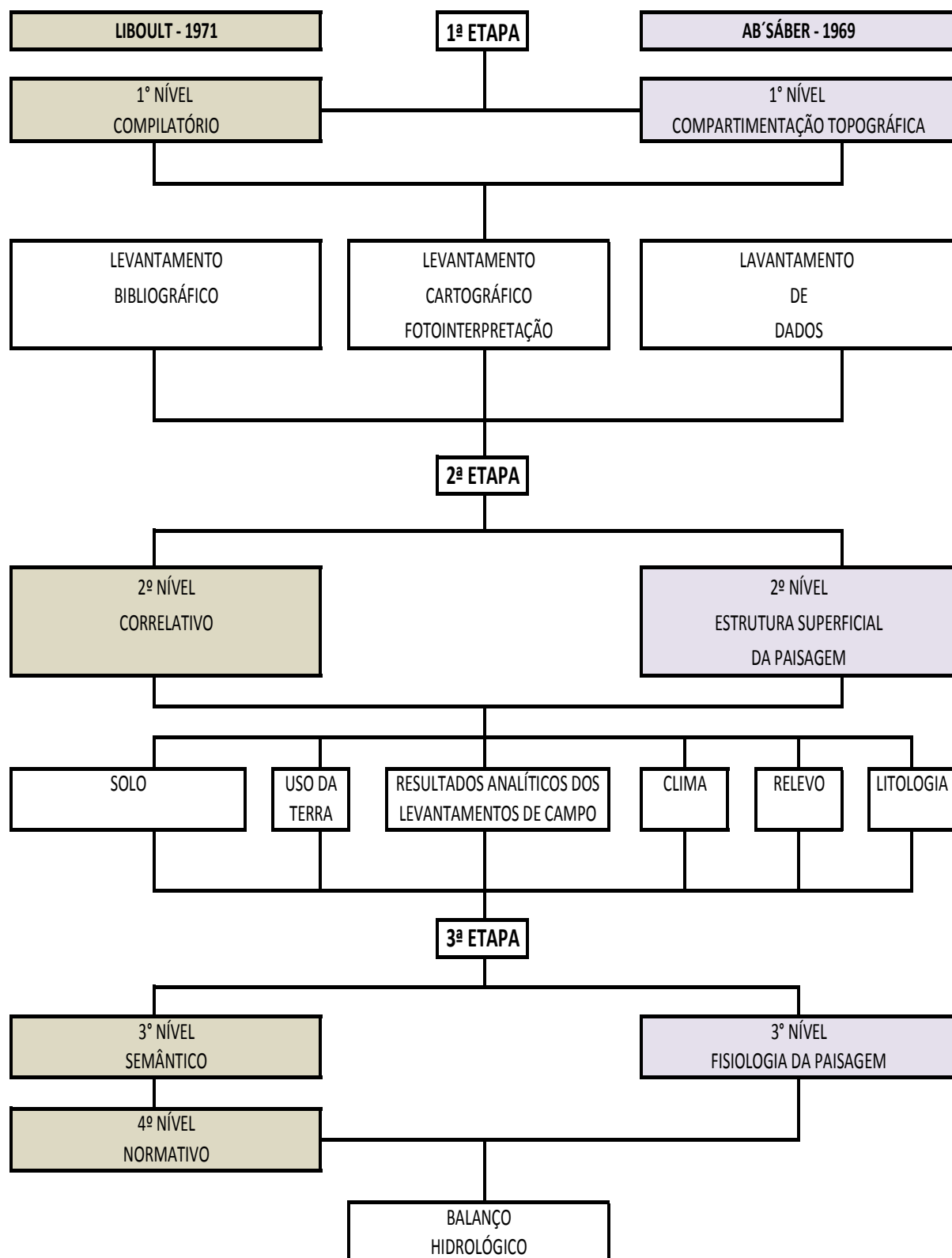


Figura 12 – Fluxograma da metodologia da pesquisa.

2.2. Metodologia Operacional

Os procedimentos e as técnicas empregadas nesta pesquisa foram escolhidos com base na escala espaço-temporal e nos objetivos a serem alcançados. Dessa forma, as técnicas escolhidas foram aquelas que permitiriam fazer uma avaliação no tempo disponível para a coleta de dados, isto é, de abril de 2006 a março/2008, e realizar a análise desses dados até Abril de 2008.

Para o estabelecimento da metodologia operacional, foram realizados levantamentos dos equipamentos e materiais disponíveis para a pesquisa e, com base nesse levantamento e no tempo disponível, foi elaborada uma escala de trabalho, dividida em três etapas.

Na primeira etapa foi feito um levantamento bibliográfico e o levantamento do material cartográfico da área de estudo. O levantamento bibliográfico foi em nível regional, enfatizando os trabalhos relacionados com a dinâmica ambiental da área. A maior parte da bibliografia regional consultada é de autoria de pesquisadores do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Paralelamente, foi realizada a interpretação de fotografias aéreas (escala 1: 60.000) que cobrem a área de estudo, obtidas na *United States Air Force (USAF,)* referentes ao ano de 1964.

A base cartográfica desta pesquisa foi elaborada a partir da digitalização das cartas topográficas do IBGE; folhas SE-23-Y-C-I – Nova Ponte e SE-22-Z-D-III – Miraporanga, escala de 1:100.000; sendo posteriormente retificada para escala de 1:25.000, a partir de imagem dos satélites Áster e CBERS2 (fig 13).

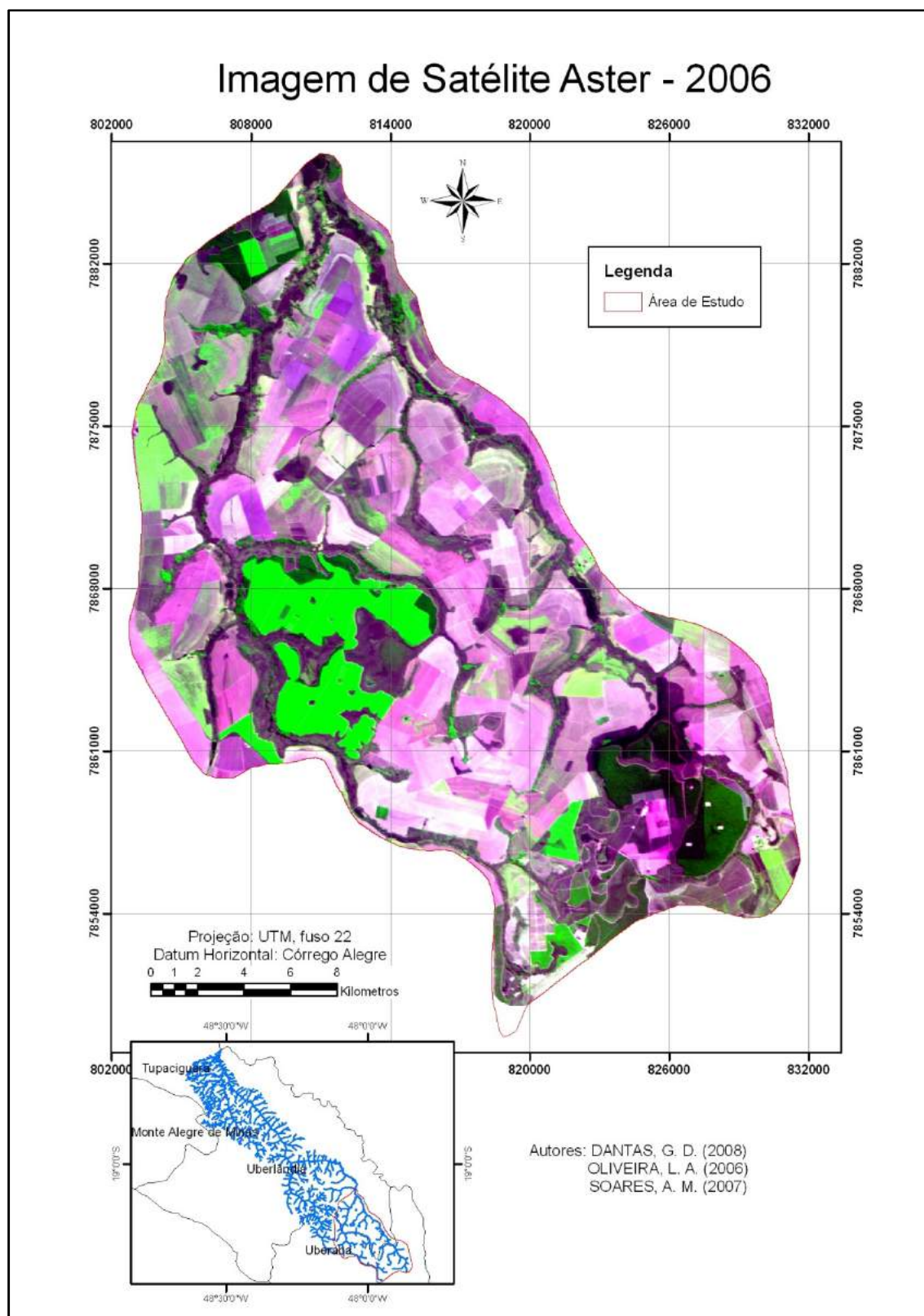


Figura 13 - Imagem de Satélite Aster – 2006, destacando a Área de Estudo.

Os levantamentos referentes às áreas úmidas e ao uso e ocupação dos solos foram feitos com base nas cenas dos satélites Aster e CBERS 2: Aster AST_L1B_00309022002, resolução espacial de 15 metros, banda 1 (0,52 – 0,60 μm), banda 2 (0,63 – 0,69 μm) e banda 3 (0,76 – 0,86 μm), composição colorida 3R4G2B. As bandas correspondem às faixas espectrais do verde, vermelho e infra-vermelho próximos; CBERS 2, instrumento CCD1XS, linha 156 órbita 122 de agosto de 2006, banda 2 (0,52 – 0,54 μm), banda 3 (0,63 – 0,69 μm) e banda 4 (0,77 – 0,89 μm), correspondendo às regiões do verde, vermelho e infravermelho próximo, composição colorida 3R4G2B, com resolução espacial de 20 m (Fig. 14).



Figura 14. Programa ENVI 4.2 – Tratamento da imagem Aster para a classificação do uso do solo da área de estudo.

No ambiente do software Envi 4.0, foram elaboradas as atividades de ortorretificação e mosaico das fotografias aéreas, correção geométrica e processamento digital das imagens de satélite. Para identificação das áreas úmidas e das distintas modalidades de usos do solo, foram utilizadas as técnicas de pré-processamento e processamento digital de imagens. Na fase de pré-processamento, foi feita a correção geométrica das imagens com base em pontos de controle obtidos em campo, com a utilização de receptor Sistema de Posicionamento Global (GPS) Garmin Etrex com acurácia planimétrica de 10 m e pontos pré-selecionados na carta topográfica do IBGE, escala 1:100.000. Na fase de processamento, foi aplicado realce de contraste, função de realce interativo, em que as variações dos intervalos dos tons de cinza das bandas da imagem original, histograma de entrada, foram ampliadas de 0 a 255 para o histograma de saída.

Para mapeamentos de uso e ocupação do solo, utilizou-se de imagens obtidas no final do período de estiagem. É nesse período que os solos destinados a culturas de verão encontram-se em fase de preparo, o que facilita sua distinção em relação às demais áreas cobertas com vegetação nativa, culturas perenes, capineiras, canaviais, pastagens, dentre outras.

Na classificação de imagens, via regiões de interesse (ROIS), as áreas que representam cada classe são selecionadas como amostras e, a partir delas, é possível obter uma descrição das classes. Trata-se, portanto, de classes de regiões e não de classes de *pixels* isolados (RIBEIRO, BAHR E CENTERO, 2002). Classificações a partir de regiões contribuem na diferenciação das classes de vegetação; porém, não são suficientes para elaborar o mapa de uso e ocupação do solo (MEDEIROS e PETTA, 2005).

A evolução espaço-temporal das áreas úmidas foi elaborada a partir de comparação de levantamentos realizados em fotografias aéreas USAF, obtidas no ano de 1964, e imagens de satélite AST_L1B_003, de setembro de 2006, bandas 1, 2 (visível) e 3 (infra-vermelho próximo). O levantamento das áreas úmidas, referente ao ano de 1964, foi feito analisando-se pares estereoscópicos das fotografias aéreas USAF, escala 1 : 60.000.

No processamento da imagem, utilizou-se a técnica de MNF – *Minimum Noise Fraction*. A técnica minimiza a componente de ruído introduzida na cena e aumenta o poder de discriminação dos alvos, gerando uma imagem derivada e, a partir dela, foram criadas regiões de interesse (ROIS) representativas das distintas modalidades de uso e ocupação do solo e áreas úmidas. A classificação dos distintos usos, representados na cena, foi realizada com o uso da técnica *threshold to roi*, na qual cada classe foi criada a partir de limites de valores de reflexão, valores esses pré-definidos, do conjunto de *pixels* que compõe as ROIS. Após a classificação, foram levantadas as mensurações da área ocupada por cada região. Concluído o processo de classificação, todas as classes criadas foram exportadas para o formato vetorial *shapefile*, para posterior tratamento no software Arcview 9.0.

No ambiente do software Arcview 9.0, foram criados *layers* (camadas) para cada classe de uso do solo que foi exportada da classificação no Envi 4.0 (Fig. 15). No software, as áreas individualizadas e marcadas nos pares estereoscópicos também foram vetorizadas em um mosaico contendo a sequência de fotos ortorretificadas. Com a utilização da ferramenta de *update poyigon theme*, foi feito o processo de subtração do vetor correspondente à cobertura de área úmida no ano de 1964, pelo vetor correspondente a cobertura de área úmida no ano de 2006. Como resultado, foi gerado um mapa de uso do solo, demonstrando a retração espacial da área úmida entre o

período de 1964 e 2006. Como produtos finais do processamento do Sistema de Informação Geográfica, foram gerados mapas de localização da área de estudos, uso e ocupação do solo e retração de área úmida, no período 1964 e 2006.

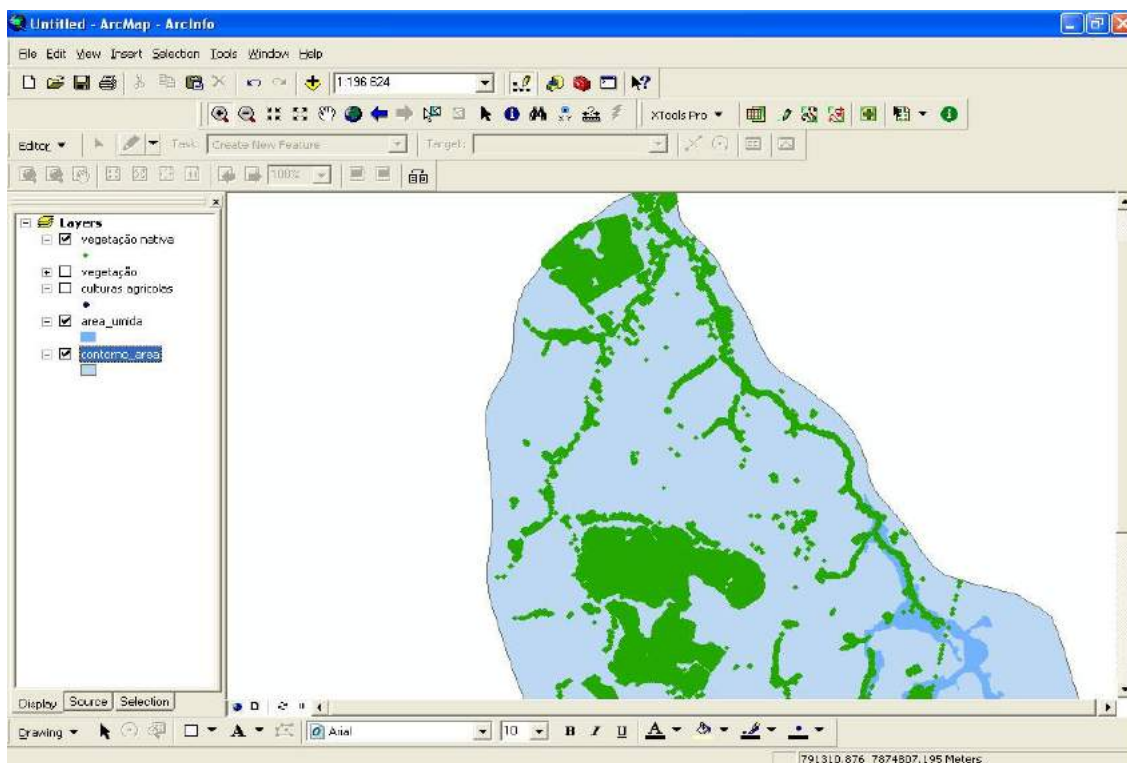


Figura 15. Programa Arcview 9.0 – Sobreposição e cálculo das áreas úmidas da área de estudo.

Durante esse primeiro levantamento dos aspectos físicos da área de estudo e a elaboração dos mapas, foram realizadas constantes visitas ao campo para diagnóstico preliminar da área de estudo e escolha das áreas experimentais, onde foram instalados os diversos equipamentos.

Foram selecionadas as áreas mais representativas e com possibilidades de instalação dos equipamentos e monitoramento dos dados. Foram necessárias diversas visitas e entrevistas com os proprietários das possíveis áreas experimentais, para conseguir as autorizações e o acesso às áreas experimentais. Nesse mesmo período, foi

solicitada a autorização do Instituto Estadual de Florestas (IEF), para a instalação das áreas experimentais em Áreas de Preservação Permanente da referida área de estudo.

As áreas experimentais foram escolhidas com base nas características físicas da paisagem (solo, relevo e geologia), no uso e ocupação do solo (agrícola, pecuária, cerrado e campos úmidos) e na disponibilidade de recursos humanos para auxiliar no monitoramento e apontamento dos dados (Fig. 16). Nessas áreas experimentais, foram monitorados os níveis de água do lençol freático e as precipitações, assim como realizados ensaios de solo e a utilização de traçadores.

Para o monitoramento do nível d'água foram feitas perfurações, com o auxílio de um trado com cerca de 100 mm de diâmetro, com hastes intercambiáveis de 1 m cada, num total de seis hastes, e foram também utilizados poços já existentes. Para o monitoramento das precipitações, foram utilizados os dados de pluviômetros já instalados em algumas propriedades (Sr. Antônio Matheus W. e Van Ass, S.A Agroindustrial Eldorado)

A área experimental I está localizada no Horto Florestal Eli, próximo das cabeceiras do ribeirão Beija-Flor. Nesse local, foi feita uma seção linear de quatro furos com trinta metros de distância um do outro, do interflúvio até uma área de covaais (Figs. 17, 18 e 19). Essa área está bem próxima da Magnesita, e os dados de precipitação estão sendo coletados com uso de pluviômetro ali instalado.

A área experimental II está localizada no interflúvio das bacias do Rio Uberabinha e Rio Claro. O monitoramento do nível piezométrico foi feito em um poço que era utilizado na pecuária, para abastecer os bebedouros. Nesse mesmo local está instalado um pluviômetro, na sede da Fazenda Van Ass, onde estão sendo coletados os dados de precipitação. Essa área, atualmente, é utilizada para monoculturas e cana-de-açúcar (soja e milho) (Fig. 20).

Pontos Experimentais

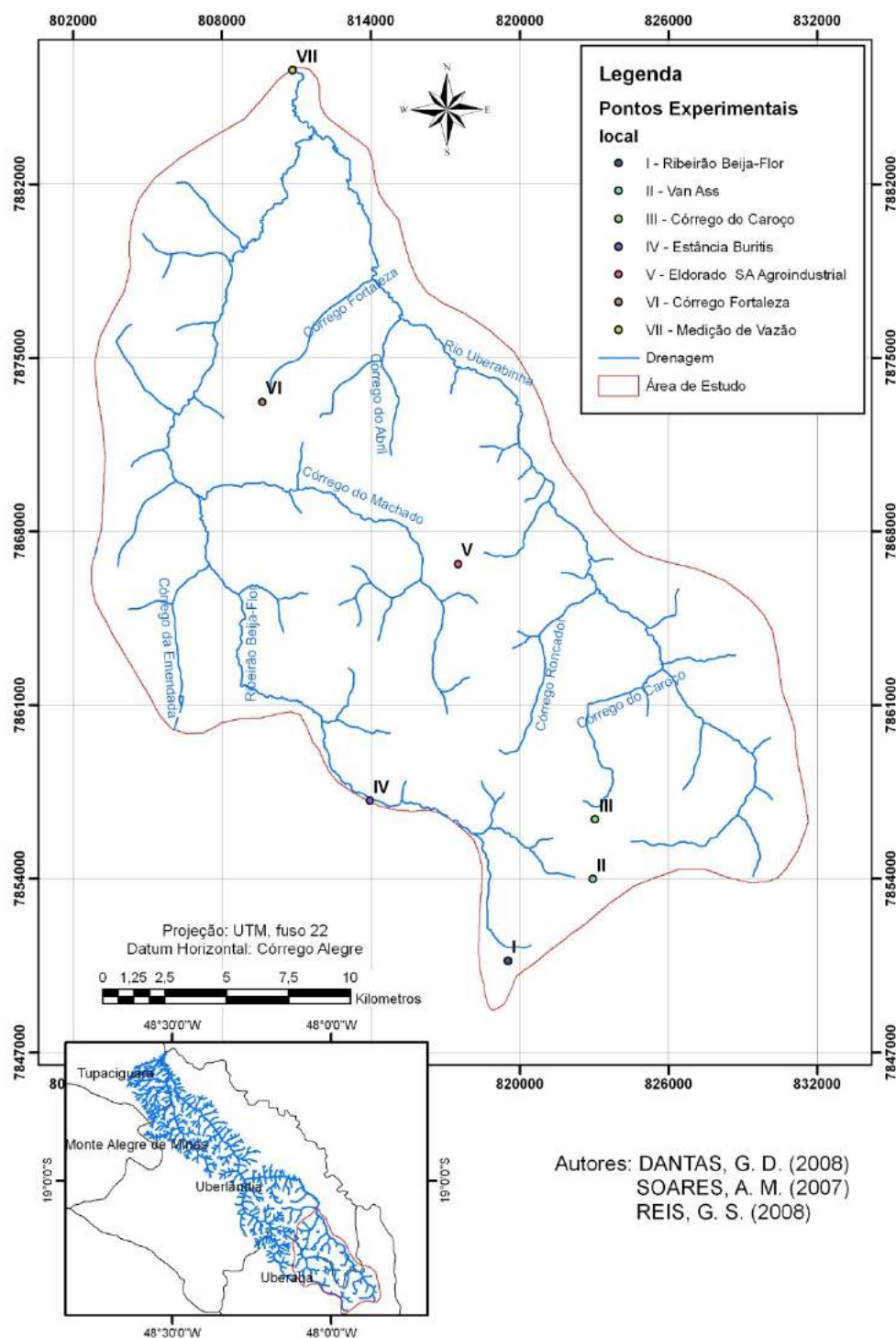


Figura 16. Localização dos pontos amostrais



Figura 17. Lagoa com vegetação nas proximidades do Horto Florestal Eli – Cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor – Área Experimental I. Autor: SOARES, 2006.



Figura 18. Horto Florestal Eli – Área Experimental I. Autor: SOARES, 2006.



Figura 19. Área onde foram perfurados os poços de monitoramento – Seção nas margens da Lagoa – Horto Florestal Eli – Cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor. Área Experimental I - Autor: SOARES, 2006.



Figura 20. Poço amostral situado na Fazenda Van Ass. Área Experimental II. Autor: SOARES, 2006.

A área experimental III está localizada nas margens do córrego do Caroço, uma das nascentes do Rio Uberabinha, em área de silvicultura de *pinus* (Figs 21 e 22). Nesse local, foram feitos três furos lineares com 30 metros de equidistância, abrangendo a faixa que se estende desde a margem do florestamento homogêneo até as margens do canal fluvial.



Figura 21. Local de amostragem próximo ao Córrego do Caroço, uma das nascentes do rio Uberabinha. Área Experimental III. Autor: SOARES, 2006.



Figura 22. Silvicultura de *pinus*. Margem do Córrego do Caroço. Área Experimental III
- Autor: SOARES, 2006.

A área experimental IV está localizada na Estância Buriti, no médio curso do Ribeirão Beija-Flor. Nessa propriedade, os usos do solo estão relacionados à pecuária de leite, sendo as pastagens plantadas a vegetação predominante (Fig 23). Nesse local, foram utilizados três poços existentes (cisternas) (figs 24, 25 e 26).



Figura 23. Médio Beija-Flor – Estância Buritis. Local de monitoramento do Nível da Água. Área Experimental IV - Autor: SOARES, 2006.



Figura 24 – Cisterna localizada na Estância Buritis, onde foram realizadas leituras do n.a. Área Experimental IV – Ponto 1 - Autor: SOARES, 2006



Figura 25. Cisterna localizada em antiga estação ferroviária, próximo à Estância Buritis. Área Experimental IV – Ponto 3. Autor: SOARES, 2006.



Figura 26. Local de monitoramento do n.a. próximo à Estância Buritis. Área Experimental IV – Ponto 3. Autor: SOARES, 2006.

A área experimental V está localizada na propriedade da SA Agroindustrial Eldorado, no interflúvio do Rio Uberabinha e Ribeirão Beija-Flor. Essa área caracteriza-se como sendo de topo, com vegetação natural de cerrado (Fig. 27). Nesse local, foi construído um poço com uso de trado manual, com o objetivo de monitorar o nível de água. Dados de precipitação estão sendo obtidos de uma estação meteorológica já existente, a cerca de 9 km do poço.

A Área Experimental VI está localizada nas cabeceiras do córrego Fortaleza (fig 28). Foi instalado um piezômetro em área de covoal, para monitoramento da oscilação do nível d'água freática. Informações acerca da precipitação pluviométrica, adotadas para esse ponto são as mesmas que as coletadas na estação meteorológica da Área Experimental V, a 12 km da área VI. O uso desses dados justifica-se pela sua proximidade em relação ao ponto de monitoramento e pela falta de recursos humanos para o monitoramento de chuvas, na nascente do córrego Fortaleza.



Figura 27. Local de medições do N.A. Divisor do Uberabinha e Ribeirão Beija-Flor – Fazenda da S/A Agroindustrial Eldorado. Área com vegetação natural – o Campo Cerrado. Área. Experimental V. Autor: SOARES, 2006.



Figura 28. Local de monitoramento do N.A. – Cabeceiras do Córrego Fortaleza – Estação Experimental VI. SOARES, 2007.

Também foram monitoradas as vazões de saída do sistema hidrográfico considerado nesta pesquisa (Área experimental VII). Existem diversos métodos para medir a descarga líquida dos cursos d'água. O cálculo da vazão, ao longo do tempo, é feito com base na relação entre a altura do nível da água e a vazão. O conhecimento dessa relação (curva-chave) permite substituir a medição contínua das descargas por uma medição contínua das cotas (níveis da água). Chevallier (2004) destaca que, para estabelecer a curva-chave, existem vários métodos, que podem ser classificados em duas categorias: os métodos teóricos, que usam as equações gerais da hidráulica, e os métodos experimentais, que estabelecem a curva-chave, a partir de vários pares cota/descarga, medidos experimentalmente, com uma distribuição regular.

Geralmente, o nível da água é determinado com a instalação de uma régua vertical na seção, para observar a variação do nível. Essas régua, graduadas em

centímetros, são feitas de placas de metal inoxidável ou de madeira. A escolha do local ideal para a instalação da régua e levantamento dos dados deve ser feita levando-se em consideração as características locais do canal fluvial. O ideal é escolher um trecho reto, com uma seção transversal, onde a velocidade do fluxo é estável a qualquer cota, tanto na estiagem como na cheia.

As determinações de vazão foram feitas com base na velocidade da corrente, utilizando um hidrômetro fluviométrico ou molinete fluviométrico (fig 29). Molinete é um aparelho empregado para determinar a velocidade local da água, mediante a medida do número de revoluções da hélice, que gira quando é colocada no sentido do fluxo da água. O princípio utilizado para calcular o número de revoluções da hélice é o da rotação em torno do eixo, que abre e fecha um circuito elétrico. Contando o número de voltas da hélice durante um intervalo de tempo fixo, obtém-se a velocidade de rotação, que está relacionada com a velocidade do fluxo, por meio da fórmula:

$$V = a N + b \quad \text{sendo que,}$$

V: velocidade do fluxo

N: velocidade de rotação

a e b: constantes características da hélice

As constantes a e b são fornecidas pelo fabricante do aparelho. O valor a, denominado passo da hélice, é a distância percorrida pelo fluxo, em uma volta. Para contar os impulsos gerados pelo molinete, utiliza-se um conta-giros.



Figura 29. Esquema do molinete fluviométrico – Fonte: SEBA Hydrometrie GmbH. www.seba.de

Segundo Chevallier (2004), o princípio da determinação da descarga líquida numa seção de um rio, é, por definição, o volume da água que atravessa essa seção, durante a unidade de tempo. Ou seja, a descarga dQ , que atravessa a área dS , a uma velocidade V :

$$dQ = V \, dS$$

Para obter a descarga que vai atravessar a seção total, é necessário fazer a dupla integração da fórmula elementar sobre a área total da seção. O conhecimento da velocidade do fluxo, em todos os pontos de uma seção, permite calcular a vazão. O método mais utilizado para calcular a vazão é o método da integração por vertical, realizado graficamente.

Esse método propõe a construção de gráfico de velocidade para cada vertical, em função da profundidade. Para isso, deve-se interpolar a curva das velocidades e medir, com um planímetro, a área assim delimitada, q , que é a vazão média por unidade de

largura, no lugar da vertical. O segundo passo é construir a curva dessas vazões por unidade de largura ao longo da largura do rio, delimitando a área Q , que representa a descarga líquida do rio (CHEVALLIER, 2004).

Shimizu (2000) realizou medidas de vazão no Rio Uberabinha, em 1999 e 2000. As medidas foram feitas em dois pontos: um na ponte da BR-050, a montante do perímetro urbano de Uberlândia, e outro na ponte João Resende, a jusante da cidade. Esses dois pontos de amostragem estão localizados no médio e baixo curso do rio Uberabinha. Segundo o autor, *“o método da integração do diagrama de velocidades descrito em BARTH (1997) é um dos diversos métodos utilizados na medição direta de vazão, sendo usado quase que exclusivamente na hidrometria de rios naturais”* (2000, p.34). A distância recomendada entre as verticais é de 0,30 m, para rios com largura menor ou igual a 3 m; de 0,5 m, para rios com largura entre 3 e 6 m; de 1,0 m, para rios com largura entre 6 e 15 m e de 2,0 m, para rios com largura entre 15 e 50 metros. Definidas as linhas verticais na seção controle, devem ser medidas as velocidades a 20% e a 80% de profundidade de cada vertical.

A partir de então, determina-se a velocidade média de cada vertical, utilizando-se a seguinte relação:

$$V_m = (V_{0,2} + V_{0,8})/2$$

A velocidade média da vertical, multiplicada por uma área de influência igual ao produto da profundidade na vertical pela soma das semi-distâncias às verticais adjacentes, fornece a vazão parcial Q_i de cada vertical. O somatório das vazões parciais resultou na vazão total na seção transversal em estudo. Ou seja:

$$Q_i = V_i \cdot b_i \cdot h_i, \quad \text{sendo}$$

V_i : velocidade média da vertical

b_i : largura da vertical

h_i : altura da vertical

Com base na metodologia proposta por Shimizu (2000), foi instalada a estação fluviométrica. O primeiro passo foi avaliar o perfil longitudinal do rio Uberabinha, com o objetivo de escolher uma seção de controle mais adequada para a determinação de vazão, isto é, selecionar um trecho mais estável, retilíneo e de fácil acesso para a instalação de uma régua limnimétrica. Após levantamento detalhado, foi escolhida a seção de controle para a coleta de dados (Fig. 30).



Figura 30. Seção controle, onde foram feitas as medidas de vazão. Autor: SOARES, 2007.

Essa seção trata-se de um segmento do canal, onde as condições apresentam-se favoráveis para os procedimentos necessários no levantamento de dados. É um trecho

retilíneo, de fácil acesso e que apresenta um fluxo constante. Na seção escolhida o Rio Uberabinha tem 12,5 de largura, no período de estiagem. No período úmido, o Rio Uberabinha vai aumentando o seu fluxo, até transbordar, passando a ocupar as várzeas ou leito maior, dificultando as medidas de vazão. Geralmente, isso ocorre imediatamente após uma precipitação mais intensa.

O segundo passo foi dividir a seção escolhida do rio em segmentos de 1 m para o levantamento do perfil de velocidades em cada seção, a 20% e 80% da profundidade.

As coletas de dados para o cálculo da vazão foram feitas a jusante da confluência do ribeirão Beija-Flor com o rio Uberabinha, seção escolhida como sendo a saída do sistema hidrográfico considerado nesta pesquisa. Para a escolha da seção-controle, para as determinações de vazões, foram considerados alguns aspectos como: estabilidade do trecho e facilidade de acesso (Figs. 31 e 32).

A coleta de dados fluviométricos de vazão foi realizada com um hidrômetro (molinete fluviométrico) tipo C2 “10.150” – Marca A.OTT – Kempten, cuja função é medir a velocidade da corrente fluvial do canal. Inicialmente, fez-se uma avaliação da velocidade média da água, para escolher a hélice mais adequada ao levantamento proposto, pois uma velocidade de rotação excessiva ou insuficiente pode induzir a erros no conta-giros devido ao mau funcionamento da hélice.

Antes de iniciar as determinações de velocidade, foi definido o perfil da seção transversal do Rio Uberabinha no ponto escolhido (Fig. 33). Foram feitas duas repetições de determinação de profundidade (batimetria), espaçadas de 0,5 m entre os pontos, para a escolha do local onde seria instalada a régua limnimétrica e para caracterizar o perfil da seção.



Figura 31. Seção controle no rio Uberabinha. Ponto exutório considerado nesta pesquisa. Período seco, quando o rio apresenta vazões reduzidas. Autor: SOARES, 2007.



Figura 32. Local onde foram feitas as medidas de vazões – Estação Experimental VII. Leito do rio Uberabinha. Período chuvoso, quando o rio apresenta vazões maiores. Autor: SOARES, 2007.

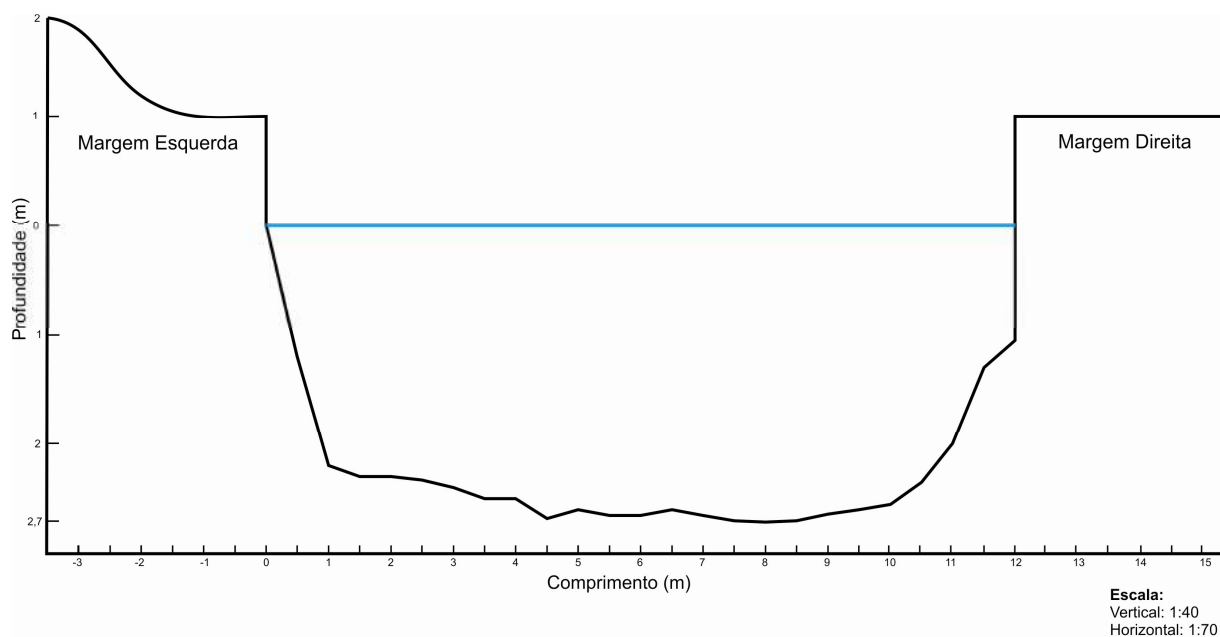


Figura 33. Perfil da seção controle no Rio Uberabinha. Autor: SOARES, 2006.

Foram testados dois tipos de hélices com vistas a definir o mais adequado para as características do canal fluvial no local escolhido (morfológica e de velocidade): a de nº 1 e a de nº3. A hélice nº 3 mostrou-se mais adequada para as medidas de vazão. Essa escolha baseou-se nos valores de n (quantidade de voltas que a hélice dá por segundo). Dessa forma, a escolha da hélice está relacionada ao seu tamanho e à velocidade do fluxo.

Foram testados dois procedimentos para a determinação de vazão. O primeiro deles utiliza a velocidade média do fluxo, calculada por meio de revoluções da hélice em diversas profundidades, conforme a Fig. 34. Nesse procedimento, o molinete é fixado em uma haste e os operadores utilizam um bote amarrado a um cabo instalado na seção transversal. O molinete é posicionado no nível da água, na margem do canal, e o conta-giros é disparado. Um dos operadores conduz o bote a uma velocidade relativamente constante, enquanto o outro desce e sobe o molinete pela seção, indo e voltando. Dessa forma, é calculada a média das velocidades do fluxo da água.

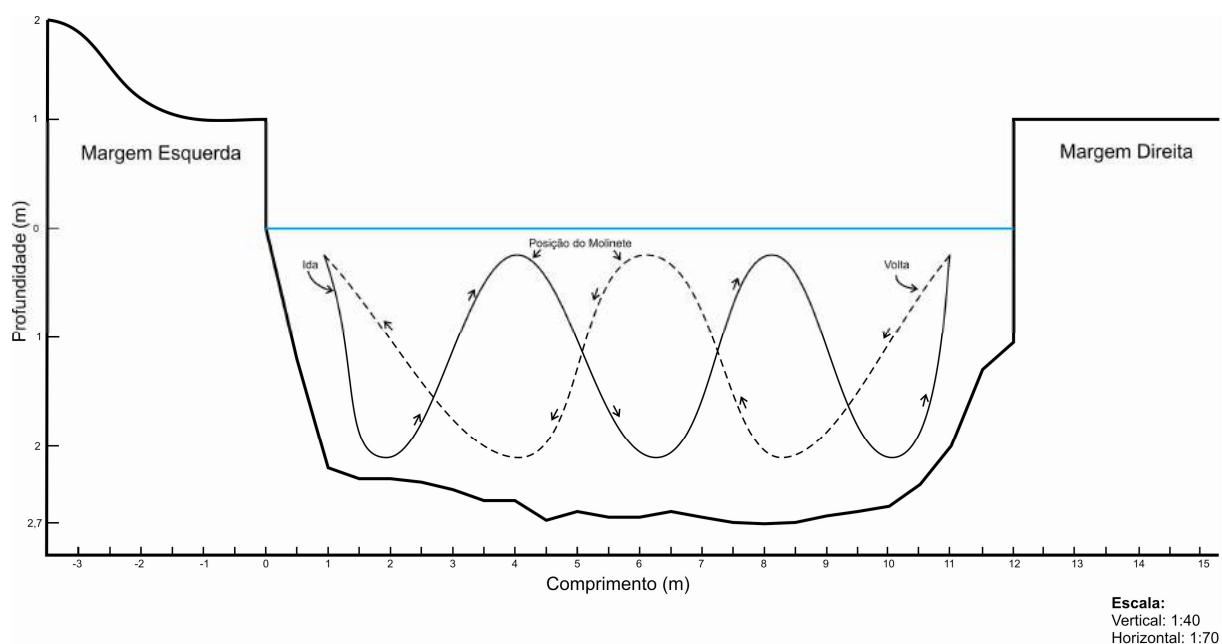


Figura 34. Medida da velocidade média do fluxo de água Autor: SOARES, 2006.

Para o segundo procedimento, adotou-se a metodologia proposta em Shimizu (2000), ou seja, a seção do rio é dividida em posições para o levantamento do perfil de velocidades (Fig. 35). A seção foi dividida em verticais de 1 m e a velocidade do fluxo foi, a partir da superfície, medida a 0,2 e a 0,8 m de profundidade de cada sessão. A área de cada seção vertical foi calculada utilizando-se o software AutoCad 14. A fórmula utilizada para calcular a vazão é:

$$Q = \sum_{i=1}^i Q_i \quad \text{tal que } i \leq 12$$

$$Q_i = V_i \cdot A_i \quad \text{sendo:}$$

Q_i : vazão de cada vertical

V_i : velocidade média de cada vertical

A_i : Área de cada vertical

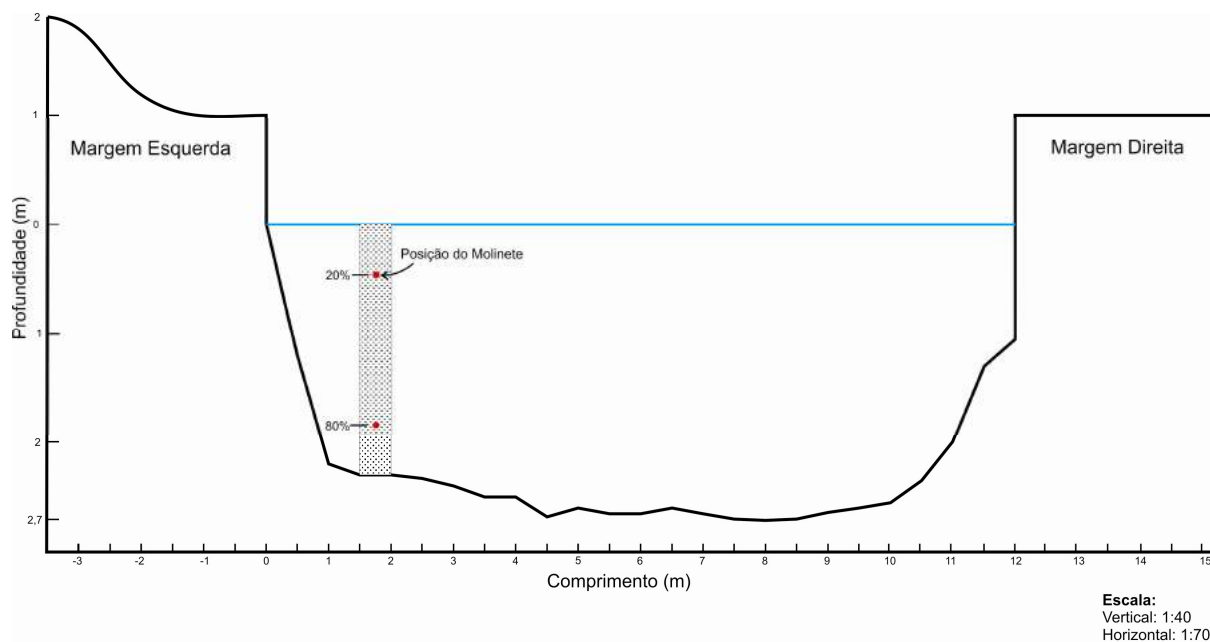


Figura 35 - Medida da vazão por área de influência. Autor: SOARES, 2007.

Com a definição das áreas experimentais, passou-se para a terceira etapa da pesquisa. Nessa etapa foram realizados diversos levantamentos de campo para caracterizar os solos da área, levantar dados pluviométricos, de vazão e do nível freático, utilizar traçadores químicos, para a determinação da velocidade e da direção do fluxo subterrâneo. Por último, fazer a análise e o cruzamento dos dados obtidos.

Para a caracterização dos solos da área estudada, quanto à sua condutividade hidráulica, foram utilizadas as técnicas de ensaios de campo, com o uso de Permeâmetro Guelph. Esse equipamento permite determinar a condutividade hidráulica de solos diretamente no campo. Ensaios de infiltração, com esse procedimento, foram realizados em vários locais da área de estudo, com vistas a caracterizar os solos quanto à sua capacidade de permitir a passagem da água. Os locais para a realização dos ensaios de infiltração foram definidos pela compartimentação topográfica (divisores de água e baixas encostas) e por meio do uso e da ocupação do solo (vegetação natural, culturas anuais, pastagens, silvicultura).

Soto (1999) destaca que há uma diversidade de opções de ensaios de campo para determinação da condutividade hidráulica dos solos. Os ensaios de infiltração são os mais comumente utilizados na determinação da condutividade hidráulica saturada e não saturada dos solos. E os equipamentos utilizados para esses ensaios podem ser os permeâmetros ou os infiltrômetros.

Os ensaios realizados com uso de permeâmetros são calculados considerando a Lei de Darcy e podem ser de dois tipos: a carga constante ou a carga variável. O ensaio realizado com o Permeâmetro Guelph é feito sob carga constante, em furos realizados com uso de um trado, onde pequenas cargas piezométricas são mantidas constantes, graças a um tubo de Mariotte. O Permeâmetro Guelph foi desenvolvido por Reynolds e Elrick (1985) *apud* Soto (1999), na Universidade de *Guelph*, Canadá.

Esse equipamento é de fácil uso para determinar a condutividade hidráulica saturada, o potencial matricial de fluxo e a sorção do solo no campo. No método do Permeâmetro Guelph, o processo utilizado é o de infiltração e é determinado simultaneamente por meio de medições *in situ*: k_{fs} (condutividade hidráulica saturada), Φ_{Gm} (potencial matricial de fluxo) e $k(\psi)$ (função da condutividade hidráulica não saturada). O uso do permeâmetro é uma forma rápida de determinar a condutividade hidráulica saturada do solo (k).

Esse equipamento é composto de tubo de ar, indicador do N.A. (altura H) a ser mantido no furo de sondagem, tubo com escala graduada, reservatório interno com escala graduada, reservatório externo, tubo de suporte, válvula do reservatório e ponteira do permeâmetro (Figs.36 e 37).

Soto (1999) ressalta que, nos ensaios com utilização do Permeâmetro Guelph, a altura H da lâmina de água é mantida constante, no furo. A determinação do parâmetro

K_{fs} (Condutividade hidráulica saturada de campo) é obtida no campo por intermédio da seguinte expressão:

$$K_{fs} = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H / \alpha)}$$

Sendo que,

Q: volume de água infiltrada dentro do solo;

H: profundidade da água no anel quando ensaiado a regime constante;

C: coeficiente de Hazen (constante).

O Permeâmetro Guelph permite efetuar medições de permeabilidade na superfície por meio do fornecimento de água, mantendo-se uma carga hidráulica constante e conhecida. Costa et al (2007:632) destacam que:

Os valores de infiltração são interpretados de acordo com o método teórico desenvolvido por Reynolds e Elrick (1983) baseado na equação de Richards (1931) para o fluxo permanente num furo cilíndrico. O fluxo permanente é aproximado por uma equação onde a vazão (Q) é determinada da seguinte forma: $Q = R \times A$, onde Q é a vazão do regime permanente, R é a razão da vazão constante obtida durante os ensaios e A é a área do reservatório do permeâmetro utilizado (36,19 cm²).

O coeficiente de Hazen (C) é o parâmetro fator de forma, que depende da relação H/a e do tipo do solo, que segundo Soto (1999) depende da macroporosidade e textura do solo. Nos ensaios realizados nesta pesquisa, H, que é a altura hidráulica utilizada, era de 10 cm e o diâmetro do orifício aberto pelo trado no solo era de 3,1 cm. Dentre as classes de solo fornecidas, optou-se pela classe das argilas não estratificadas, cujo valor de C é de 1,1.

Para o cálculo da permeabilidade é necessário fazer uma estimativa de α avaliando o solo. Elrick et al (1989) apud Soto (1999) sugerem dados para o parâmetro α :

Tabela 1. Dados para o parâmetro α

α (cm ⁻¹)	TIPO DE SOLO
0,01	Argilas compactadas (aterros, <i>liners</i> , sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras
0,12	Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos e fissuras
0,36	Areia grossa inclui solos com macroporosidade e fissuras evidentes

Fonte: Soto (1999, p. 49).

Nesta pesquisa, utilizou-se o valor 0,12 para o parâmetro α , pois foi o que mais se enquadrava nas características dos solos da área estudada.

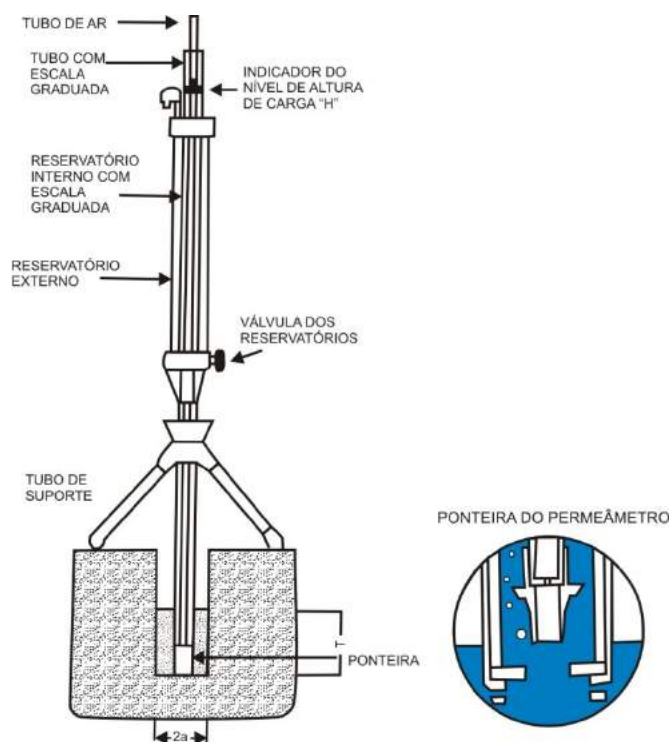


Figura 36. Esquema do Permeâmetro Guelph. Fonte: SOTO (1999). Autor: SOARES, 2008.



Figura 37. Permeâmetro Guelph. Ensaio de solo na bacia do Alto Uberabinha.

Ainda com o intuito de caracterizar os solos da área estudada, foram realizadas análises granulométricas de amostras colhidas nas perfurações dos pontos de monitoramento dos níveis de água. As análises granulométricas foram feitas no Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 1979). Este método consiste em obter resultados do tamanho das partículas do solo através das mudanças de concentração de materiais em suspensão numa proveta mediante pipetagens na mesma profundidade e em tempos determinados (FONSECA, 2002).

Para a análise textural, as amostras de solo foram secadas ao ar TFSA (Terra fina seca ao ar). Foram pesadas 20 gramas da TFSA para iniciar o processo de análise. O solo foi colocado em um béquer com 100 ml de água destilada e 15 ml de NaOH a 4%

(1N). Posteriormente, agitou-se por 15 horas, no agitador mecânico a 180 orbitais por minuto. Após a dispersão, o material foi lavado na peneira de malha 0,053mm, passando silte e argila para a proveta de 1000 ml e ficando retida a fração areia.

O material da proveta foi agitado manualmente por um minuto, deixando em repouso por quatro horas, fez-se uma pipetagem a 5cm de profundidade coletando a argila. Agitou novamente por um minuto, deixou em repouso por três minutos, fez-se nova pipetagem a 10cm de profundidade, coletando argila e silte.

Esse material coletado foi para a estufa a 110 C° de temperatura e, quando seco, foi feita a pesagem e calculados os percentuais. As areias foram peneiradas numa malha de 0,210 mm para separar as areias finas e grossas

Macedo e Corrêa (2006) realizaram análises físicas e químicas de amostras de um perfil de solo localizado em área úmida de topo, junto a uma voçoroca nas margens do ribeirão Beija-Flor. As seguintes análises físicas foram realizadas: granulometria, densidade aparente e real e porosidade. As análises químicas foram: pH em água e pH em KCl N, cátions trocáveis, acidez extraível, valor da CTC (capacidade de troca catiônica), saturação por Al^{+++} , porcentagens de matéria orgânica, fósforo, carbono e nitrogênio, ataque sulfúrico, relações moleculares e capacidade de campo.

Para determinação da velocidade e direção do fluxo subterrâneo foram feitos ensaios com traçadores em três áreas experimentais: uma localizada nas áreas tabulares de topo, outra na média vertente e, por último, na baixa vertente. Utilizou-se o NaCl – Cloreto de Sódio como traçador e o Condutivímetro Digital Portátil, marca GEHAKA, modelo CG 220 versão 1.05, para determinar o traço do sal, através da condutividade (uS). A escolha do NaCl como traçador se deu devido a facilidade de solubilidade em água e baixo custo do sal.

Com o levantamento dos dados hidrológicos e com as características das formações superficiais, foi possível caracterizar e quantificar os processos hidrológicos. Esta é considerada a terceira etapa da pesquisa, onde são feitas as análises interpretativas da fisiologia da paisagem. Nesse momento, por meio de cruzamento dos mapas dos sistemas úmidos (usos do solo em 1964 e em 2006), foi estabelecida uma análise comparativa entre a evolução da ocupação desses sistemas, pelo homem, e os processos de recarga do aquífero local. Ainda na terceira etapa foi feito o balanço hidrológico da Bacia do Alto Uberabinha.

Os procedimentos metodológicos adotados para o levantamento de dados hidrológicos e caracterização das formações superficiais possibilitaram realizar o balanço hidrológico da bacia hidrográfica estudada e planejar a otimização da recarga do aquífero local.

O balanço hidrológico da bacia hidrográfica requer a quantificação de componentes do sistema, que são responsáveis pela transferência de água através da bacia, visando à utilização racional dos recursos hídricos e a uma melhor compreensão da dinâmica hídrica da bacia.

Para o cálculo do balanço hídrico na Bacia do Alto Uberabinha foram utilizados os dados mensais de precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e deflúvio (vazão Q em mm), caracterizados como entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de água dos compartimentos hidrológicos. A fórmula proposta por TUCCI (2004) se mostrou a mais adequada para esta pesquisa, pois é a que melhor se adapta a intervalos de tempo maiores que uma semana:

$$V_t = V_o - (P - Q - ETP) \Delta t \quad \text{onde}$$

P – Precipitação no período

Q – Vazão no período

ETP – Evapotranspiração potencial no período

Vt e Vo = São o armazenamento total de umidade na bacia ao final e início do intervalo de tempo Δt

Como o levantamento dos dados hidrológicos na Bacia do Alto Uberabinha iniciou-se em setembro/2006 havendo, nessa data, um saldo armazenado desconhecido e partindo-se do pressuposto de que é essa estocagem hídrica desconhecida, a qual foi acumulada em um período anterior ao início da coleta de dados, que sustenta as descargas fluviais e evapotranspirantes no período de estiagem, estabeleceu-se que o menor valor de vazão (2,59 m³/s) e evapotranspiração (16,19 mm), do período analisado, serão aqui considerados como reserva ou fluxo basal, compondo o saldo anteriormente armazenado. Dessa forma, o armazenamento inicial do intervalo de tempo analisado será Vo = 66,85 mm. Para chegar à mesma unidade de medida dos dados que serão utilizados para o cálculo do balanço hidrológico, a vazão mensal (m³/s) foi transformada em deflúvio mensal (mm).

O saldo poderá assumir valores negativos ou positivos. Quando o saldo for positivo, houve armazenamento de água no sistema e, quando o saldo for negativo, significa que houve um *déficit* no sistema hidrológico.

Para calcular a precipitação média numa área é necessário observar a área estudada e as áreas vizinhas. O método da precipitação média dá bons resultados em áreas aplainadas, quando a localização e exposição dos pluviômetros são semelhantes e as distâncias entre eles não são muito grandes (TUCCI, 2004). Dessa forma, a precipitação média é considerada como sendo uma lâmina de água de altura uniforme

sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo dado. No método da média aritmética, os pluviômetros possuem o mesmo peso. A precipitação média é calculada como a média aritmética dos valores medidos. A fórmula utilizada pelo método da média aritmética é:

$$P_m = 1/n \sum P_i$$

P – precipitação média na área em mm.

P_i – Precipitação média no *i*-ésimo pluviômetro

N – número total de pluviômetros.

A evapotranspiração é considerada como sendo a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. De acordo com os objetivos da pesquisa, podem ser consideradas a Evapotranspiração Potencial (ETP) ou a Evapotranspiração Real (ETR).

A Evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água transferida, na unidade de tempo de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (PENMAN, 1956 apud TUCCI). A Evapotranspiração real (ETR) é a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e unidade de solo. A evapotranspiração real é igual ou menor que a evapotranspiração potencial (ETR < ETP) (GANGOPACHYAY et al, 1968 apud TUCCI) (2004: 270).

A Evapotranspiração Real é difícil de ser calculada, pois se trata de um processo complexo e dinâmico que envolve organismos vivos, como as plantas e o solo, requer longo tempo de observação e muitos dados. Já a Evapotranspiração Potencial pode ser calculada por meio de modelos baseados em leis físicas e relações empíricas, de forma rápida e com precisão aceitável.

Nesta pesquisa, para calcular os valores da ETP será utilizada a equação proposta por Thornthwaite, que correlaciona o número de dias do mês, os dados mensais de temperatura média, latitude, radiação solar e um fator de ajuste conforme a estação do ano.

$$ETP = Fc 16 (10 * T/I)^a \quad \text{onde,}$$

ETP – Evapotranspiração potencial para meses de 30 dias e comprimento de 12 horas

T – Temperatura média mensal (°C)

Fc – Fator de correção um função da latitude e mês do ano

$$I = \sum_{i=1}^{12} (T_i / 5)^{1.514}$$

$$a = 67,5 * 10^{-8} I^3 - 7,71 * 10^{-6} I^2 + 0,01791 I + 0,492$$

Deflúvio é a parcela das águas de chuva que corre sobre a superfície, em direção aos rios. Para calcular o deflúvio mensal, é necessário transformar a vazão em m³/s (Tabela 1) para mm. Essa transformação é necessária para se chegar à mesma unidade de medida para a precipitação (mm) e deflúvio (mm), com o jeito de calcular o balanço hidrológico. A equação para o cálculo do deflúvio é:

$$\text{Deflúvio (mm)} = \frac{\text{média da vazão mensal em m}^3/\text{h} * 24\text{h} * 1000 * \text{n}^\circ \text{ dias do mês}}{\text{Área}}$$

3. A DINÂMICA HIDROLÓGICA NA BACIA DO ALTO UBERABINHA

3.1 Aquisição e Tratamento dos Dados

Para analisar a dinâmica hídrica na área de estudo, foram feitas medições e avaliações dos principais componentes que interferem no seu balanço hídrico. Segundo Chevallier (2004), esses componentes podem ser divididos em três categorias: dados climáticos (precipitação, evapotranspiração); dados de escoamento (descargas líquidas e sólidas); e componentes característicos do meio receptor (geologia, topografia, solos, vegetação, etc). Segundo o autor, os parâmetros hidrológicos são variáveis no tempo e no espaço. O clima, os escoamentos e o meio receptor têm uma evolução dinâmica que pode ser representada por leis estatísticas. Já a amplitude ou escala espacial dessa evolução depende do parâmetro escolhido e do fenômeno estudado. Isso evidencia a necessidade de observar, várias vezes, os parâmetros, a frequência e a duração do monitoramento do fenômeno estudado.

Existem parâmetros que requerem uma medição pontual e outros que requerem uma representação espacial. Geralmente, os parâmetros climáticos e das características do meio receptor são pontuais e os parâmetros relacionados aos escoamentos incluem processos da bacia de drenagem analisada.

3.1.1 Precipitações

Conforme foi mencionado anteriormente, nas proximidades dos pontos amostrados foram coletados dados de precipitações, em dois pontos da bacia do Alto Uberabinha: na fazenda Van Ass (Fig. 38) e na fazenda Roncador, da SA Agroindustrial Eldorado (Fig. 39). Nesses pontos, os dados pluviométricos já vinham sendo coletados (desde 2005 na Fazenda Roncador e há mais de 10 anos na Fazenda Van Ass) pelos responsáveis pelos empreendimentos, há algum tempo. O controle dos dados climáticos, neste caso os dados de precipitação é fundamental para o planejamento das atividades produtivas dos empreendimentos. Nos gráficos a seguir, Figs. 38 e 39 estão destacados os totais pluviométricos dos anos de 2006, 2007 e 2008.

Nesta pesquisa foram utilizados os dados de temperatura da estação climática da fazenda Roncador, da SA Agroindustrial Eldorado, por se tratar de um local bastante representativo e por estar no centro da área estudada.

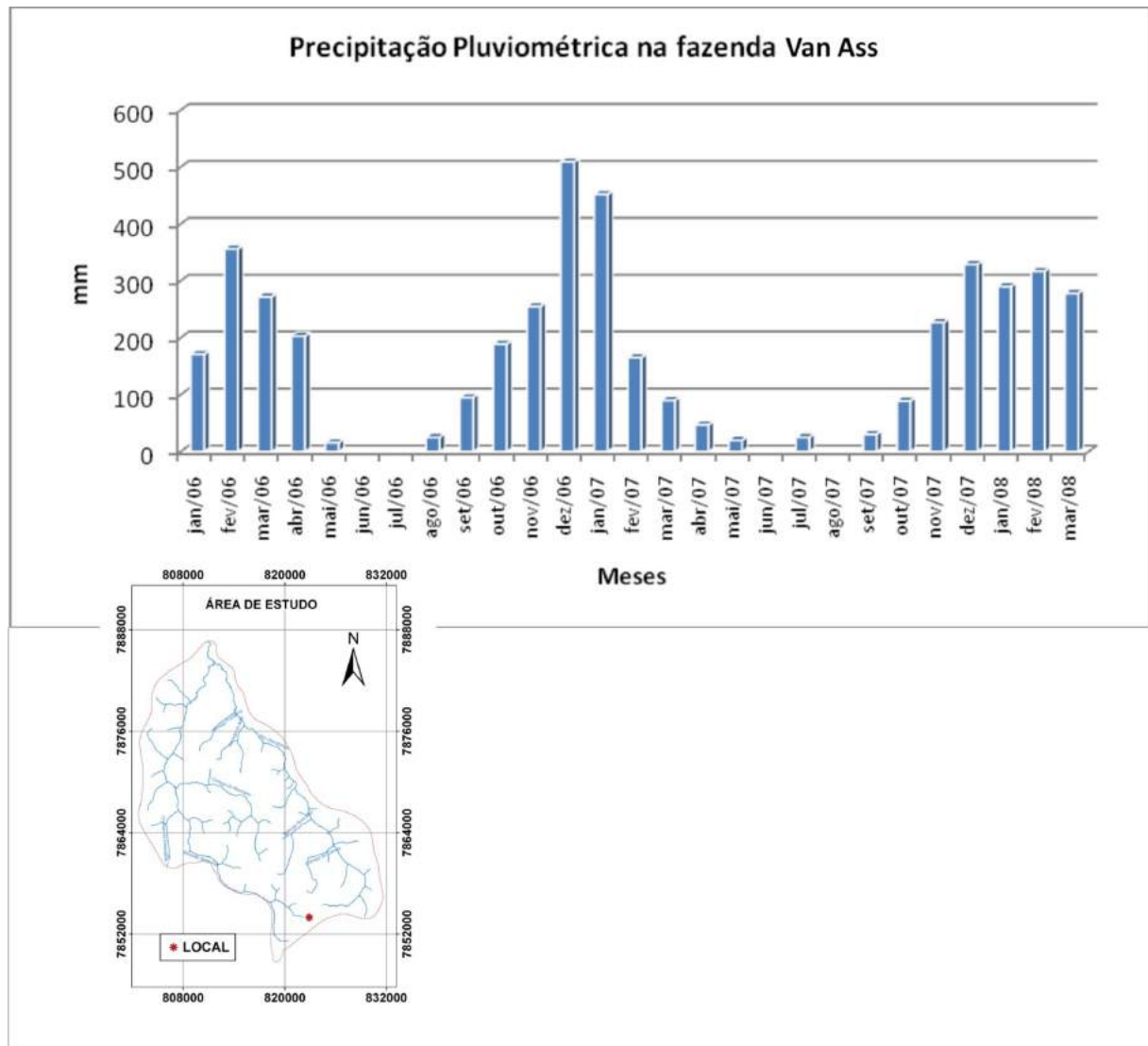


Figura 38. Dados de precipitação: 2006, 2007 e 2008 na Fazenda Van Ass.

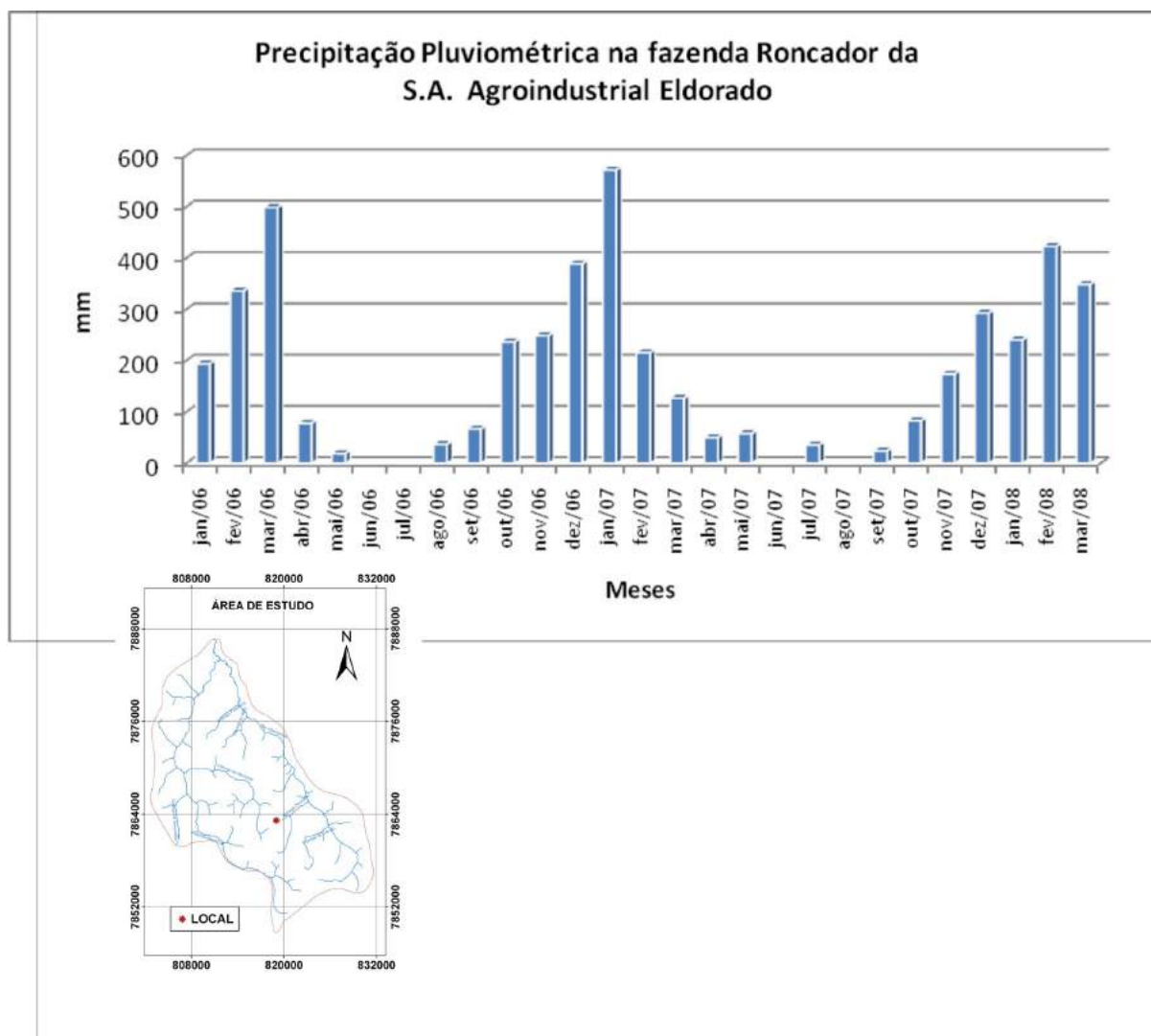


Figura 39. Dados de precipitação da SA Agroindustrial Eldorado, em 2006, 2007 e 2008.

3.1.2. Medidas de vazão

As primeiras medidas de vazão foram realizadas para escolher a hélice mais adequada, calibrar o equipamento e testar os procedimentos metodológicos, por isso os resultados não serão utilizados nesta pesquisa. Na Tabela 1 estão os resultados das medidas de vazão realizadas com os dois procedimentos citados anteriormente. As medidas de vazão, por área

de influência, apresentam maior rigor científico e serão os valores utilizados nesta pesquisa para os cálculos do balanço hidrológico (fig 40). Nos meses de Janeiro/2007, Janeiro/2008 e Fevereiro/2008, não foi possível efetuar as determinações de vazão na seção escolhida. Nesses períodos o rio Uberabinha passou a ocupar o seu leito maior, caracterizado por extensas várzeas (Fig.41). Dessa forma, estes valores foram estimados com base no comportamento do fluxo e nos valores de precipitação, no mesmo período do ano anterior.

Tabela 2. Medidas de Vazão – Rio Uberabinha – Uberlândia – MG

MEDIDAS DE VAZÃO		
DATA	VAZÃO POR ÁREA DE INFLUÊNCIA em m ³ /s	VAZÃO PELA MÉDIA DO FLUXO em m ³ /s
29/09/06	5,65	16,45
10/10/06	11,81	12,40
09/11/06	12,67	13,91
20/12/06	28,37	29,05
15/01/07	31,41*	-
01/02/07	34,44	31,73
01/03/07	18,60	17,39
16/04/07	8,22	9,65
14/05/07	7,49	8,22
16/06/07	2,59	7,25
15/07/07	4,59	6,07
23/08/07	3,57	5,40
24/10/07	3,75	4,90
29/11/07	7,01	8,30
16/12/07	22,08	22,02
00/01/08	35,00*	-
00/02/08	35,00*	-
01/03/08	17,89	18,61

* valores estimados

No geral, os resultados das medidas de vazão, realizados pela média do fluxo do canal fluvial, apresentam valores maiores do que àqueles, calculados pelo método que considera as diversas áreas de influência do perfil do canal fluvial.

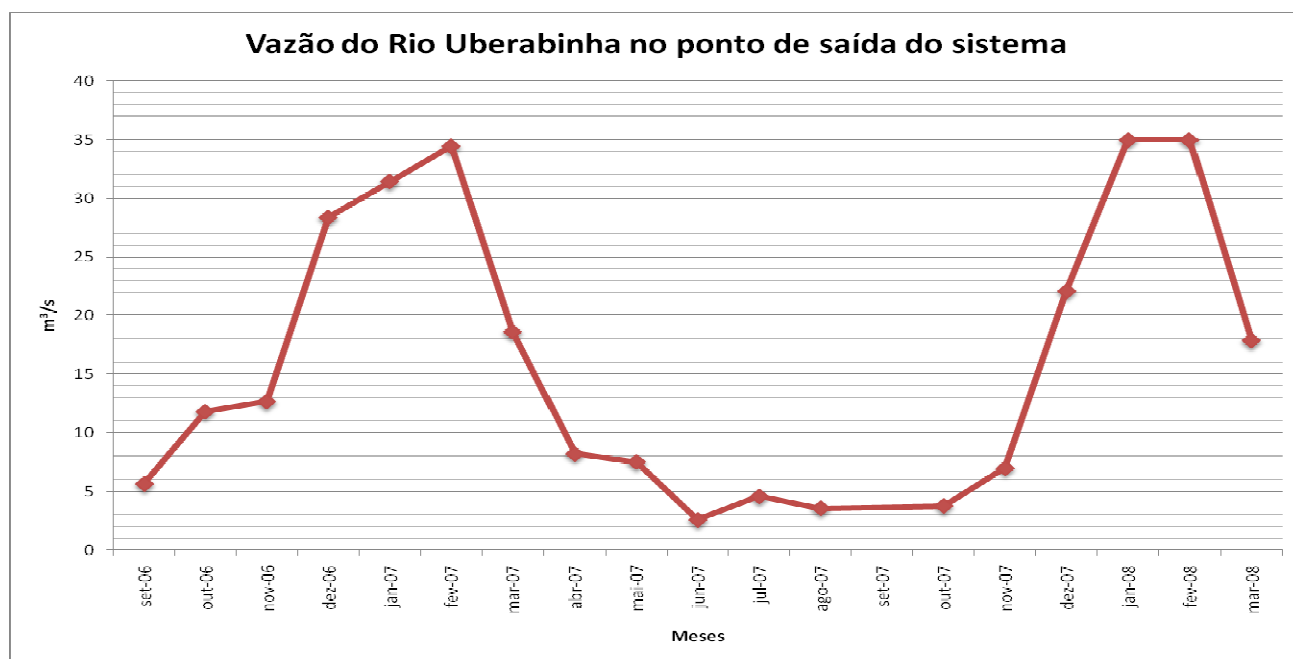


Figura 40 – Medidas de vazão no Rio Uberabinha – Uberlândia – MG.



Figura 41. Seção do Rio Uberabinha onde são feitas as medidas de vazão, mostrando a ocupação do leito maior sazonal. Autor, SOARES, 2007.

3.1.3 Levantamento do nível freático

O levantamento do nível freático (N.A.) teve início em junho de 2006. As determinações do N.A. foram feitas mensalmente. Nas Figuras 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 e 54 estão representados os N.As mensais, nos diversos pontos amostrais da área estudada.

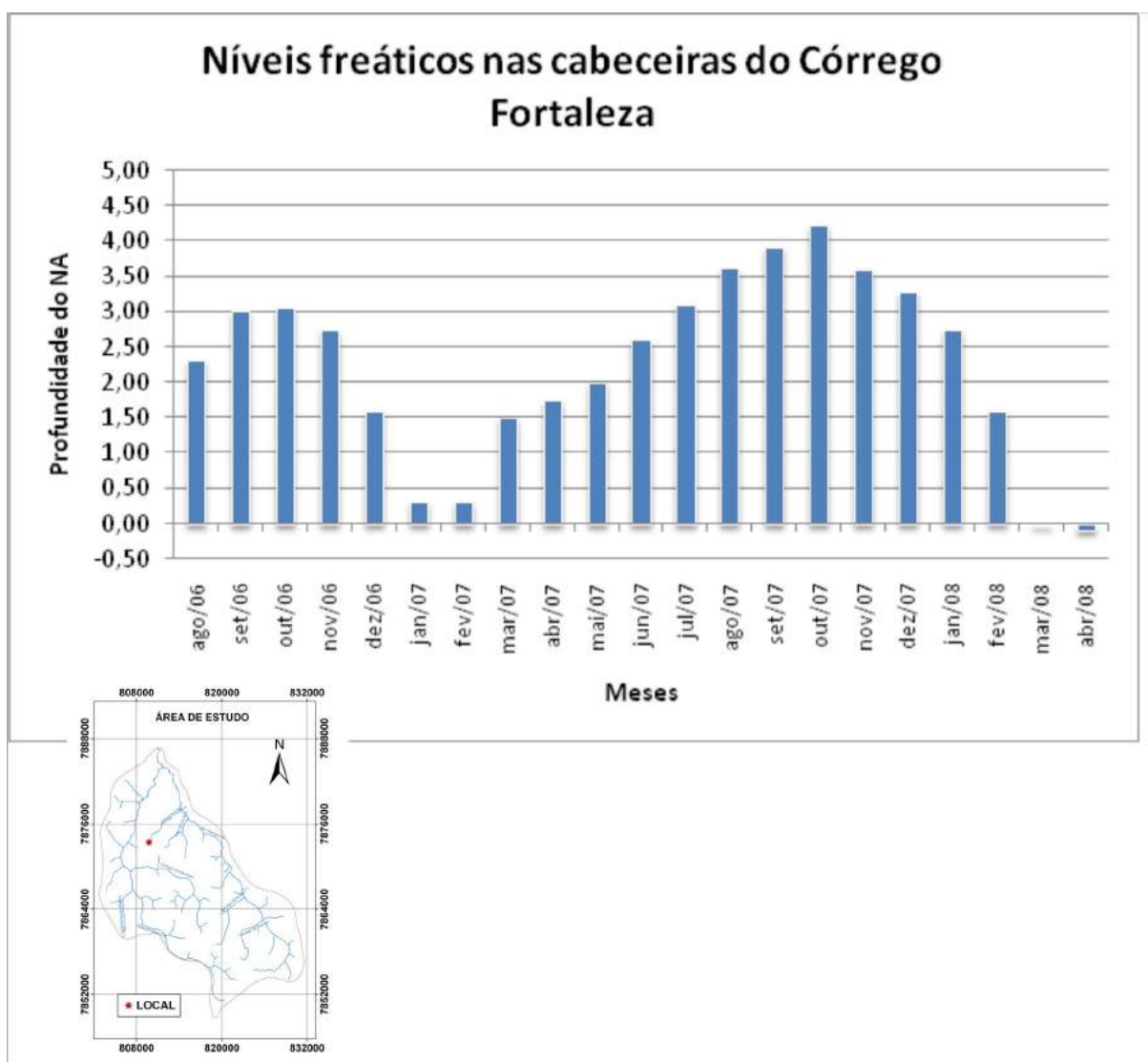


Figura 42. Profundidade do N.A, na nascente do Córrego Fortaleza. Estação Experimental VI.

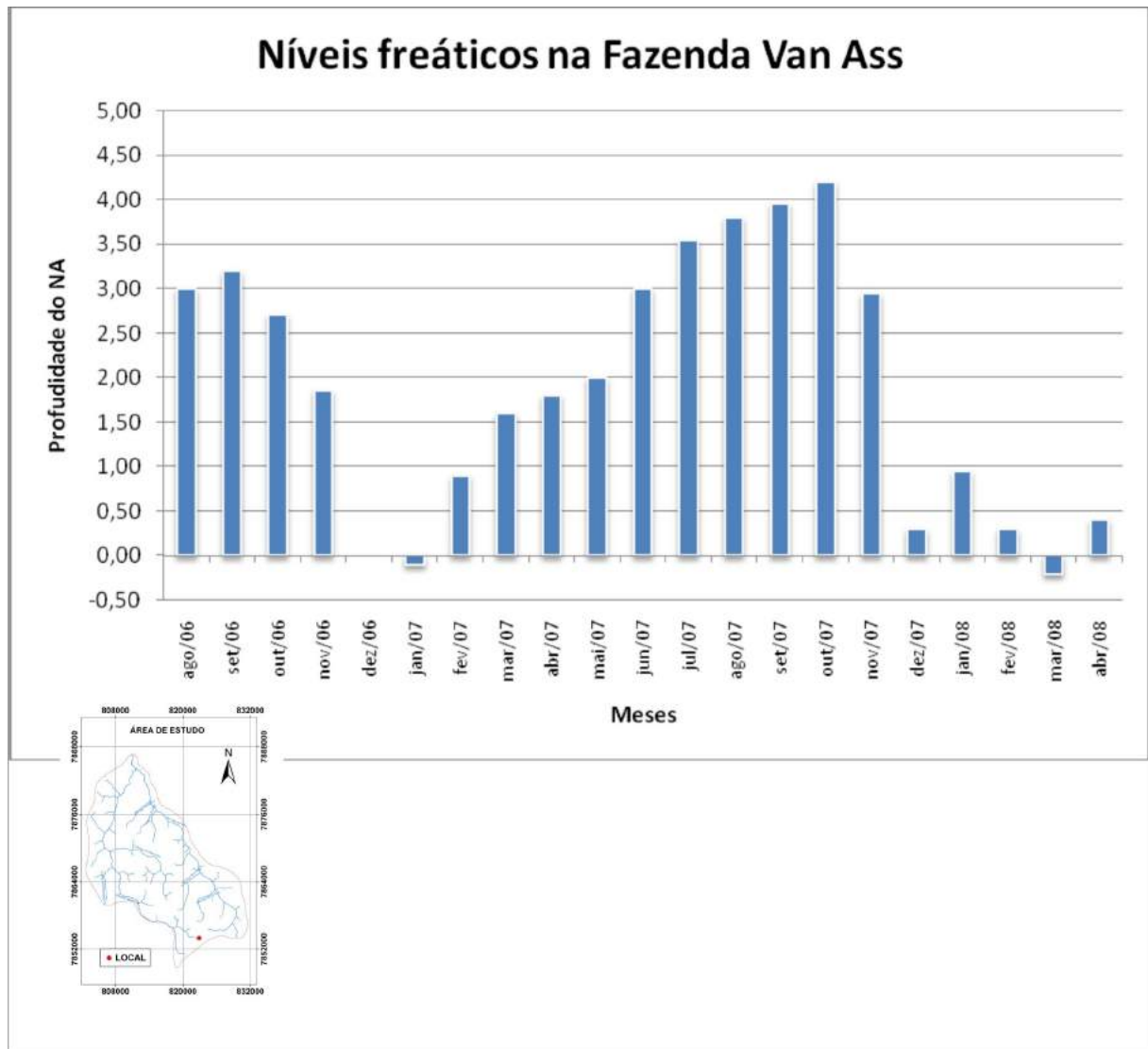


Figura 43. Profundidade do N.A, na Fazenda Van Ass. Estação Experimental II.

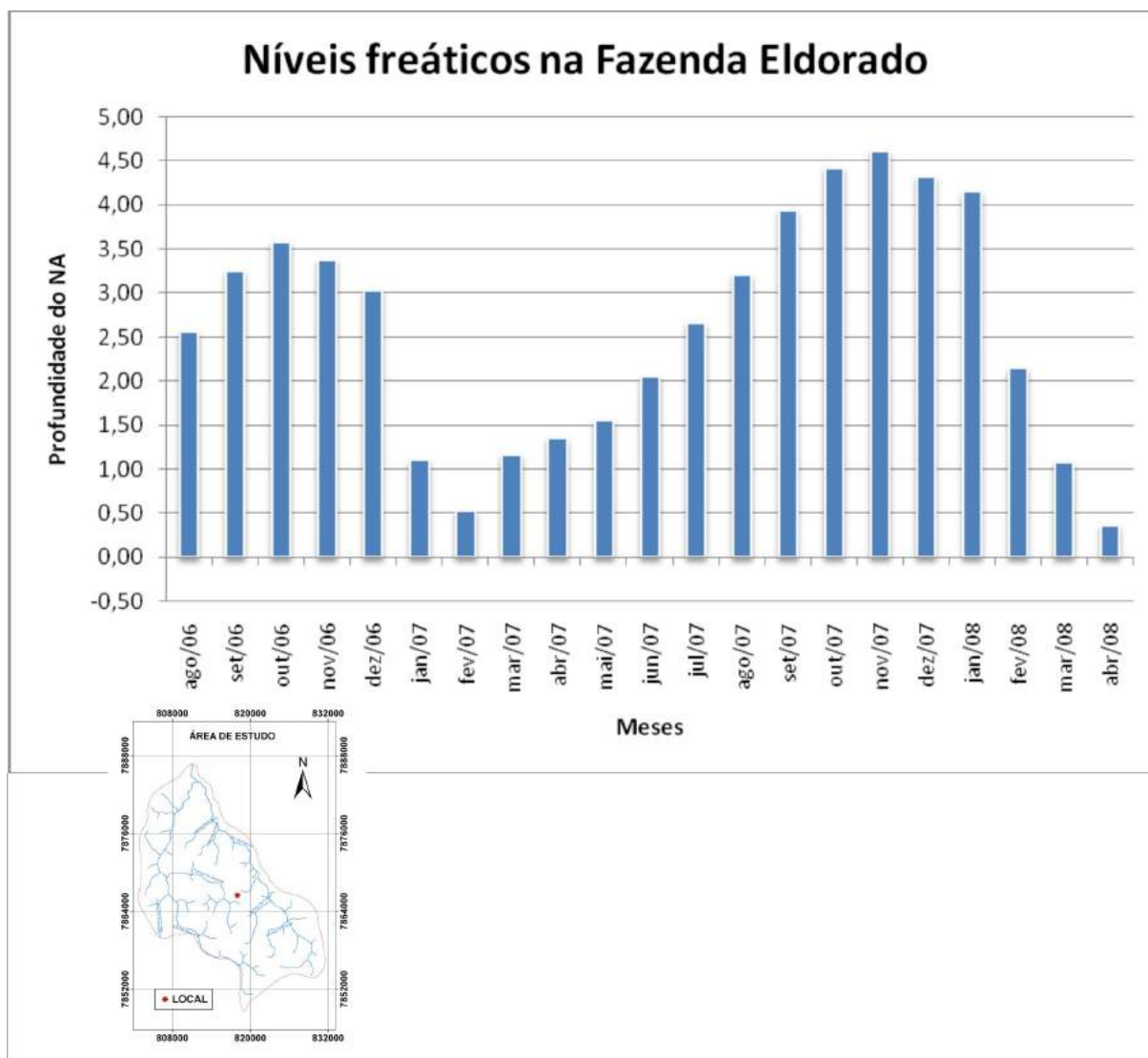


Figura 44. Profundidade do N.A., na Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado. Estação Experimental V.

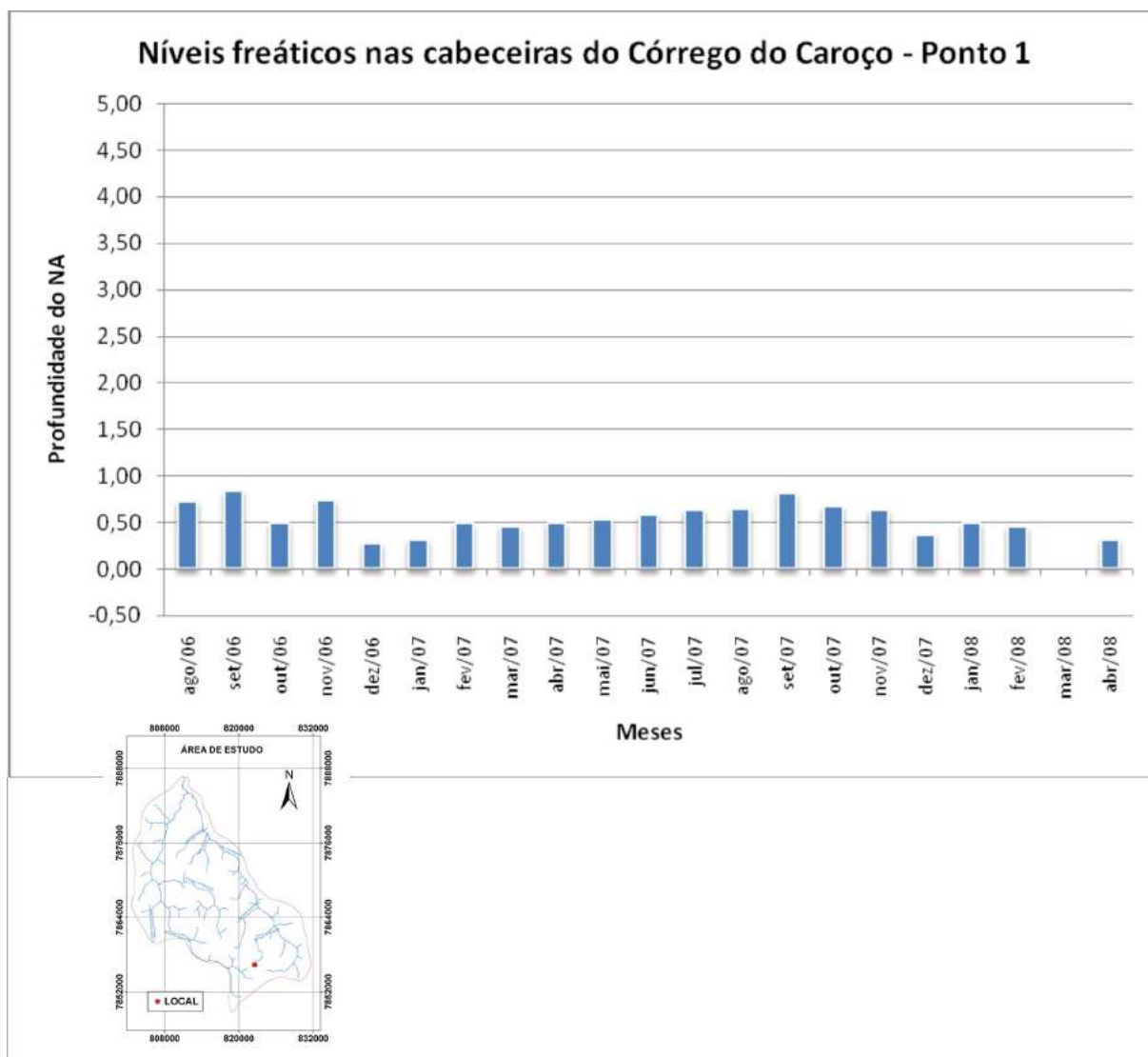


Figura 45. Profundidade do N.A, no Córrego do Carço – Ponto 1. Estação Experimental III.

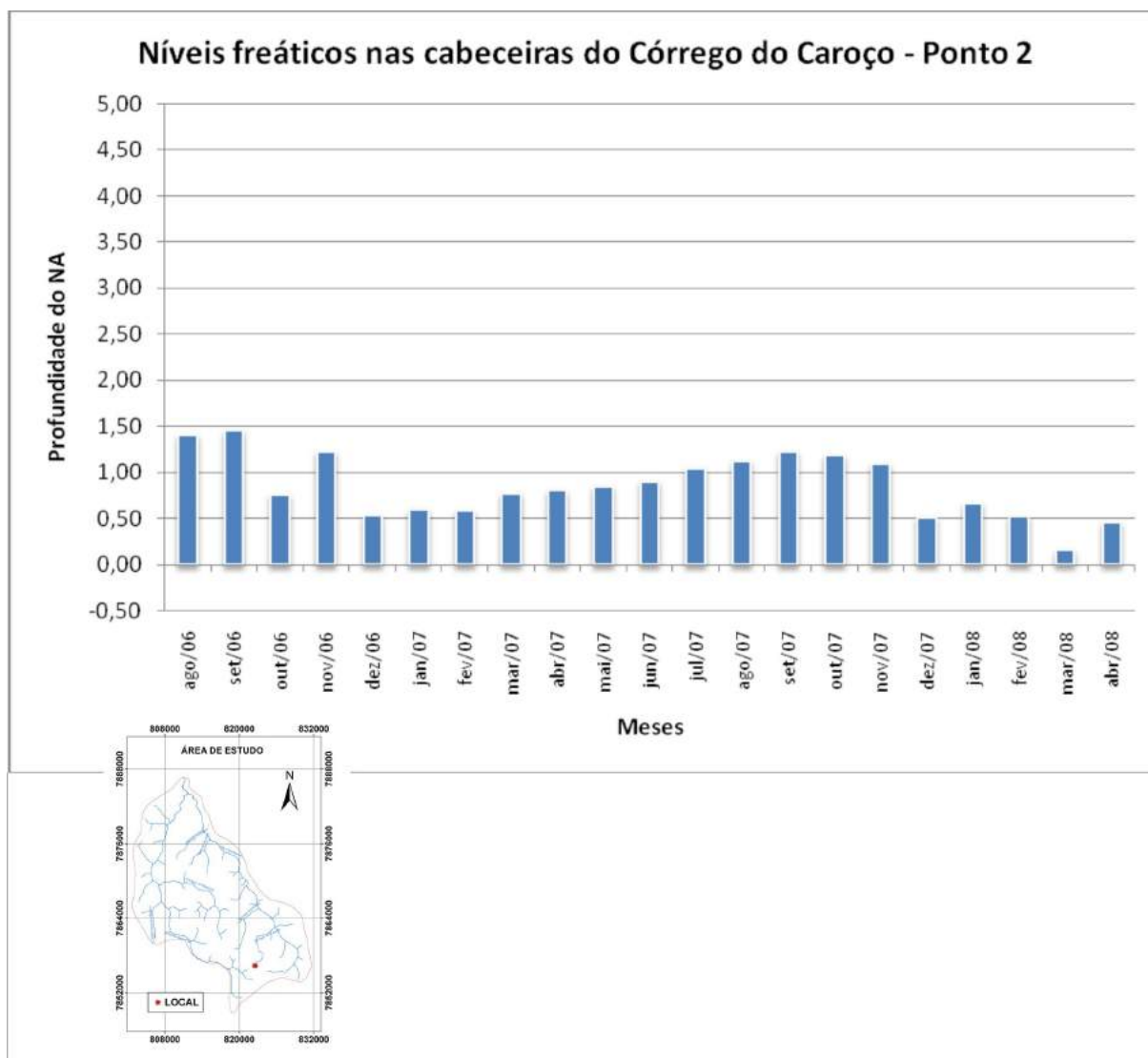


Figura 46. Profundidade do N.A, no Córrego do Carço – Ponto 2. Estação Experimental III.

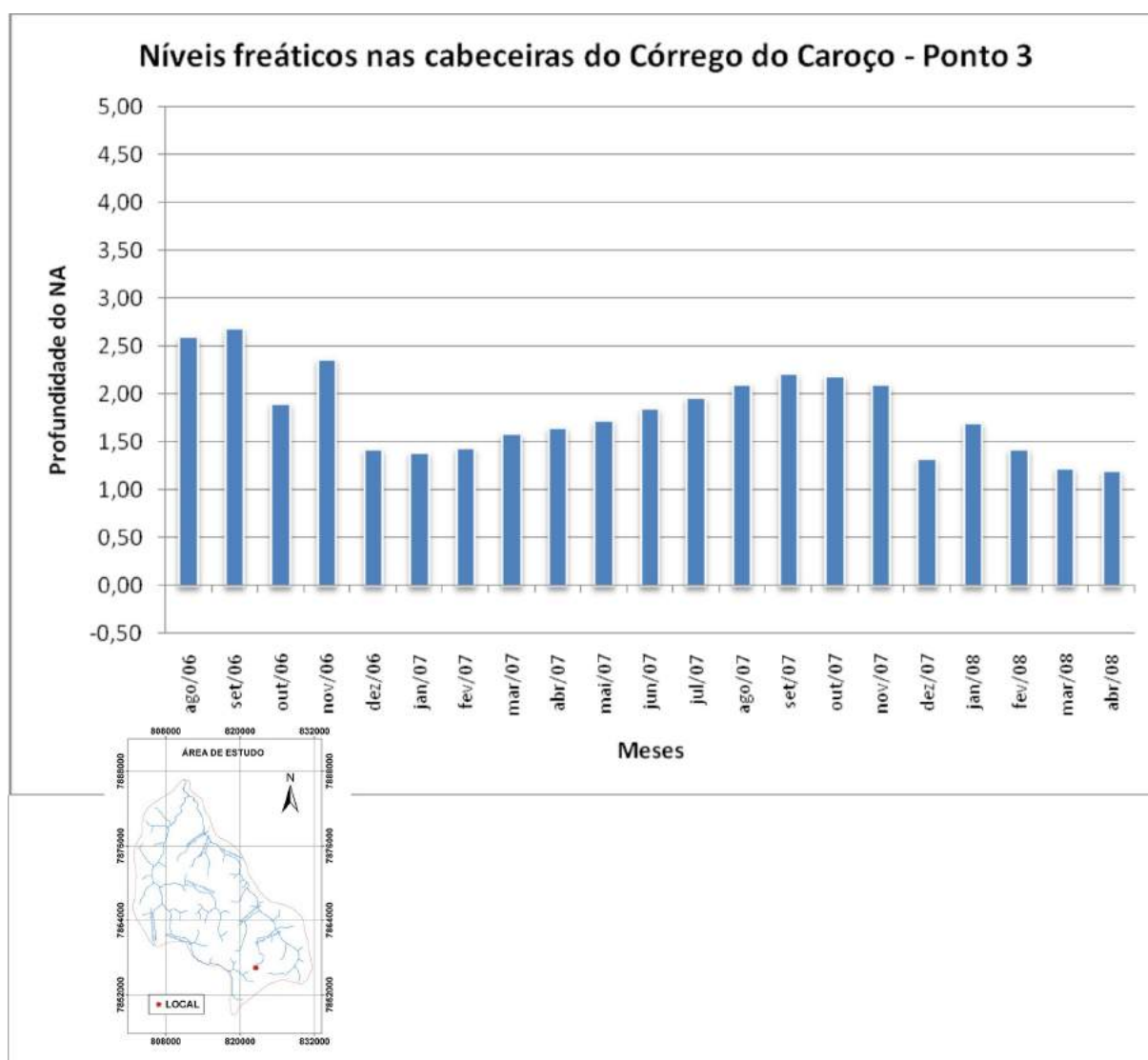


Figura 47. Profundidade do N.A., no Córrego do Caroço Ponto 3 – Estação Experimental III.

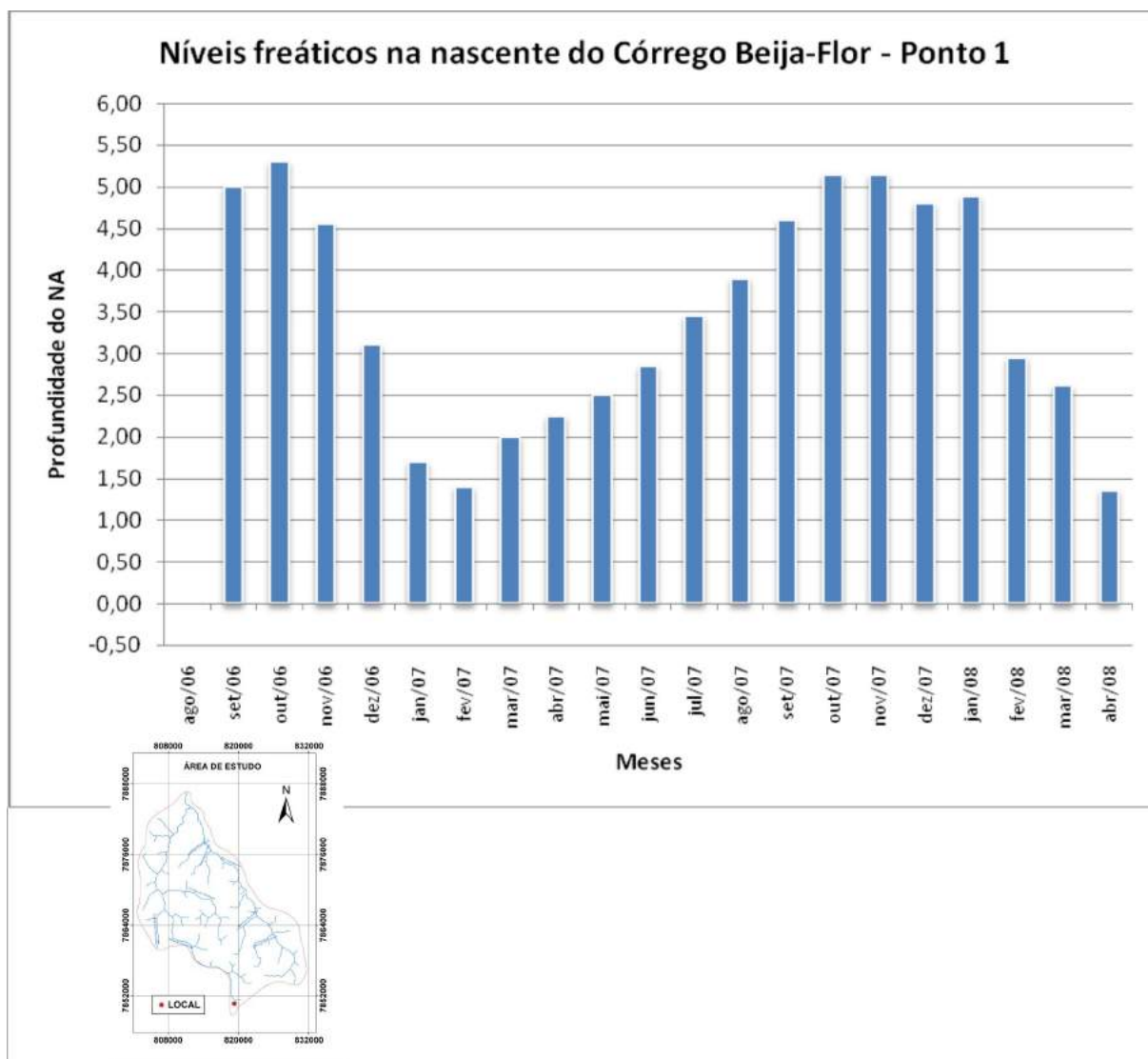


Figura 48. Profundidade do N.A., em sessão na Lagoa do Beija-Flor, topo divisor do Beija-Flor, Rio Claro e Rio Uberabinha – Ponto 1. Estação Experimental I.

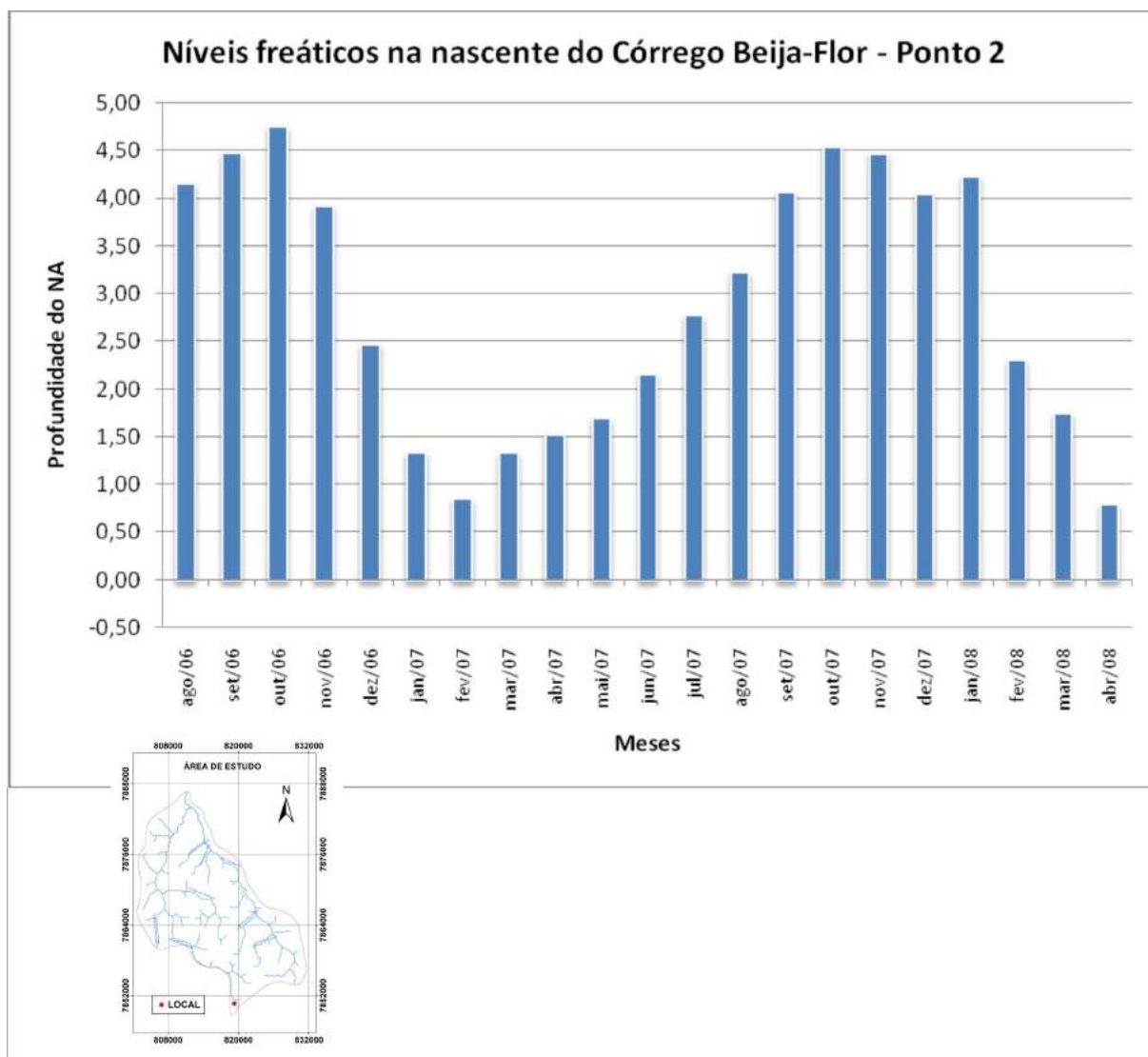


Figura 49. Profundidade do N.A., em sessão na Lagoa do Beija-Flor, topo divisor do Beija-Flor, Rio Claro e Rio Uberabinha – Ponto 2. Estação Experimental I.

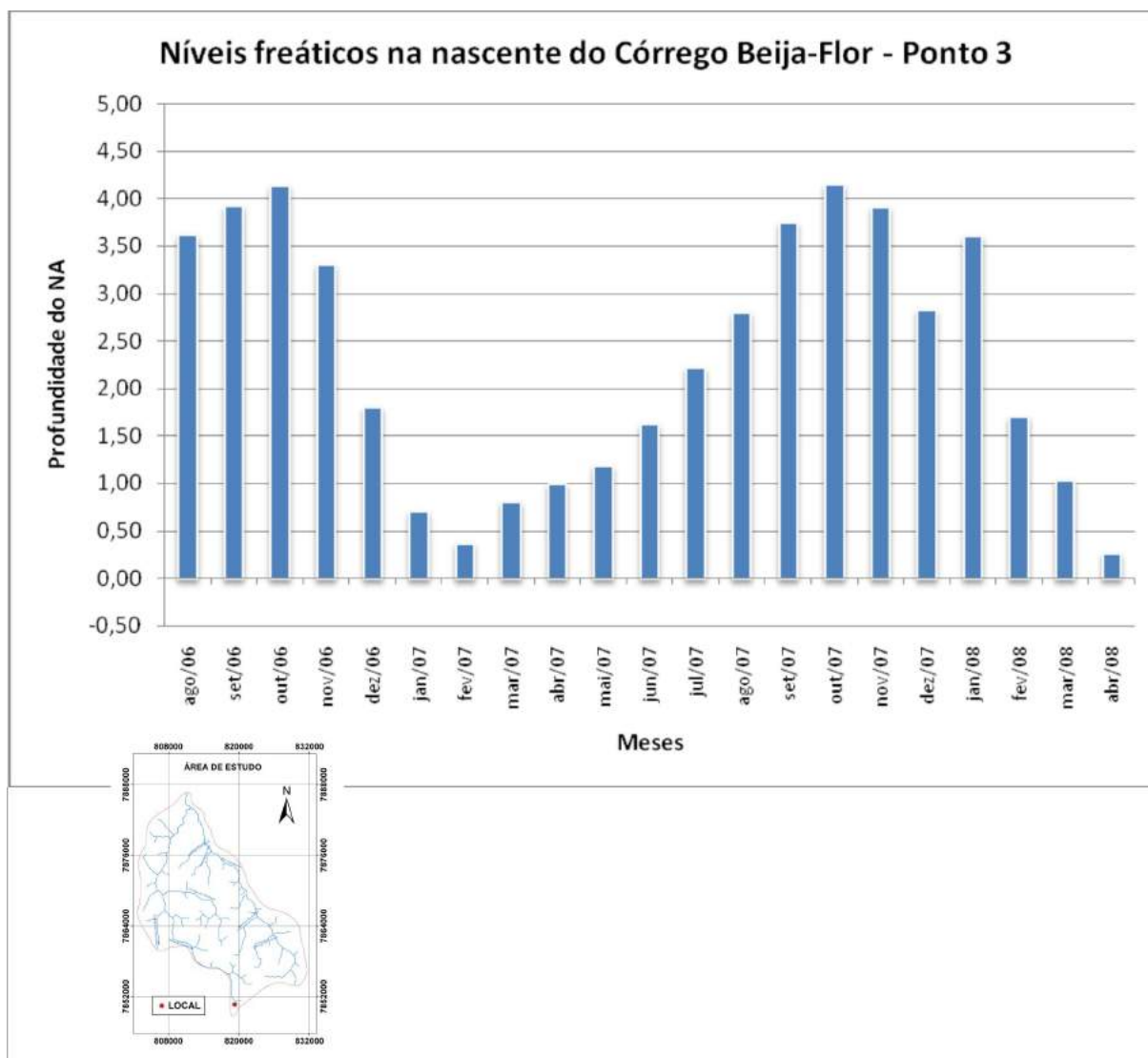


Figura 50. Profundidade do N.A., em sessão na Lagoa do Beija-Flor, topo divisor do Beija-Flor, Rio Claro e Rio Uberabinha – Ponto 3. Estação Experimental I.

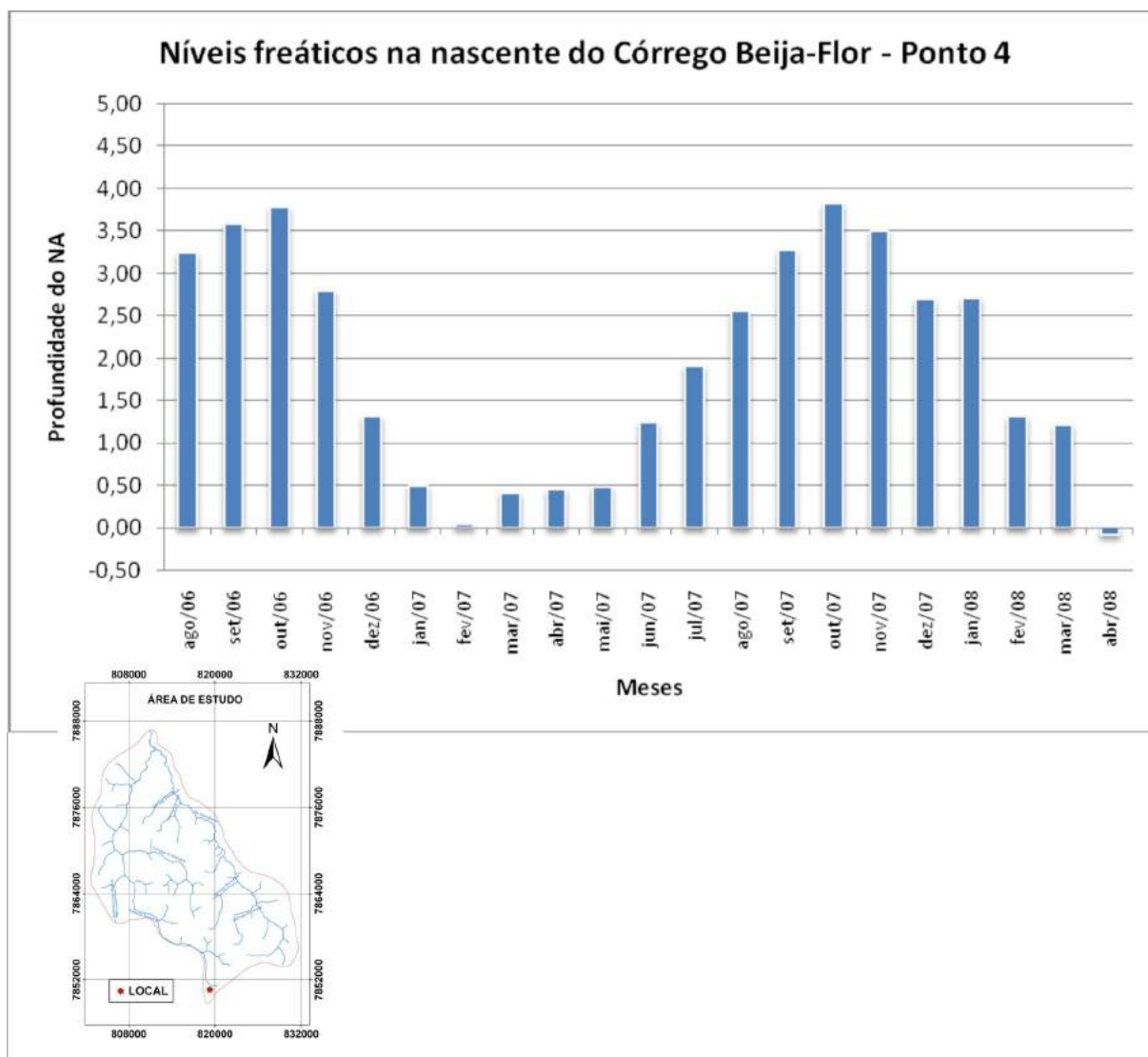


Figura 51. Profundidade do N.A., em sessão na Lagoa do Beija-Flor, topo divisor do Beija-Flor, Rio Claro e Rio Uberabinha – Ponto 4. Estação Experimental I.

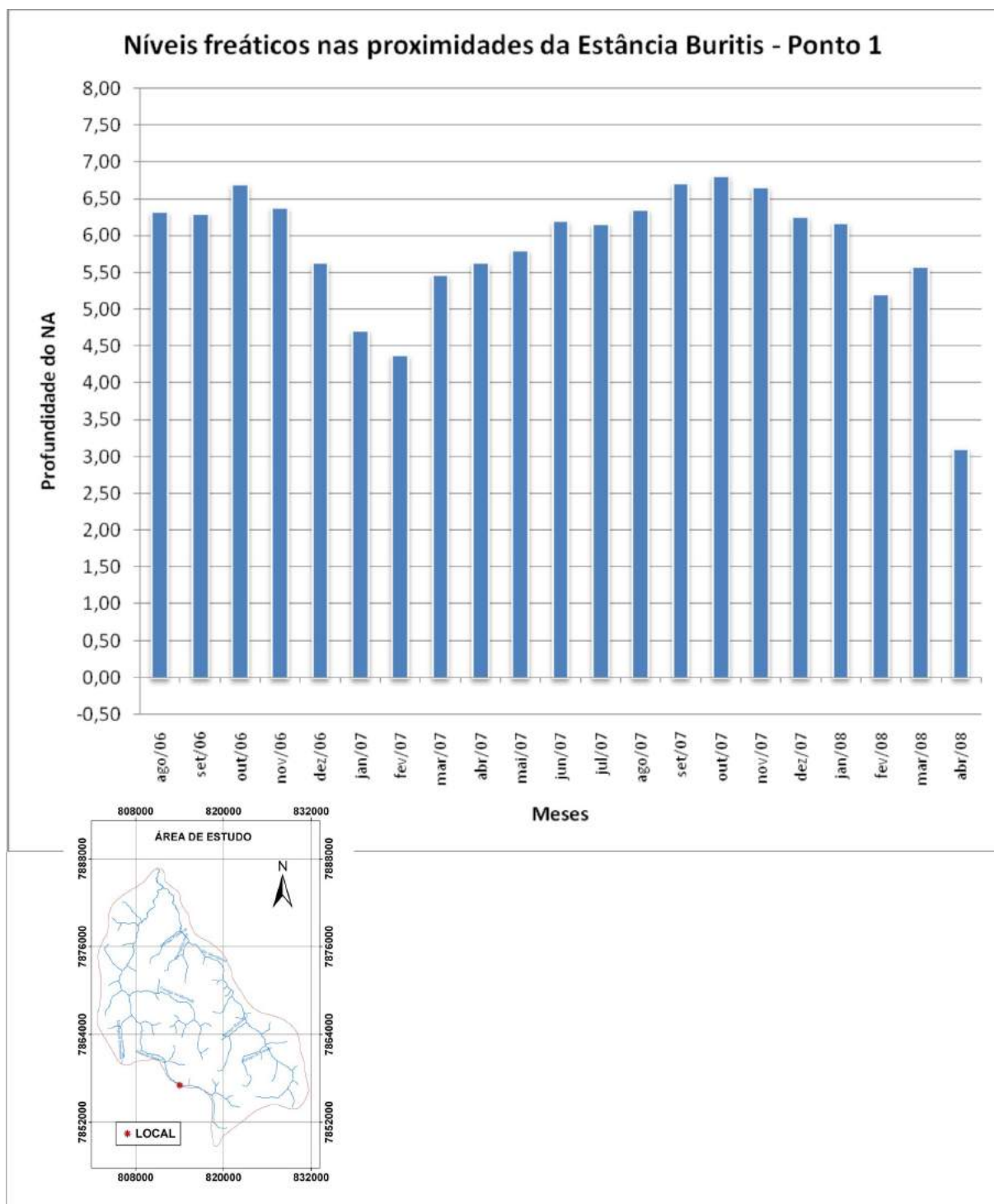


Figura 52. Profundidade do N.A., na Estância Buritis – Margem do Ribeirão Beija-Flor, próximo à borda Oeste da Bacia do Alto Uberabinha. Ponto 1. Estação Experimental IV.

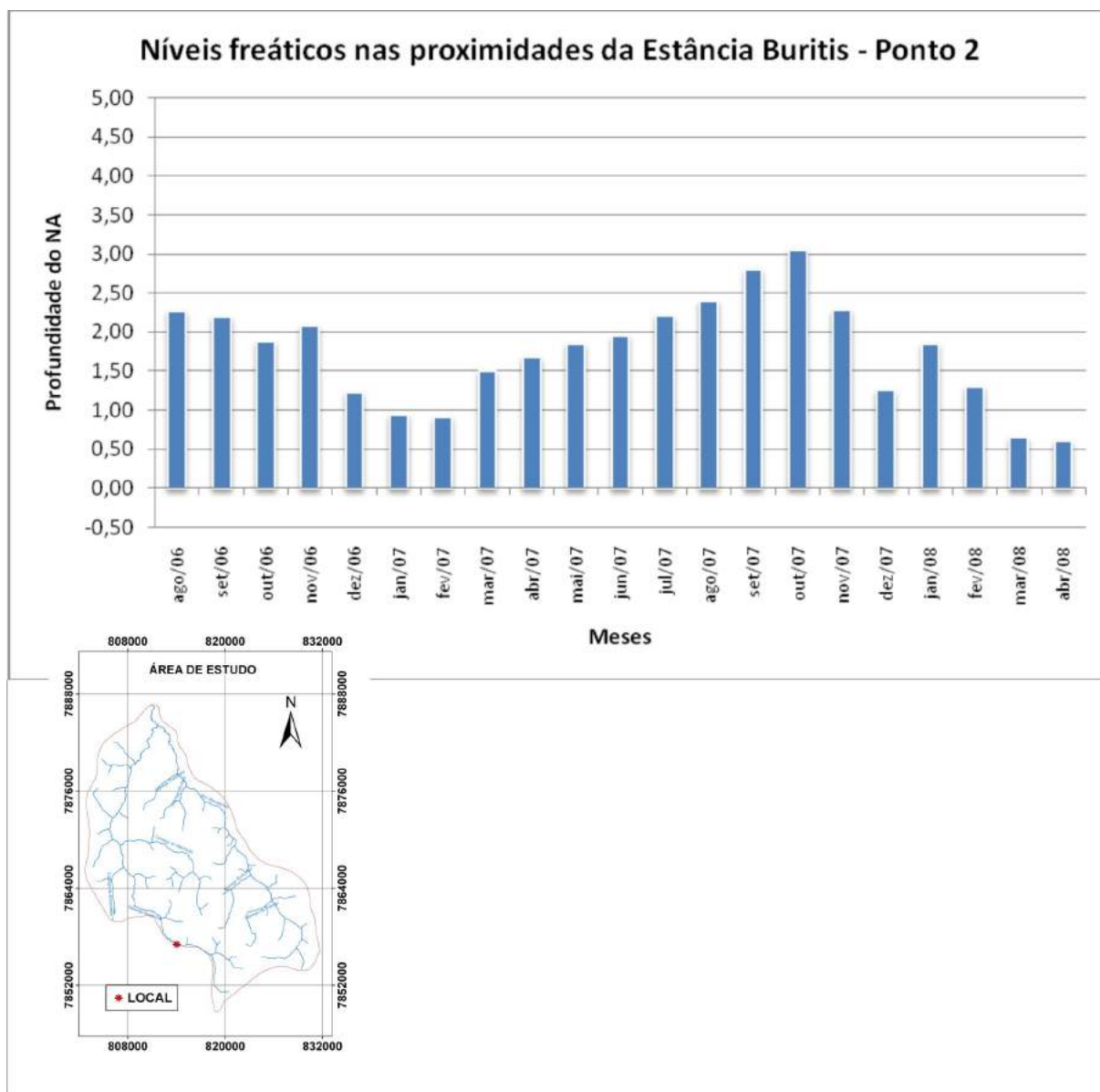


Figura 53. Profundidade do N.A., na Estância Buritis – Margem do Ribeirão Beija-Flor, próximo à borda Oeste da Bacia do Alto Uberabinha. Ponto 2. Estação Experimental IV.

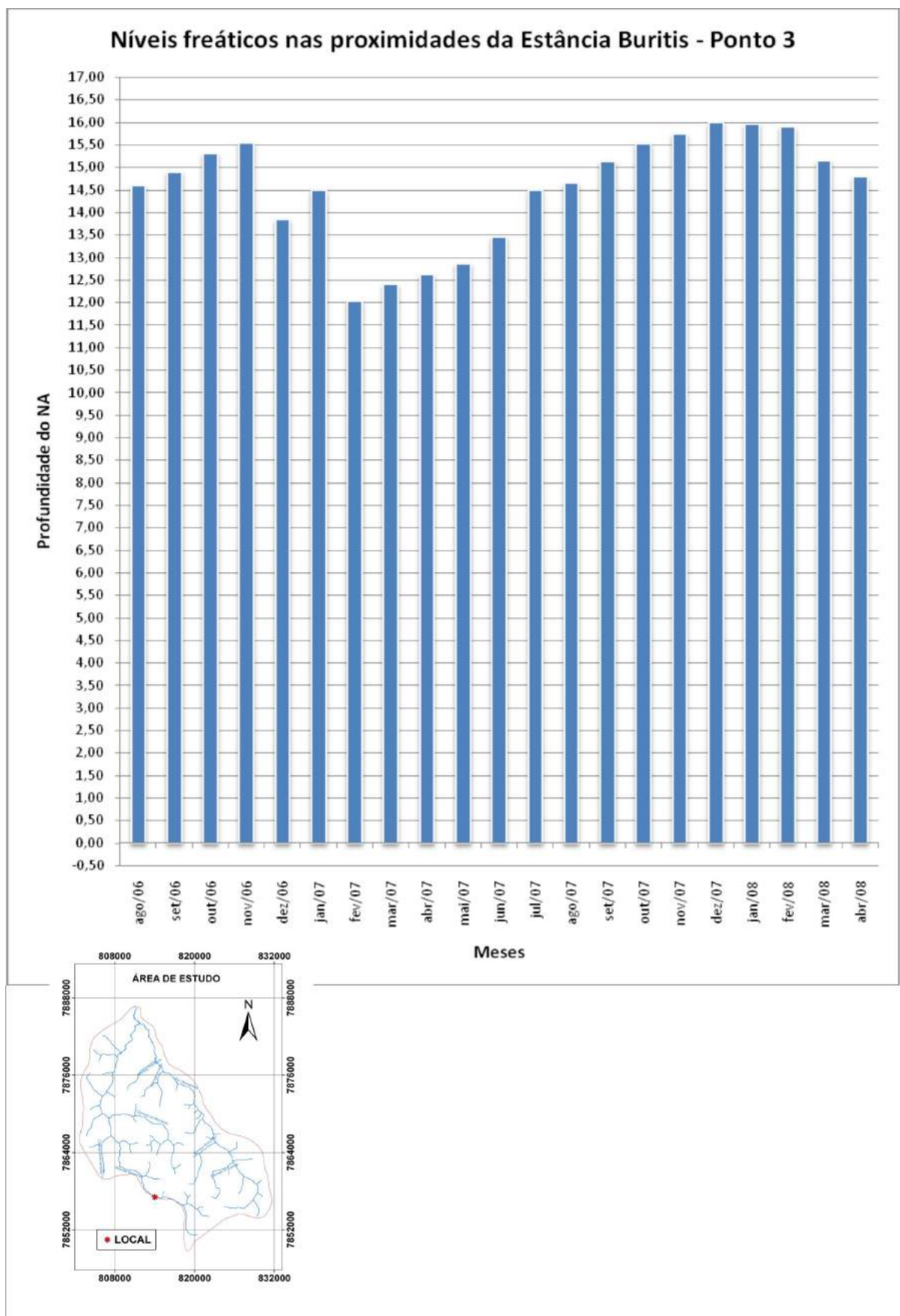


Figura 54. Profundidade do N.A., na Estância Buritis – Margem do Ribeirão Beija-Flor, próximo à borda Oeste da Bacia do Alto Uberabinha. Ponto 3. Estação Experimental IV.

3.1.4. Ensaio de infiltração com Permeômetro Guelph

Foram feitos 19 ensaios de solo, distribuídos pela área de estudo. Os ensaios foram feitos a 20 cm, a 40 cm e a 60 cm de profundidade, em diferentes tipos de usos do solo. Não foram feitos ensaios de solo nas áreas com mata ciliar, por representarem pequena extensão areal, sendo pouco representativas para a pesquisa.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de solo em campo com o Permeômetro Guelph

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE				
Ponto	Uso do Solo	Kfs a 20 cm de profundidade	Kfs a 40 cm de profundidade	Kfs a 60 cm de profundidade
1	Culturas	$6.4 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$4.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$3.9 \cdot 10^{-2}$ cm/s
2	Culturas	$1.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$2.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$2.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
3	Pastagem	$5.3 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$4.4 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$6.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
4	Culturas	$1.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$1.0 \cdot 10^{-1}$ cm/s	$6.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
5	Culturas	$2.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$5.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
6	Culturas	$1.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$5.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
7	Culturas	$2.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.8 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$3.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s
8	Eucalipto	$1.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$2.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
9	Eucalipto	$1.5 \cdot 10^{-1}$ cm/s	$3.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
10	Culturas	$1.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$2.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$6.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
11	Eucalipto	$5.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$5.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$7.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
12	<i>Pínus</i>	$1.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$1.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
13	Campo úmido	$3.0 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$1.1 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$3.1 \cdot 10^{-3}$ cm/s
14	Campo úmido	$6.3 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$7.4 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$1.9 \cdot 10^{-4}$ cm/s

15	Campo úmido	$1.6 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$1.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$1.7 \cdot 10^{-4}$ cm/s
16	Campo úmido	$2.4 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$2.8 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$2.2 \cdot 10^{-5}$ cm/s
17	Campo úmido	$4.5 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$2.7 \cdot 10^{-5}$ cm/s	$1.7 \cdot 10^{-5}$ cm/s
18	Campo úmido	$1.3 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$7.4 \cdot 10^{-4}$ cm/s	$5.3 \cdot 10^{-3}$ cm/s
19	Cerrado	$7.6 \cdot 10^{-3}$ cm/s	$1.1 \cdot 10^{-2}$ cm/s	$4.2 \cdot 10^{-3}$ cm/s

O coeficiente de permeabilidade (k) está diretamente relacionado com fatores como: propriedades físicas do solo - principalmente textura, estrutura e porosidade - grau de saturação do solo, temperatura, dentre outros. Dessa forma, os valores do coeficiente de permeabilidade (k) variam bastante em áreas relativamente homogêneas quanto à declividade e classes dos solos.

Diversos autores apresentam valores típicos do coeficiente de permeabilidade, em função dos materiais (solos arenosos e argilosos). Consideram-se solos permeáveis, ou que apresentam drenagem livre, aqueles que têm permeabilidade superior a 10^{-7} cm/s. Os demais são considerados solos impermeáveis ou com drenagem impedida. Para solos permeáveis, arenosos e argilosos, a permeabilidade considerada alta está entre 10^{-3} e 10^{-5} cm/s e baixa entre 10^{-5} a 10^{-7} cm/s (www.ufsm.br).

Gomes (1996) fez uma estimativa dos coeficientes de permeabilidade para solos permeáveis, classificados como latossolos e argissolos, cuja textura dominante era argilosa ou argilo-arenosa. O método adotado considerou a influência de algumas propriedades físicas do solo nos potenciais de infiltração e escoamento superficial da água, tais como textura, estrutura, estabilidade dos agregados e profundidade do perfil, na estimativa da condutividade hidráulica, classificada como alta ($3,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s a $6,9 \cdot 10^{-3}$ cm/s); média ($6,9 \cdot 10^{-4}$ cm/s a $3,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s); e baixa ($6,9 \cdot 10^{-5}$ cm/s a $6,9 \cdot 10^{-4}$ cm/s).

Costa et al (2007) destacaram Categorias de Coeficiente de Permeabilidade para a Bacia do Alto Uberabinha, com base em Vargas (1984). Segundo os autores, as áreas que apresentam Alto Coeficiente de Permeabilidade são aquelas ocupadas pela mata ciliar, com valores da ordem de $6,3 \cdot 10^{-2}$ cm/s; o Médio Coeficiente de Permeabilidade apresenta valores entre $4,2 \cdot 10^{-2}$ cm/s e $4,5 \cdot 10^{-2}$ cm/s, em áreas ocupadas por cerrado e reflorestamento; e as áreas com pastagem e cultura anual apresentaram valores entre $1,0 \cdot 10^{-2}$ cm/s e $1,34 \cdot 10^{-2}$ cm/s, considerados como Baixo Coeficiente de Permeabilidade.

Com base nesses valores típicos de permeabilidade do solo foram estimados valores para os coeficientes de permeabilidade da área em estudo. As categorias de solo que apresentaram coeficiente de permeabilidade maior que 10^{-3} cm/s serão enquadradas como de alta permeabilidade; aquelas que apresentaram coeficiente de permeabilidade na casa de 10^{-4} cm/s serão consideradas como de média permeabilidade; e aquelas que apresentaram coeficientes de permeabilidade menores que 10^{-4} cm/s serão consideradas como de baixa permeabilidade (Figs 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 e 62).

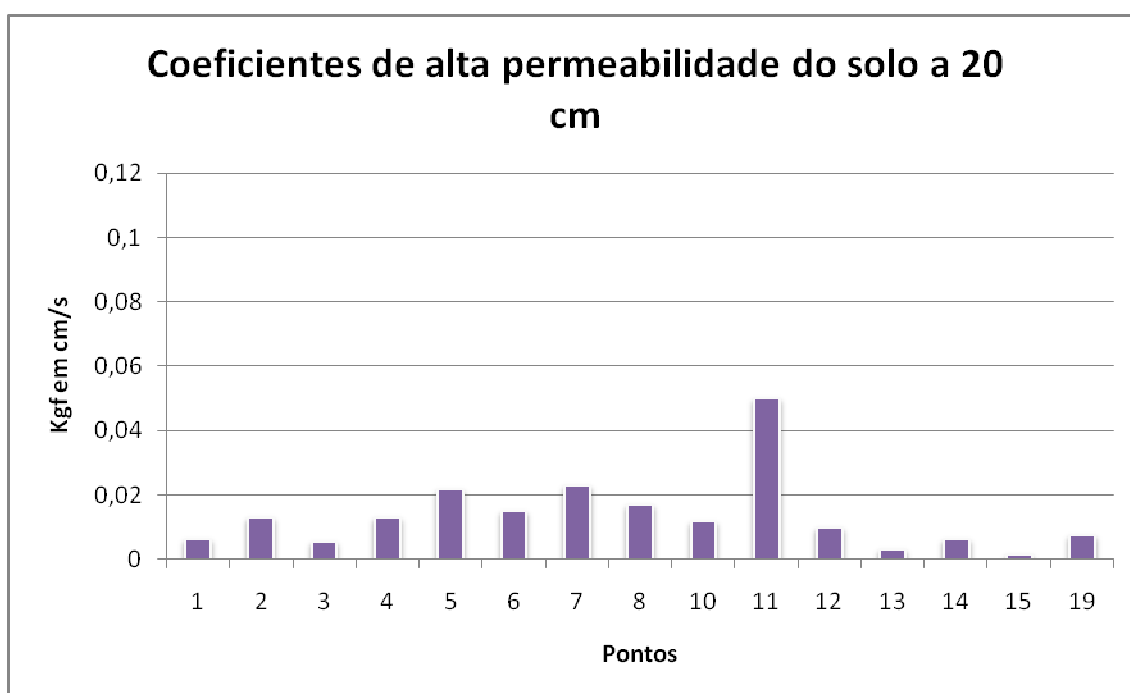


Figura 55 – Coeficientes considerados de alta permeabilidade de 0 a 20 cm.

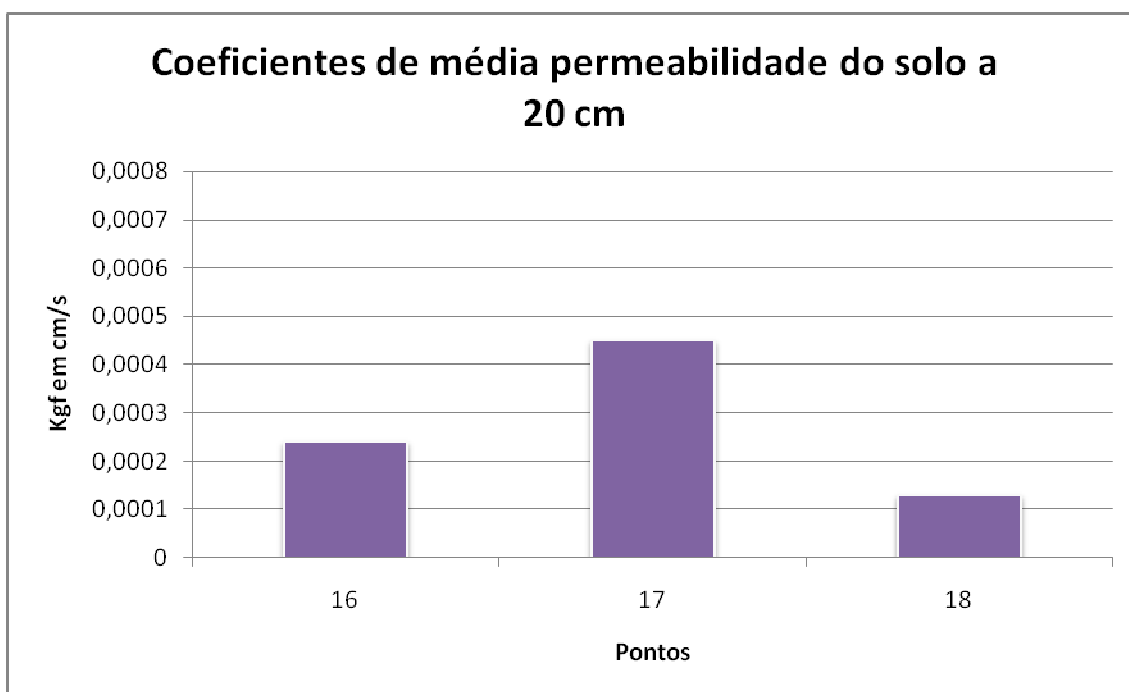


Figura 56 – Coeficientes de média permeabilidade de 0 a 20 cm.

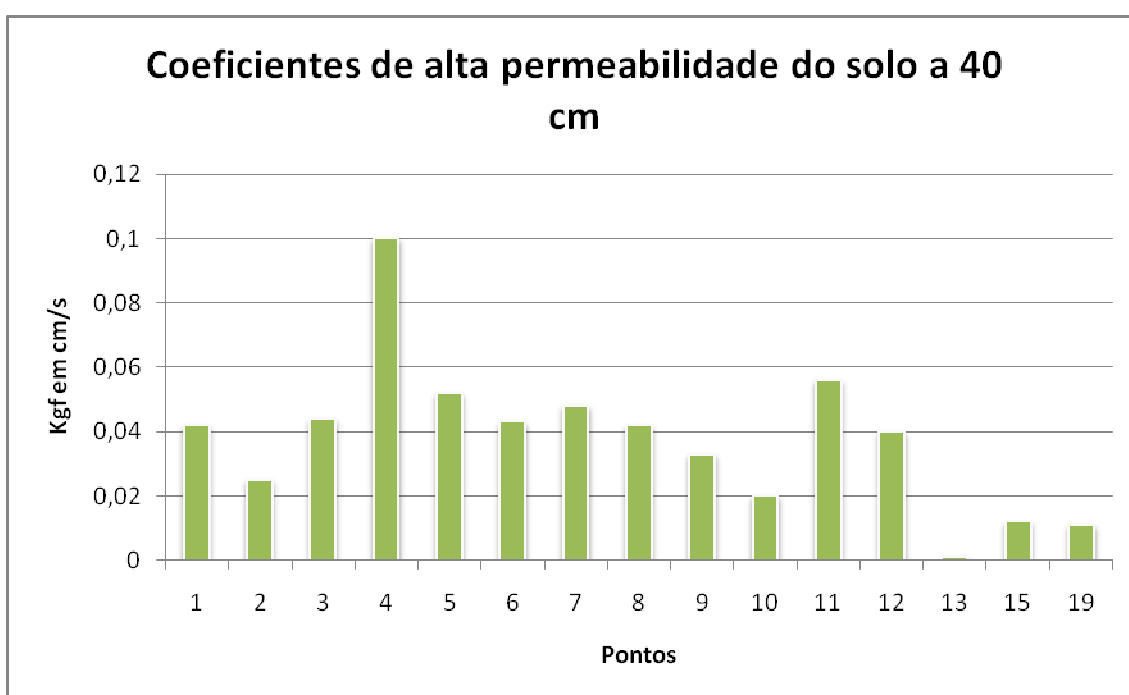


Figura 57 – Coeficientes de alta permeabilidade de 0 a 40 cm.

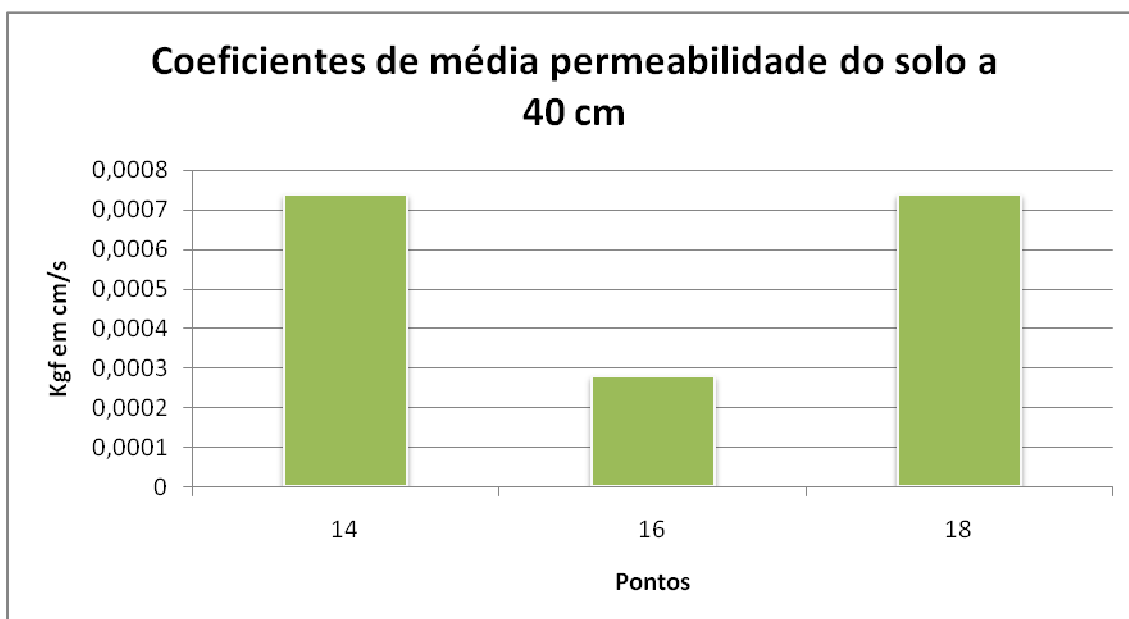


Figura 58 – Coeficientes de média permeabilidade do solo de 0 a 40 cm

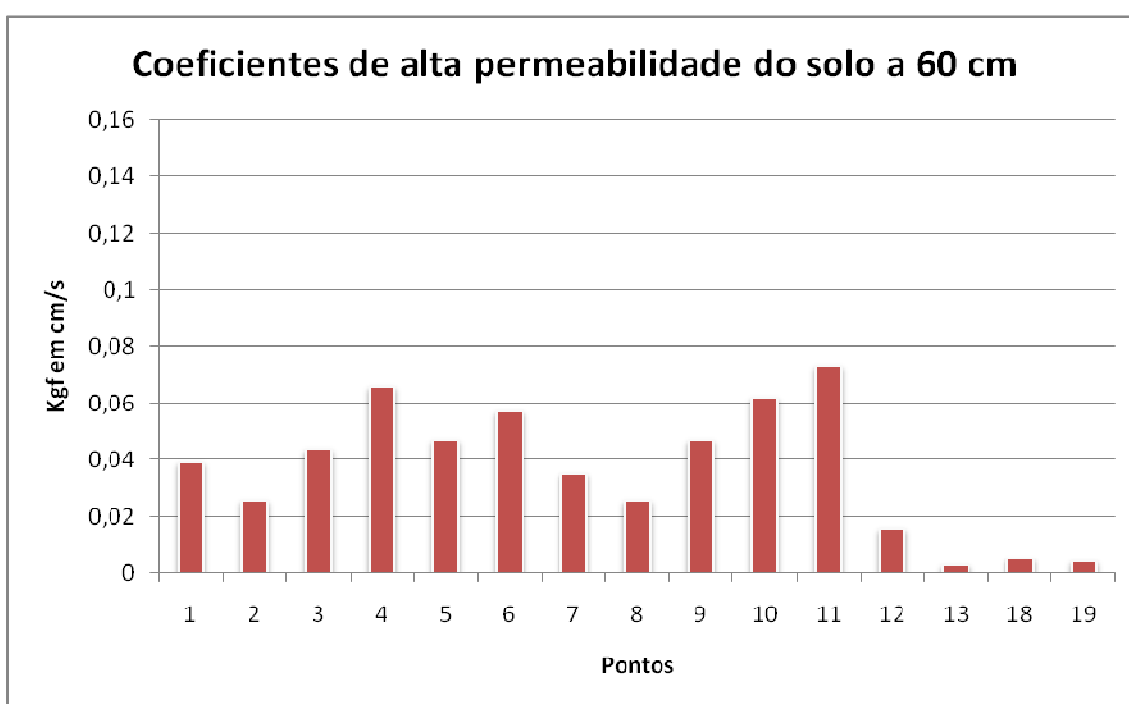


Figura 59 – Coeficientes de alta permeabilidade do solo de 0 a 60 cm

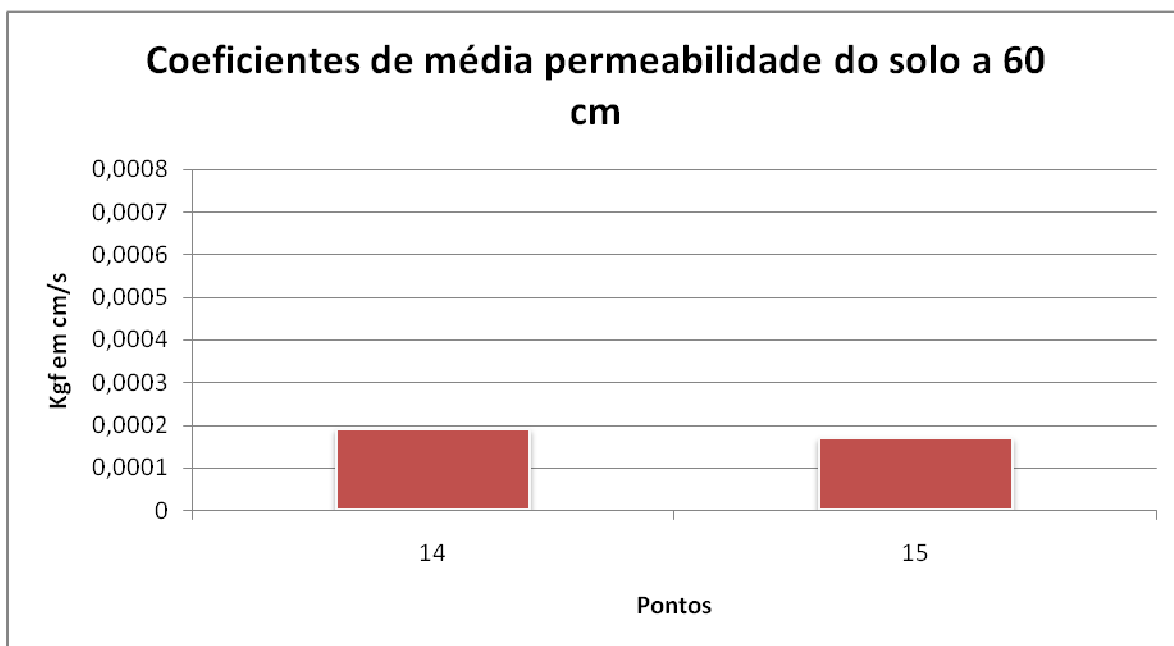


Figura 60 – Coeficientes de média permeabilidade do solo de 0 a 60 cm

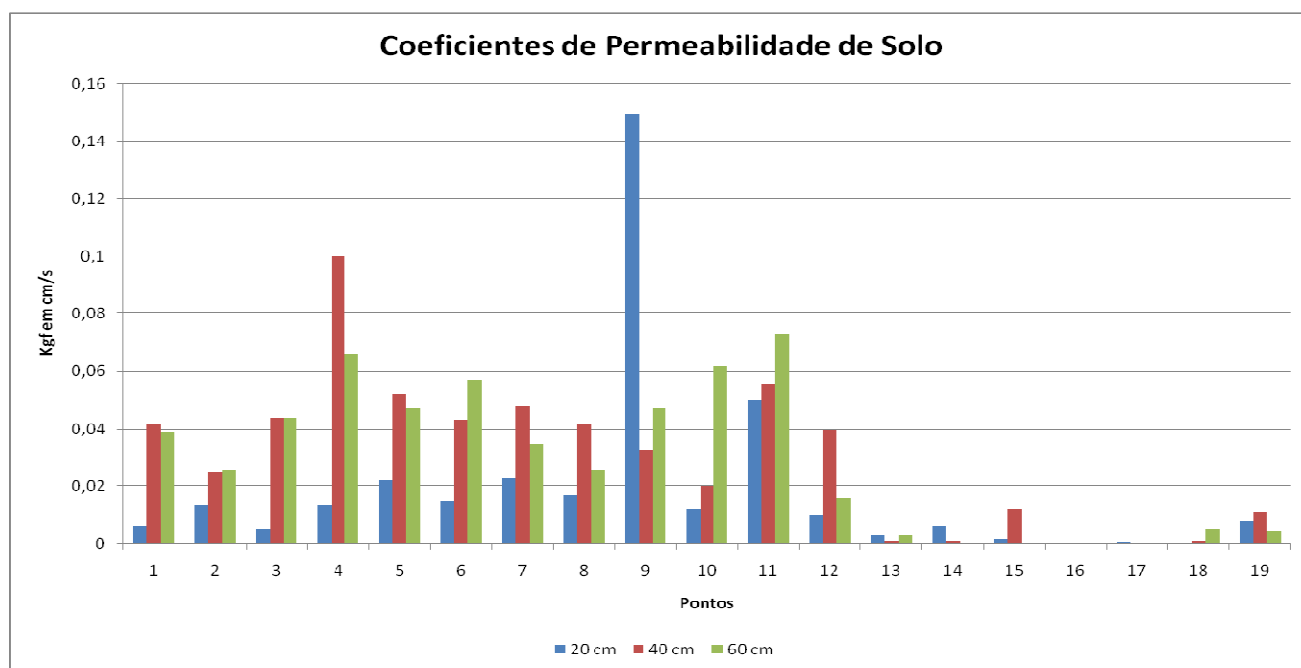


Figura 61 – Coeficientes de permeabilidade de solo realizados na bacia do Alto Uberabinha.

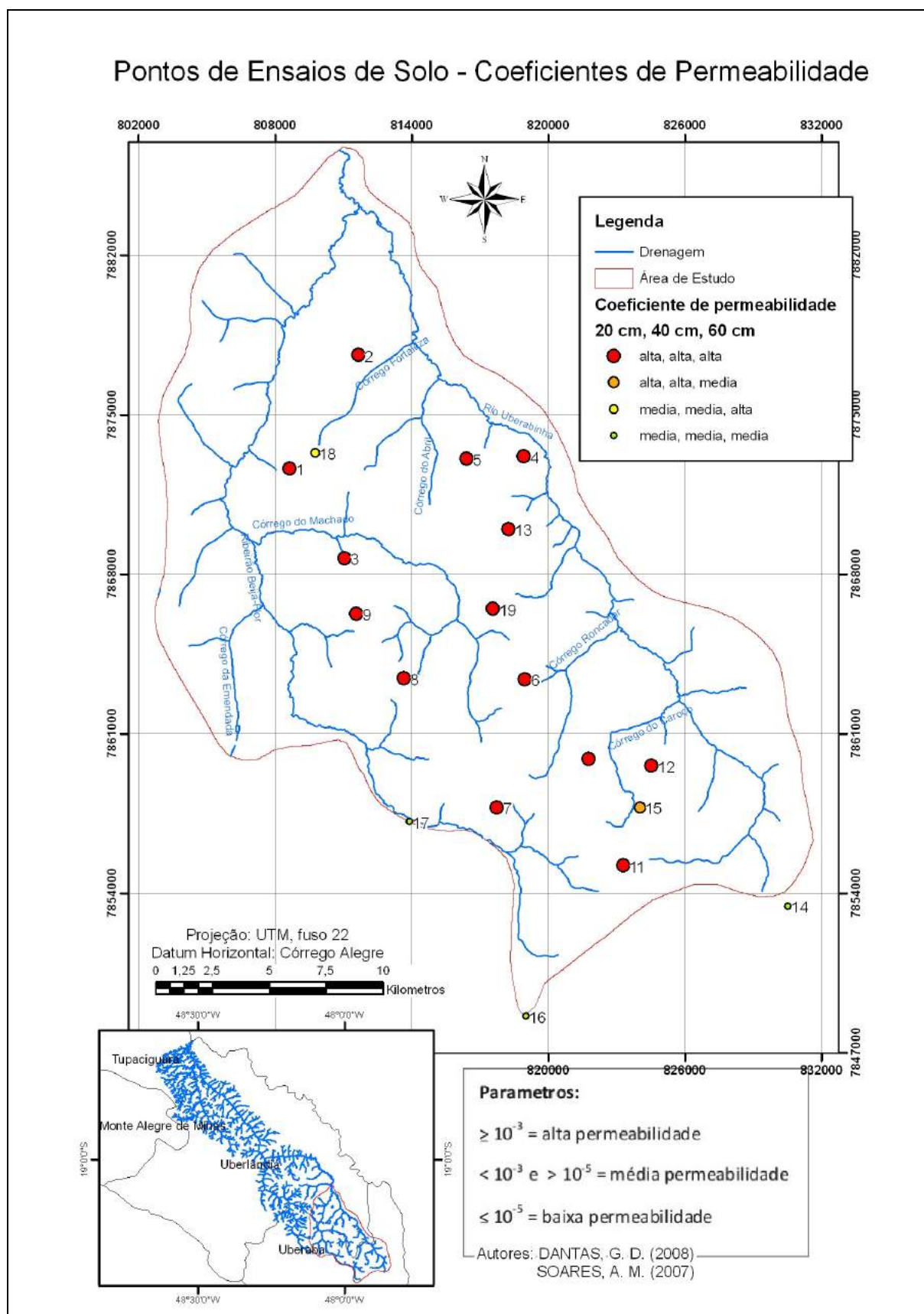


Figura 62. Pontos de ensaio de permeabilidade de solo na bacia do Alto Uberabinha

3.1.5. Caracterização dos Solos na Bacia do Alto Uberabinha

Conforme destacado anteriormente, na caracterização da Bacia do Alto Uberabinha, os solos da área foram classificados como Latossolos Vermelho-Amarelos (EMBRAPA, 1999) e, em menor proporção, os Latossolos Vermelhos (EMBRAPA, 1999) e Gley pouco Húmicos (EMBRAPA, 1999).

Foram realizadas análises granulométricas para uma caracterização textural das amostras de solos coletadas nas áreas experimentais no momento da perfuração para instalação dos piezômetros na área estudada. Nestas análises não foram feitos os procedimentos para o tratamento de oxidação da matéria orgânica (Tabela 5).

Tabela 4. Resultados das análises granulométricas realizadas com amostras coletadas nas Estações Experimentais.

Amostra	Argila %	Silte %	Areia fina %	Areia Grossa %
FE – 00 - 10 cm	76,60	0,70	5,30	17,40
FE – 10 - 20 cm	78,40	0,40	04,70	16,50
FE – 20 – 60 cm	78,70	02,30	05,00	14,00
FE – 100 cm	78,80	04,40	05,30	11,50
FE – 100 – 150 cm	84,20	1,90	03,60	10,30
FE – 150 – 200 cm	80,20	02,00	03,80	14,00
CF – 0 -10 cm	68,90	04,50	04,80	21,80
CF – 10 – 20 cm	64,50	12,10	05,40	18,00
CF – 20 – 60 cm	79,70	05,70	04,00	10,60
CF – 60 – 100 cm	77,40	04,80	05,50	12,30
CF – 100 – 150 cm	81,50	05,20	03,80	09,50
CF – 150 – 180 cm	81,90	04,30	04,20	09,60
CC1 – 0 – 10 cm	63,40	19,90	05,70	11,00
CC1- 10 – 20 cm	56,40	24,90	06,40	12,30
CC1 – 20- 40 cm	50,20	03,40	15,20	31,20
CC1 – 40 – 60 cm	48,90	11,30	20,00	19,80
CC1 – 60 – 100 cm	41,50	14,50	20,00	24,00
CC1- 100 – 150 cm	18,30	33,50	25,70	22,50

CC2 – 0 – 10 cm	60,50	27,10	05,10	07,30
CC2 – 10 – 20 cm	60,30	30,40	05,40	03,90
CC2 – 20 – 40 cm	72,20	21,70	04,10	02,30
CC2 – 40 -60 cm	81,20	14,40	03,50	0,90
CC2 – 60 – 100 cm	63,40	08,70	10,60	17,30
CC2- 100 -150 cm	42,10	15,90	22,90	19,10
CC3 – 0 – 10 cm	80,80	09,00	02,40	07,80
CC3 – 10 – 20 cm	81,30	11,00	02,10	05,60
CC3 – 20 – 40 cm	82,70	10,90	01,70	04,70
CC3 – 40 – 60 cm	84,40	08,30	02,00	05,30
CC3 – 60 – 100 cm	85,00	06,10	02,50	06,40
CC3 – 100-150 cm	84,50	06,70	03,40	05,40
CC3 – 150-200 cm	80,50	05,50	04,50	09,50
CC3- 200 – 300 cm	62,40	10,50	09,10	18,00
BF2-100 cm	82,20	05,20	04,60	08,00
BF2- 150 cm	84,40	03,50	04,00	08,10
BF2 – 200 cm	83,20	05,30	03,50	08,00
BF3 – 0-10 cm	69,90	08,80	05,00	16,30
BF3 – 10 – 20 cm	56,20	23,00	05,30	15,50
BF3 – 20 – 60 cm	73,90	09,90	04,40	11,80
BF3 – 60-100 cm	80,60	04,10	03,70	11,60
BF3 -100-190 cm	80,00	05,30	04,60	10,10
BF4 – 0- 20 cm	63,50	12,20	04,30	20,00
BF4 – 20 – 60 cm	71,70	10,00	05,00	13,30
BF4 – 60-100 cm	74,80	07,10	04,00	14,10
BF4 -100-200 cm	69,00	04,20	06,30	20,50
BF4 -200-250 cm	83,60	05,10	03,60	07,70
F E = Fazenda Eldorado CC = Córrego do Carçoço CF = Córrego Fortaleza BF = Beija-flor				
Fonte: LAGES – IG – UFU, 2006.				

Realizou-se a caracterização do Perfil Pedológico de área úmida, na margem esquerda do Ribeirão Beija-Flor. Macedo e Corrêa (2006) fizeram a descrição morfológica do perfil pedológico, com o objetivo de caracterizar o tipo de solo que se encontra sobre a paleoturfa, que ficou visível com a evolução de voçoroca (Figs. 63 e 64).



Figura 63. Topo da Paleoturfa, sob o Cambissolo. Voçoroca do Ribeirão Beija-Flor (Uberaba – MG). Autor: MACEDO, 2006.



Figura 64. Voçoroca do Ribeirão Beija-Flor. Vista de montante. Autor: MACEDO, 2006.

A caracterização pedológica é importante na elucidação dos processos e eventos paleoclimáticos, responsáveis pela gênese das superfícies tabulares da região da bacia do Alto Uberabinha.

O primeiro passo para a caracterização pedológica foi preparar o perfil. O segundo passo foi fazer as divisões das camadas e horizontes, observando a cor e textura num primeiro instante. O solo foi classificado como Cambissolo (Bi – B incipiente), devido a sua espessura (30 cm) ser menor que 50 cm e, quando muito argilosa, indicar baixo grau de intemperismo; e os requícios da rocha mãe ou saprolito forem maior que 5% do volume.

Os resultados indicaram um baixo valor da Capacidade de Troca Catiônica (CTC), sendo eletropositivo nos primeiros 150 cm e de característica ácida. Os horizontes foram assim descritos, em ordem descendente, iniciando pelo A, que é o mais superficial, seguido pelo AB, Bi, Cf1, Cf2 e camadas 1C, 2C, 3C e 4CH, que estão sobre paleoturfa. Essa paleoturfa repousa sobre material coluvial, que atualmente é tomado pelo lençol freático.

3.1.6. Avaliação do movimento da água com uso de traçadores químicos

Como a área estudada se caracteriza como área de recarga regional e esse processo ainda é pouco conhecido na região, optou-se pela utilização de traçadores, para se conhecer a velocidade e direção do fluxo subterrâneo. Uso de traçadores químicos são largamente utilizados para determinar a direção e a velocidade do fluxo de água subterrânea. O traçador pode ser natural ou pode ser introduzido intencionalmente. O princípio do método consiste na injeção da substância e amostragem em locais estratégicos que podem ser sumidouros,

surgências, poços profundos, rasos ou de monitoramento e nascentes. A apresentação dos resultados é na forma de uma curva de concentração versus tempo. No estudo de traçadores é importante conceituar os seguintes tempos: t_0 = tempo de injeção; t_1 = primeira detecção do traçador; t_2 = tempo na concentração máxima, que geralmente coincide com a denominada velocidade “máxima”; t_3 = tempo de meia vida, definido como o tempo em que metade do traçador foi detectada no ponto de amostragem; e t_4 = última detecção do traçador (LOUZADA, 1999). As principais condições de aplicação a serem consideradas são: local de injeção; local de coleta; conectividade entre pontos de injeção e coleta; forma de percolação; periodicidade da amostragem; e quantidade do traçador.

Existem vários tipos de íons que podem ser utilizados como traçadores, porém, devido aos custos, facilidade de detecção e baixa absorção, os cloretos (Cl^-) e brometos (Br^-) são mais populares. Nesta pesquisa realizou-se ensaio qualitativo e aplicou-se o sal cloreto de sódio, (NaCl), substância inteiramente ionizada quando dissolvida em água. A ionização aumenta a condutividade elétrica da água com traçador, propriedade esta utilizada para detectar o tempo de chegada do traçador no ponto de coleta. Por outro lado, as concentrações de sal inseridas como traçador devem ser bastante elevadas, para proporcionar a detecção da pluma salina em longas distâncias.

Os ensaios com traçadores foram realizados em três pontos experimentais: no Horto Florestal Eli, Estação Experimental I, nas margens do Córrego do Caroço, Estação Experimental III e na Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado, Estação Experimental V, locais estratégicos para investigação do fluxo em meio poroso (Fig.65). A perfuração dos piezômetros foi realizada em quatro polegadas (100 mm), até a profundidade de 6 m. Nos três pontos experimentais foi injetada uma solução de 3 kg de sal em 20 l de água e o monitoramento da condutividade elétrica foi realizado de 30 em 30 minutos.

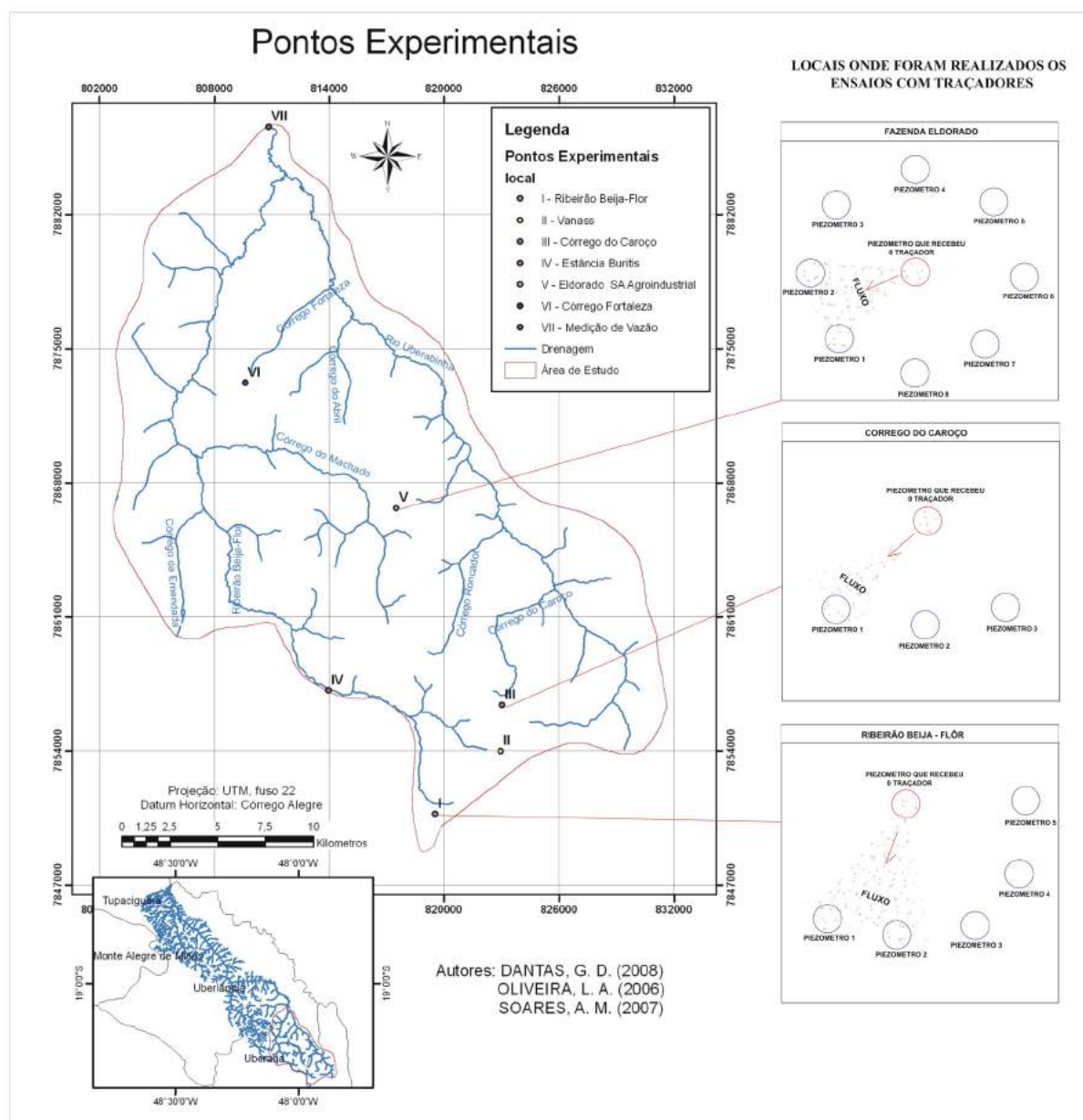


Figura 65 – Localização dos pontos ensaiados com traçadores.

Na Estação Experimental I foi ensaiado o piezômetro do Ponto 1, localizado em área plana, média encosta, com leve declividade para lagoa com murundus e vegetação natural de cerrado. Neste local o gradiente é baixo, por estar próximo ao divisor de águas das bacias do Ribeirão Beija-Flor, Rio Claro e Rio Uberabinha, a 995 m de altitude. Os solos do local são os Latossolos Vermelho-Amarelos (EMBRAPA, 1999). Foram perfurados 5 piezômetros a 3

metros de distância do piezômetro ensaiado, com 1,7 metro de distância entre eles. Os cinco furos foram feitos no sentido da declividade do local.

A primeira injeção foi feita no piezômetro do Ponto I, cuja condutividade elétrica natural da água era de $0,079 \mu\text{S/cm}$. Os piezômetros 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram condutividade elétrica natural da ordem de $0,075 \mu\text{S/cm}$, $0,067 \mu\text{S/cm}$, $0,091 \mu\text{S/cm}$, $0,057 \mu\text{S/cm}$ e $0,054 \mu\text{S/cm}$. Após 04 horas de monitoramento o piezômetro 1 apresentou aumento da condutividade elétrica em 70,66 % ($0,128 \mu\text{S/cm}$) e os valores passaram a oscilar nesse intervalo ($0,075$ a $0,1 \mu\text{S/cm}$) estabilizando-se após 23 horas de monitoramento, com aumento da condutividade elétrica em torno de 166 % ($0,2$ a $0,6 \mu\text{S/cm}$). O piezômetro 2 apresentou pequena alteração no valor da condutividade elétrica, após 4 horas de monitoramento, 67,16 % ($0,112 \mu\text{S/cm}$), estabilizando em seguida e voltando a apresentar pequena alteração no valor da condutividade, após 10 horas de monitoramento; após 23 horas de monitoramento, o aumento da condutividade elétrica foi mais expressivo, 467 % ($0,380$ e $0,124 \mu\text{S/cm}$). Os piezômetros 3, 4 e 5 apresentaram alteração no valor da condutividade elétrica, após 23 horas de monitoramento, em 64 %, 163 % e 177 % ($0,15 \mu\text{S/cm}$) (Fig.66).

Nesse local a direção do fluxo subterrâneo pode ser classificada como radial, sendo que, na direção dos piezômetros 1 e 2, os resultados foram mais expressivos. A velocidade do fluxo subterrâneo, nesse ponto, foi de $13,04 \text{ cm/h}$.

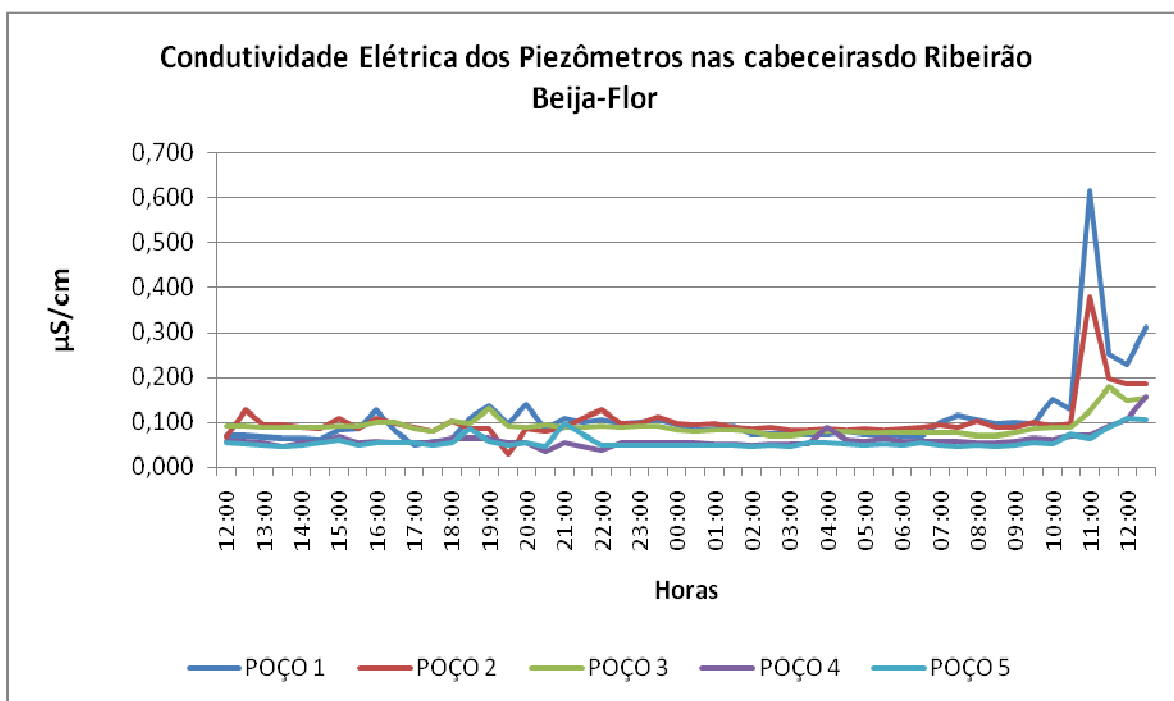


Figura 66 – Condutividade elétrica dos piezômetros nas cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor.

O segundo ensaio com traçador foi realizado nas margens do Córrego do Carço, na baixa encosta, a 950 m de altitude. Os solos do local são do tipo hidromórfico, apresentando material turfoso em subsuperfície, a cerca de 1 m de profundidade. Nesse ponto foram perfurados três piezômetros, no sentido do declive do vale fluvial, a 3 m de distância do piezômetro que recebeu o traçador, com 1,5 m de profundidade e com 2 m de distância entre eles.

Antes da introdução do traçador, foi medida a condutividade elétrica da água nos quatro piezômetros (0,136 $\mu\text{S/cm}$ no piezômetro que recebeu o sal, 0,125 e 0,114 $\mu\text{S/cm}$ nos piezômetros que foram monitorados). Como os valores de condutividade elétrica iniciais se apresentaram bastante elevados, se comparados com os outros locais, foram medidas as condutividades elétricas da água a jusante, no Córrego do Carço (0,076 $\mu\text{S/cm}$), e a montante do ponto ensaiado, em uma cisterna (0,6 $\mu\text{S/cm}$).

A condutividade inicial nos piezômetros desse ponto ensaiado ficou entre 0,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 0,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O monitoramento foi de 85 horas, sendo que ocorreram alterações na condutividade elétrica da água apenas no piezômetro 8 em 650 % (0,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$), após 40 horas de monitoramento, e no piezômetro 1, alterações de 150 % (0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$), após 78 horas de monitoramento. Nesse local a direção do fluxo subterrâneo é no sentido SW, em direção à calha do Rio Uberabinha. A velocidade do fluxo é de 7,5 cm/h (Fig. 68).

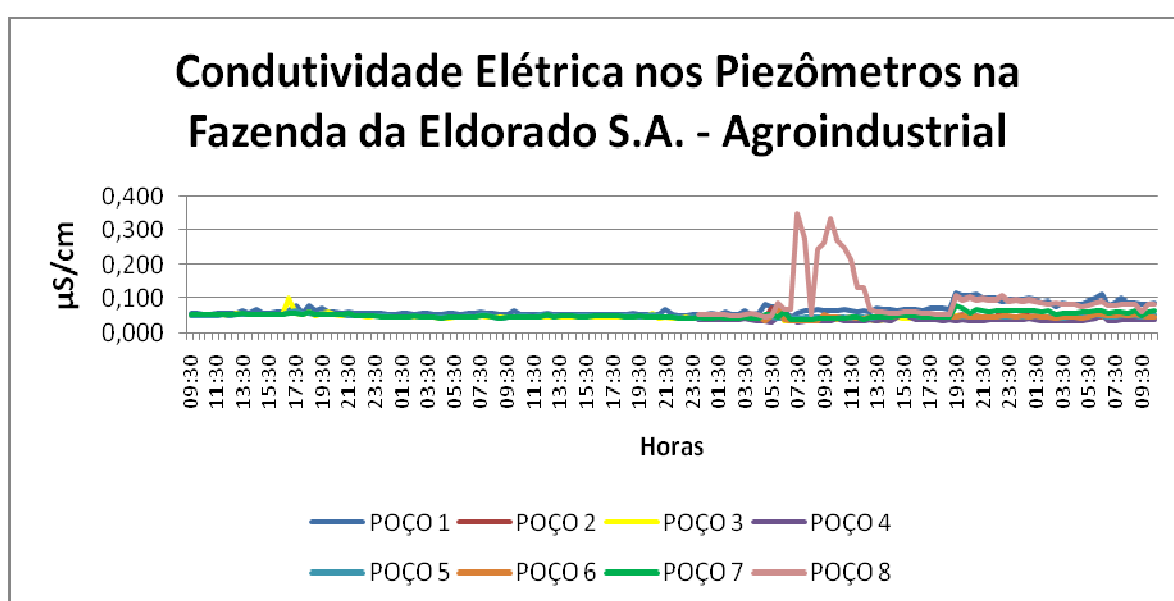


Figura 68 – Condutividade elétrica nos piezômetros na Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado.

Após os ensaios com traçador, os piezômetros utilizados continuaram a ser monitorados semanalmente. Nos três piezômetros que receberam o traçador, ainda há traços do sal introduzido. Na Estação Experimental V não houve mudanças significativas nos valores de condutividade elétrica da água, nos 8 piezômetros monitorados. Os íons Cl^- e Na^+ ainda continuam a passar pelos piezômetros 1 e 8 nas mesmas concentrações, mas no piezômetro que recebeu o sal verificou-se uma redução da condutividade acentuada (18,48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em 26/02/08, no início do monitoramento, e 0,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 28/04/08, no término do

monitoramento). Na Estação Experimental I a concentração de sal ainda permanece nos piezômetros 1 e 2, porém no piezômetro que recebeu o sal a concentração sofreu uma redução acentuada (cerca 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 14/01/08, no início do monitoramento, para 0,308 em 28/04/08, no término do monitoramento). No córrego do Caroço, Estação Experimental III, o traçador continua a passar por todos os piezômetros, com uma intensidade maior. No piezômetro que recebeu o traçador, a concentração variou em 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 20/02/08, a 0,281 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em 28/04/08.

Foram medidas as condutividades elétricas da água em todas as estações experimentais e nos cursos d'água a jusante delas. Na Estação Experimental I, cabeceiras do Córrego Beija-Flor, a condutividade elétrica da água da lagoa foi de 0,136 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que a condutividade elétrica da água medida no córrego, a jusante da lagoa, foi de 0,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$, representando um aumento de 340 %. Na Estação Experimental II, na Fazenda Van Ass, a condutividade elétrica da água na superfície, em um dreno existente ao lado da estrada de acesso à sede da fazenda, foi de 0,051 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e no poço de monitoramento do N.A., a condutividade elétrica da água foi de 1,154 $\mu\text{S}/\text{cm}$, portanto 2.262 % superior. Na Estação Experimental V, a condutividade elétrica da água no poço de monitoramento do N.A foi de 0,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e no Rio Uberabinha, a jusante do ponto experimental, o valor foi de 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na Estação Experimental VI, nas cabeceiras do Córrego Fortaleza, a condutividade elétrica da água foi de 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o mesmo valor foi encontrado no mesmo córrego, a jusante do ponto amostrado.

3.2. O balanço hidrológico da bacia do alto curso do Rio Uberabinha

No modelo hidrológico abaixo (Fig. 69) estão destacadas as entradas (*inputs*) e saídas (*output*) do sistema hidrológico (GONÇALVES, 2003).

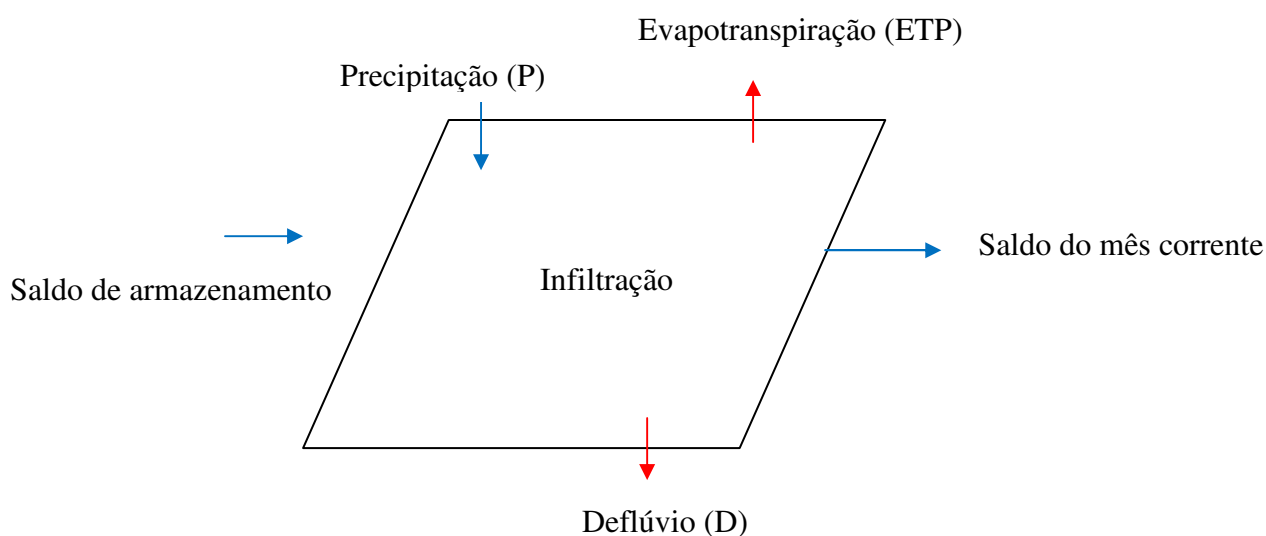


Figura 69 – Modelo hidrológico

3.2.1. Precipitação

Na Tabela 6 estão apresentados os dados utilizados para o cálculo da precipitação média da área estudada. Os dados pluviométricos disponibilizados pela Magnesita S.A. se referem a apenas uma parcela do período analisado. O fornecimento de dados pluviométricos foi interrompido, quando a empresa foi vendida e aqueles não foram mais disponibilizados, pela nova direção da empresa.

Tabela 5 – Valores da média das precipitações

Média das precipitações				
Meses	Eldorado	Van Ass	Magnesita	Média
JAN/06	194	171	132	165,67
FEV/06	336	356	208	300,00
MAR/06	499	272	354	375,00
ABR/06	78	203	121	134,00
MAI/06	19	16	13	16,00
JUN/06	0	0	4	1,33
JUL/06	0	0	-	0,00
AGO/06	37	25	27	29,67
SET/06	67	95	75	79,00
OUT/06	237	189	218	214,67
NOV/06	249	255	227	243,67
DEZ/06	389	509	394	430,67
JAN/07	572	452	378	467,33
FEV/07	216	165	163	181,33
MAR/07	127	90		108,50
ABR/07	50	47		48,50
MAI/07	58	20		39,00
JUN/07	0	0		0,00
JUL/07	36	25		30,50
AGO/07	0	0		0,00
SET/07	24	30		27,00
OUT/07	83	89		86,00
NOV/07	174	227		200,50
DEZ/07	293	329		311,00
JAN/08	241	290		265,50
FEV/08	423	317		370,00
MAR/08	349	278		313,50

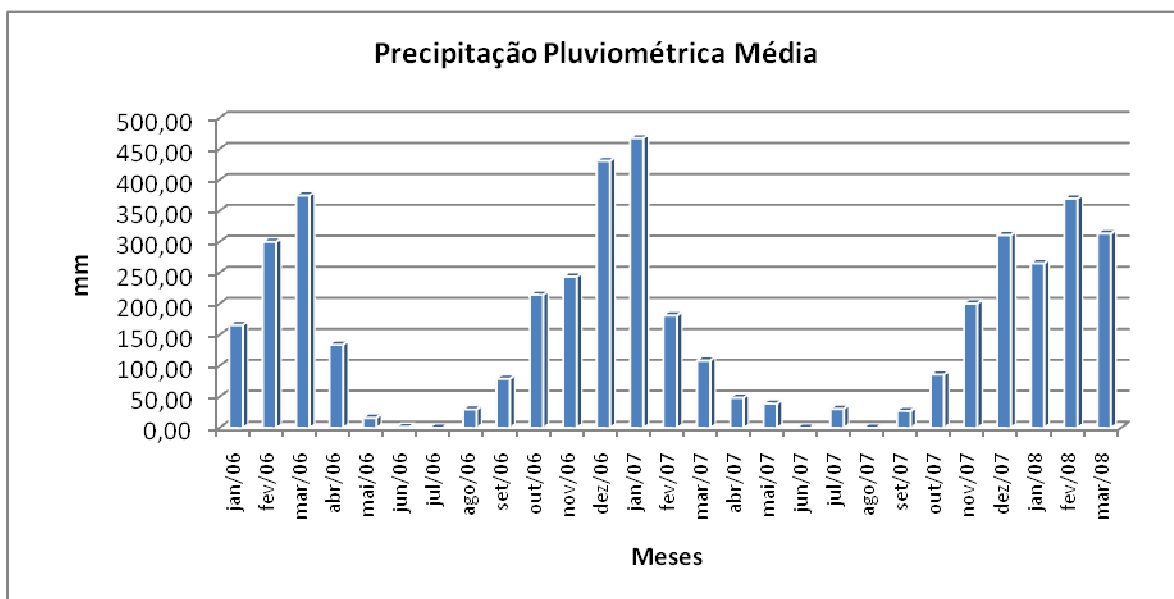


Figura 70 – Gráfico das precipitações médias, na Bacia do Alto Uberabinha.

3.2.2. Evapotranspiração potencial

Os dados de temperatura utilizados foram levantados na Fazenda Roncador da SA Industrial Eldorado (Tabela 07).

Tabela 6 – Temperaturas Médias Mensais

Temperaturas médias mensais – Fazenda Roncador	
Meses	Temperatura média
SET/06	21,31
OUT/06	24,77
NOV/06	21,57
DEZ/06	23,65
JAN/07	23,38
FEV/07	23,66
MAR/07	23,65
ABR/07	22,49
MAI/07	20,33

JUN/07	18,83
JUL/07	18,98
AGO/07	20,08
SET/07	23,28
OUT/07	27,39
NOV/07	23,31
DEZ/07	23,55
JAN/08	23,02
FEV/08	21,5
MAR/08	22,7

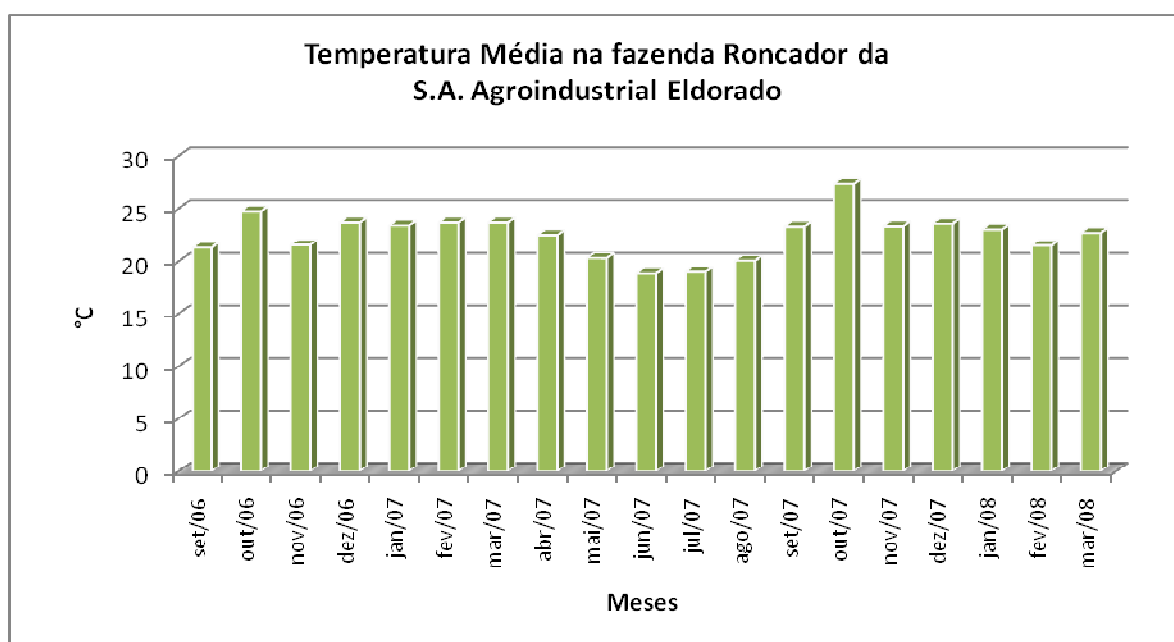


Figura 71 – Temperatura média mensal na Fazenda Roncador da SA Agroindustrial Eldorado

Tabela 7. Valores de ETP

Valores da Evapotranspiração Potencial				
Meses	Temperatura média	F	I	ETP
SET/06	21,31	1	8,979140275	47,1897
OUT/06	24,77	1,08	11,27621603	166,8048
NOV/06	21,57	1,09	9,145522723	56,5951
DEZ/06	23,65	1,15	10,51331718	123,3456
JAN/07	23,38	1,14	10,33213321	111,6948
FEV/07	23,66	1	10,52004821	107,6150
MAR/07	23,65	1,05	10,51331718	112,6199
ABR/07	22,49	0,97	9,742523207	69,9958
MAI/07	20,33	0,96	8,36140779	31,2602
JUN/07	18,83	0,91	7,445310219	16,1972
JUL/07	18,98	0,95	7,53528829	18,0002
AGO/07	20,08	0,99	8,20622968	29,2421
SET/07	23,28	1	10,26529984	94,7236
OUT/07	27,39	1,08	13,13027283	368,4020
NOV/07	23,31	1,09	10,28533439	104,3019
DEZ/07	23,55	1,15	10,44608736	119,2948
JAN/08	23,02	1,14	10,09222367	98,8381
FEV/08	21,5	1	9,100625472	50,6089
MAR/08	22,7	1,05	9,880582784	81,52658
			I =	185,7708803
			a =	7,880574195

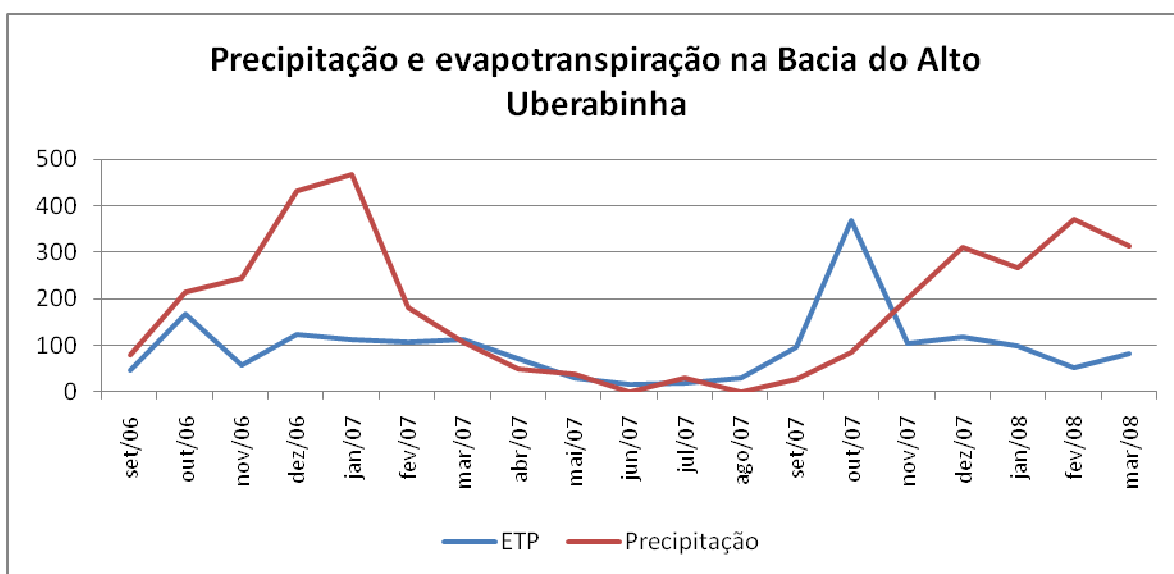


Figura 72 - Relação entre precipitação, temperatura e evapotranspiração na Bacia do Alto Uberabinha, de setembro de 2006 a março de 2008.

3.2.3. Deflúvio Mensal

Para o cálculo do deflúvio, as medidas de vazão (m^3/s) foram transformadas em m^3/h e a área da Bacia do Alto Uberabinha foi calculada em $552.790.900 \text{ m}^2$.

Tabela 8 – Valores de vazão e deflúvio

VALORES DO DEFLÚVIO NA BACIA DO ALTO UBERABINHA			
DATA	VAZÃO em m^3/s	VAZÃO EM m^3/h	DEFLÚVIO (mm)
SET/2006	5,65	20338,56	26,49
OUT/2006	11,81	42526,80	57,24
NOV/2006	12,67	45619,92	59,42
DEZ/2006	28,38	102151,80	137,49
JAN/2007*	31,41	113076,00	152,19
FEV/2007	34,45	124002,00	150,74
MAR/2007	18,60	66974,76	90,14
ABR/2007	8,22	29578,32	38,53
MAI/2007	7,49	26973,36	36,30
JUN/2007	2,59	9333,00	12,16
JUL/2007	4,60	16543,44	22,27
AGO/2007	3,57	12863,88	17,31
-*	3,66	13192,38	17,18
OUT/2007	3,76	13520,88	18,20
NOV/2007	7,01	25240,32	32,88
DEZ/2007	22,08	79483,32	106,98
JAN/08*	35,00	126000,00	169,58
FEV/08*	35,00	126000,00	158,64
MAR/2008	17,89	64392,12	86,67

*Valores estimados pelas médias das vazões

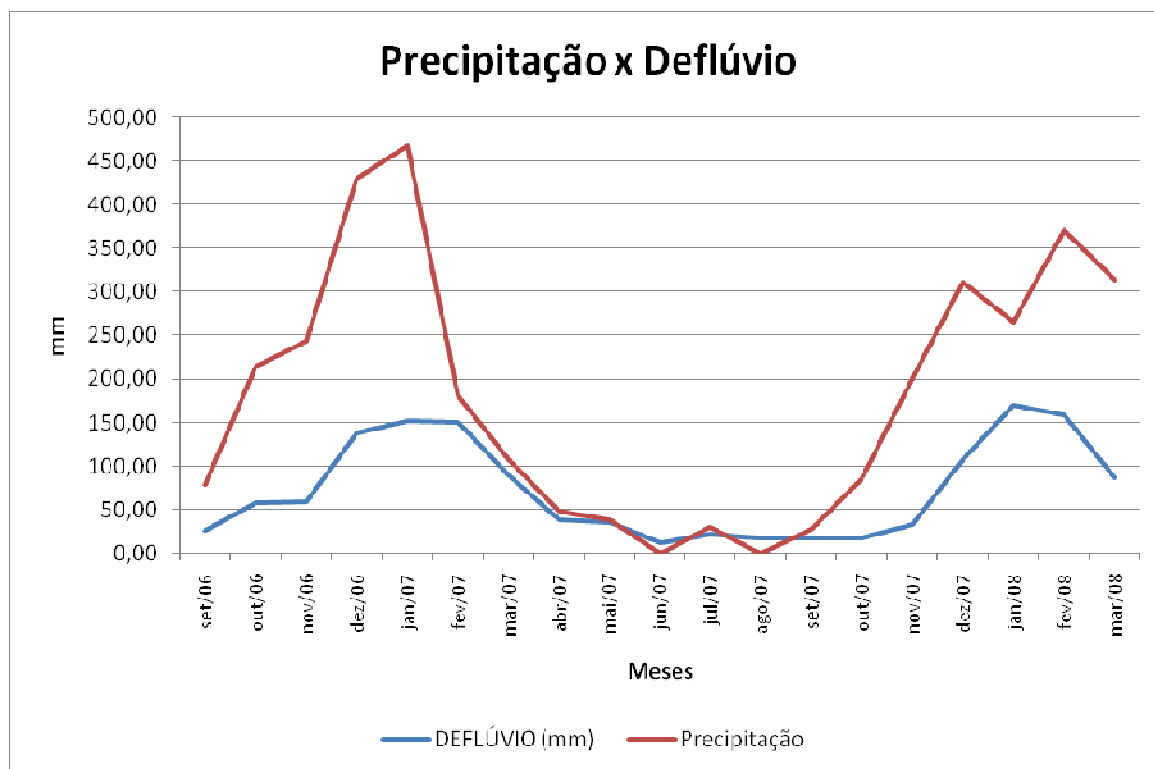


Figura 73 – Precipitação x Deflúvio na bacia do Alto Uberabinha.

Tabela 9 – Valores para o cálculo do balanço hídrico na Bacia do Alto Uberabinha

Mês	P(mm)	Q(mm)	ETP(mm)	Vt
SET/06	79,00	26,49	47,1898	72,17
OUT/06	214,67	57,24	166,8048	-9,37
NOV/06	243,67	59,42	56,5951	127,65
DEZ/06	430,67	137,49	123,3456	169,84
JAN/07	467,33	152,19	111,6948	203,45
FEV/07	181,33	150,74	107,6150	-77,02
MAR/07	108,50	90,14	112,6199	-94,26
ABR/07	48,50	38,53	69,9959	-60,02
MAI/07	39,00	36,30	31,2603	-28,56
JUN/07	0,00	12,16	16,1973	-28,35
JUL/07	30,50	22,27	18,0003	-9,77
AGO/07	0,00	17,31	29,2421	-46,56
SET/07	27,00	17,18	94,7236	-84,91

OUT/07	86,00	18,20	368,4020	-300,60
NOV/07	200,50	32,88	104,3019	63,32
DEZ/07	311,00	106,98	119,2948	84,73
JAN/08	265,50	169,58	98,8381	-2,92
FEV/08	370,00	158,64	50,6090	160,75
MAR/08	313,50	86,67	81,5266	145,31
TOTAL	3416,67	1390,39	1808,26	284,87

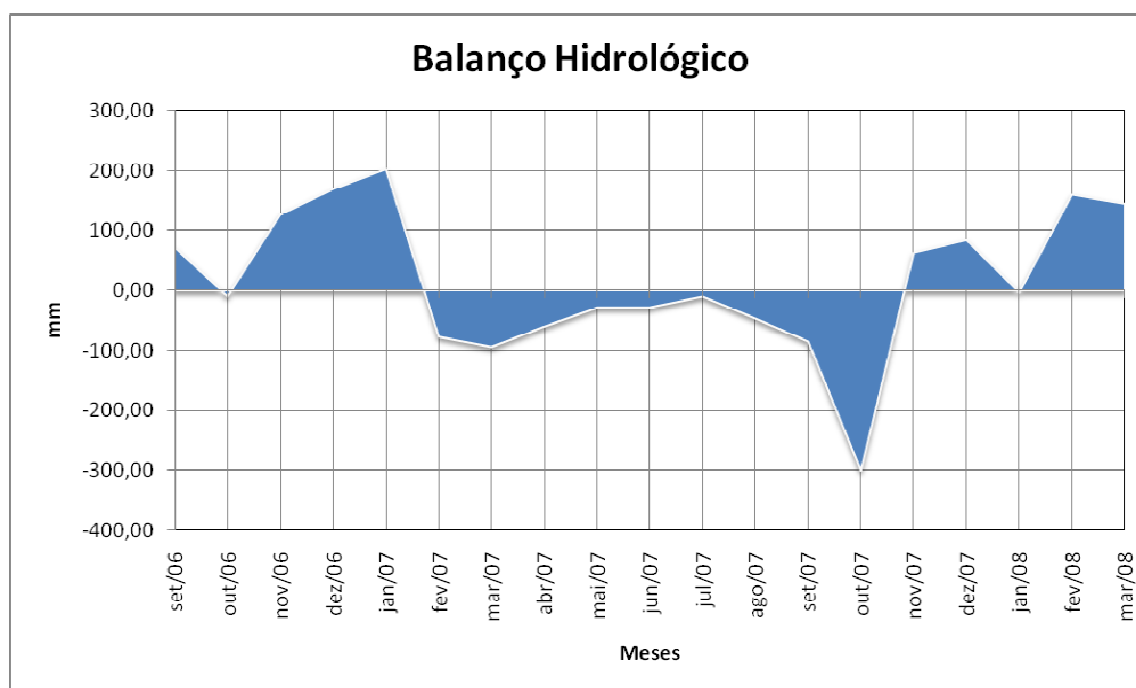


Figura 74 – Balanço Hidrológico da Bacia do Alto Uberabinha

O balanço hidrológico da bacia do alto curso de rio Uberabinha, para o período analisado nesta pesquisa, de Setembro de 2006 a Março de 2008, apresentou um superávit de 284,87 mm. O maior valor deficitário ocorreu no mês de Outubro de 2007. Nesse mês a ETP também apresentou um valor elevado, devido ao aumento de quase 4° C na temperatura média mensal. No geral, o sistema hidrológico da área estudada apresentou *déficits* no período seco e *superávit* na estação úmida.

4. A EVOLUÇÃO DO USO E DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO ALTO UBERABINHA E SEUS REFLEXOS NOS SISTEMAS ÚMIDOS

Com o intuito de resgatar e atualizar os estudos realizados por Schneider (1996) foi realizado levantamento do uso e ocupação do solo, em 2006 (fig 75), para verificar a evolução do uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Uberabinha e os seus reflexos nos sistemas úmidos.

Até os anos 1970, a bacia do Alto Uberabinha, assim como os cerrados do Brasil Central, encontravam-se em equilíbrio. Havia uma perfeita compensação entre o que era produzido e o que era gasto pelos diferentes agentes que compunham as paisagens. A evolução das paisagens acontecia de forma natural.

Nessa época, em algumas áreas úmidas de topo, já havia exploração de argilas refratárias. No restante da área da bacia do Alto Uberabinha, o Cerrado apresentava-se em suas diferentes fitofisionomias, desde Cerrados até Campos Limpos, cobrindo todas as áreas planas de topo. Essas terras eram desvalorizadas, do ponto de vista econômico, com solos ácidos e pobres, utilizável apenas para a criação extensiva de gado. As técnicas de manejo, nessas áreas, resumiam-se apenas a queimadas periódicas, para a renovação das pastagens naturais. Esse quadro permaneceu na região da metade do século XVIII, com a chegada dos primeiros bandeirantes, até o final do século XX (1970), com a chegada da agricultura “moderna” (SOARES, 2002).

O mapeamento das áreas úmidas, que existiam em 1964, foi elaborado com o objetivo de mostrar que os sistemas úmidos da área em estudo foram reduzidos. O início da ocupação antrópica, na Bacia do Alto Uberabinha, se dá no final dos anos 1960 e início dos anos 1970. Soares (2002) destaca que, após o Golpe Militar de 1964, as atenções governamentais voltaram-se para a internacionalização da economia brasileira, com intensa modernização de manejo da terra. Para os militares, a agricultura voltada para o mercado interno e as práticas de manejo “arcaicas” eram a causa principal do atraso do país, uma vez que apresentava baixa produtividade. Com a intervenção direta do Estado, a economia brasileira, por meio de empréstimos e de instalação de multinacionais, foi aberta ao capital internacional. Paralelamente a isso são implementadas políticas para incentivar a iniciativa privada, via liberação de recursos, para a ocupação das áreas de Cerrado do Brasil Central. O discurso oficial era que a implantação dessa política tinha como principal objetivo melhorar a qualidade de vida no campo, com melhor distribuição da renda e, ao mesmo tempo, promover a modernização do meio rural.

Em nome do desenvolvimento e da modernização agrícola, o Governo Militar promove o deslocamento da fronteira agrícola para as áreas ocupadas com o Cerrado, favorecendo a plantação de florestas homogêneas subsidiadas com financiamentos e incentivos fiscais.

Schneider (1996) destaca quais foram as ações governamentais implementadas para incentivar a efetiva inserção das florestas em áreas de Cerrado. A primeira delas foi a reformulação do Código Florestal, legalizando a derrubada de florestas nativas para a inserção das florestas homogêneas. Em seguida, foram criadas políticas de incentivo aos cultivos de *Pinus* e Eucalipto. Em 1967, foi criado o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) para orientar, coordenar e executar medidas de proteção,

conservação e uso racional de recursos naturais renováveis. De 1965 a 1974, foram criadas diversas leis e Decretos-Lei que tratavam dos incentivos fiscais para os projetos de reflorestamentos.

Ainda, segundo a autora, foram criadas empresas com o objetivo de explorar a silvicultura em áreas de cerrados. Os incentivos fiscais interessaram a banqueiros, políticos, industriários e outros empresários, que passaram a utilizá-los e iniciaram o plantio de eucalipto e *pinus*, nos cerrados do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A política de incentivos fiscais para os projetos de reflorestamentos foi usada, por esses empresários, como uma forma de acumular capital pois, naquele momento, não se tinha idéia do que se faria com tais florestas.

As ações governamentais que incentivaram os reflorestamentos não fizeram referências aos locais onde essas florestas poderiam ser instaladas. Não houve preocupação com a preservação e conservação dos recursos naturais do Cerrado, nem com antigos proprietários dessas áreas. As grandes empresas aproveitaram os incentivos e o baixo valor imobiliário das terras e adquiriram extensas áreas para a implantação das florestas homogêneas. Estas são plantadas nas vertentes planas das chapadas, chegando até às margens dos campos úmidos, que não foram devidamente protegidos pela legislação e fiscalização governamentais (Soares, 2002).

Nas últimas décadas do século XX e primeira década do século XXI, os cerrados brasileiros foram intensamente ocupados pela agricultura. Essas décadas marcaram profundamente, a estruturação das paisagens, na área desta pesquisa. As facilidades de financiamento e a infra-estrutura oferecida atraem produtores rurais de diversas partes do país, em sua maioria vindos do Sul, para os Cerrados do Triângulo Mineiro. Além desses pontos positivos, as chapadas, por suas características e a sua localização

geográfica passam a ser consideradas uma fronteira agrícola, com excelentes perspectivas de produtividade e lucros.

Uso e ocupação do solo - 2006

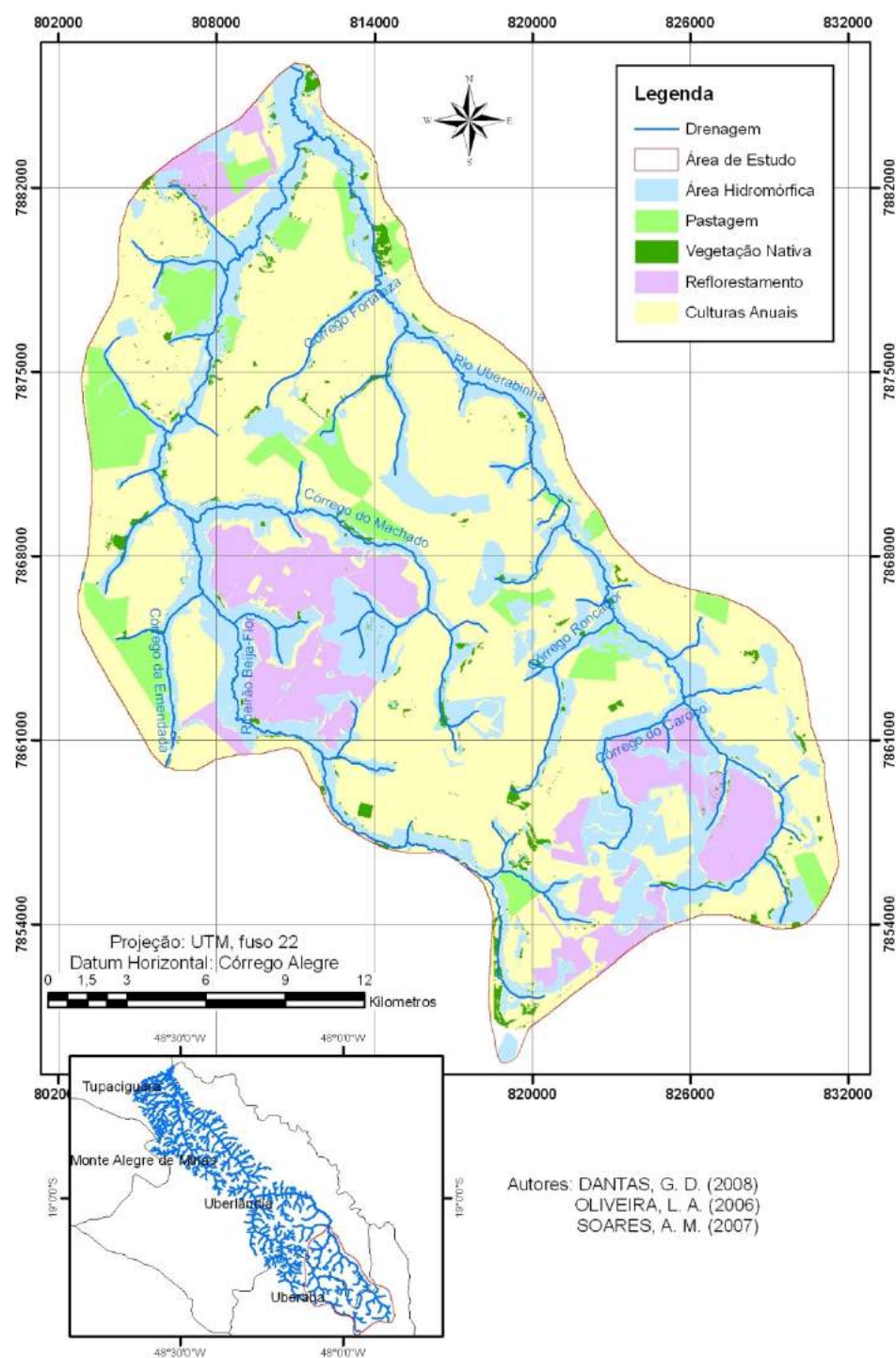


Figura 75 – Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Uberabinha em 2006.

A partir da década de 1980, a Bacia do Alto Uberabinha começa a ser ocupada pelas monoculturas, principalmente a soja. Em pleno processo de modernização da agricultura brasileira, os solos pobres e ácidos do cerrado passam a ser corrigidos. Técnicas modernas de cultivo começam ser utilizadas. Entre elas, a mecanização, a correção da acidez, a adubação química, o emprego de sementes selecionadas e o uso de herbicidas e inseticidas, que passam a compor as novas técnicas de manejo, nos chapadões do Alto Uberabinha.

O relevo tabular e a boa estruturação dos latossolos favoreceram a intensa mecanização. As máquinas e os acessórios agrícolas utilizados modernizaram-se, apresentando alta tecnologia.

Os produtos utilizados na correção dos solos (calcário e fosfato) começam a ser explorados em locais mais próximos (Araxá, Uberaba, Tapira, Patos de Minas) reduzindo os custos de produção. A rede de distribuição (rodovias) e de armazenagem implementada por programas governamentais, facilitam o escoamento da produção (SOARES, 2002).

Todos esses aspectos promovem a expansão da fronteira agrícola, com a crescente busca de terras para a prática da agricultura moderna. Com a chegada dos produtores do sul do país, foram instaladas as relações capitalistas de produção nas áreas de Cerrado. A partir de então, os objetivos passaram a ser a produção em alta escala, para exportação, e lucros crescentes e imediatos. As bases da agricultura capitalista, no Cerrado, foram definidas por um sistema de arrendamento de terras, cujo aluguel passou a ser pago em dinheiro, correspondendo a uma porcentagem da produção. Schneider descreve bem como os agricultores do sul do país foram atraídos para o Cerrado do Triângulo Mineiro.

Os agricultores sulistas chegaram à chapada do Uberabinha através de informações recebidas de amigos, por contato direto com

proprietários locais durante um processo próprio de busca de novas terras, ou motivados por representantes dos programas municipais de arrendamento. Representantes das Secretarias Municipais de Agricultura tanto de Uberlândia como de Uberaba foram a algumas regiões do país, especialmente a área atingida pela represa de Itaipu e a região de Campo Mourão, buscando incentivar principalmente pequenos produtores gaúchos e paranaenses, já com experiência no cultivo de soja, que possuísem condições econômicas suficientes para ter seu próprio maquinário e que pudessem rapidamente entrar no processo produtivo. Encontram-se também na área alguns arrendatários de origem paulista. Estes geralmente são proprietários de terra no norte do estado de São Paulo e, dada a facilidade da pequena distância, usam terras arrendadas para a produção de grãos, beneficiando-se das facilidades de financiamento agrícola. Eles chegaram a área em questão, através de corretoras de terras que operam especialmente na região de Orlândia – S.P. (1996:81).

Na bacia do Alto Uberabinha, a década de 1990 representou um período de intensas mudanças no uso do solo. Nessa época, as florestas homogêneas já estavam completando 20 anos e já tinham chegado ao ponto ideal para o corte e a comercialização das madeiras. Nesses vinte anos, as terras do cerrado foram supervalorizadas pelo plantio de grãos para exportação. Diante desse quadro, os reflorestamentos passaram a ser substituídos pelas monoculturas, já que essas proporcionavam maiores lucros que um novo plantio de florestas de eucalipto e *pinus*.

Atualmente, a bacia do Alto Uberabinha apresenta grandes produtividades. As culturas tomaram conta da maior parte dessa área, com destaque para a chegada da cana-de-açúcar (Figs 76, 77, 78 e 79). Restam apenas poucas áreas com reflorestamento e pastagens, e algumas com vegetação natural.

Durante as últimas três décadas, a Bacia do Alto Uberabinha passou por transformações que provocaram impactos ambientais, principalmente sobre os sistemas úmidos de topo. Áreas úmidas foram drenadas e incorporadas à produção, como pode ser observado nos levantamentos de 1964 e 2006 (Fig. 80).



Figura 76 – Plantios de cana-de-açúcar no interflúvio do Rio Claro e Rio Uberabinha – Uberaba – MG. Autor: SOARES, 2007.



Figura 77 – Plantios de cana-de-açúcar no interflúvio do Rio Claro e Rio Uberabinha – Uberaba – MG. Ao fundo a Usina Uberaba. Autor, SOARES, 2007.



Figura 78 – Plantio de soja no interflúvio do Rio Uberabinha e Ribeirão Beija-Flor.
Autor: SOARES, 2007.



Figura 79 – Terra sendo preparada para receber a cana-de-açúcar, nas proximidades da nascente do Córrego Jacaré, nascente do Rio Uberabinha – Autor: SOARES, 2007.

Áreas Úmidas de 1964 e 2006

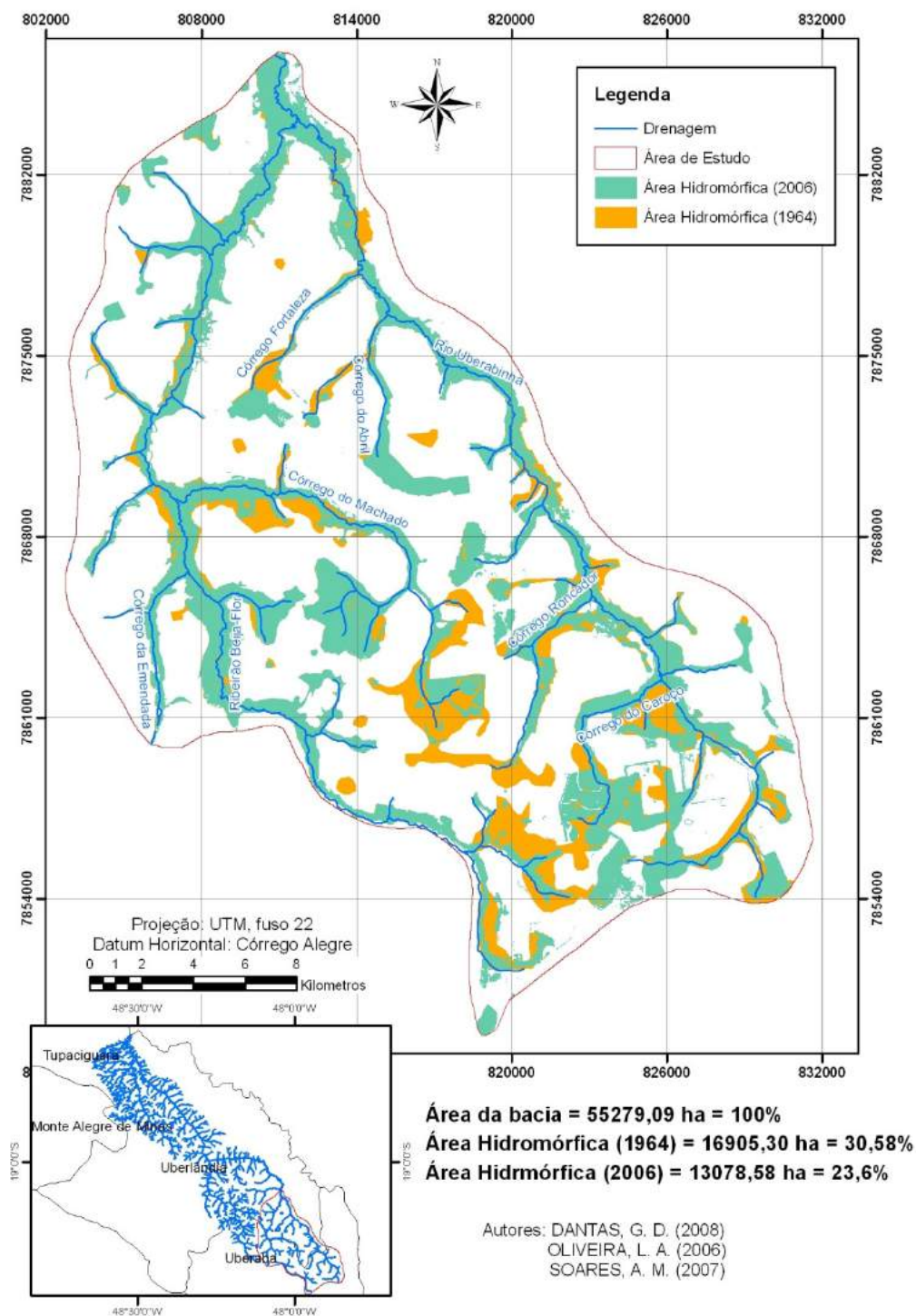


Figura 80 – Áreas úmidas ocupadas pelas culturas na Bacia do Alto Uberabinha

A área da bacia do Alto Uberabinha é da ordem 55.279,09 ha. Em 1964, as áreas hidromórficas da bacia totalizavam 16.905,30 ha, 30,58 % da área total. Em 2006, os campos hidromórficos da área somavam 13.078,58 ha, cerca de 23,60 % da área total (Tab. 10). Nesse período (1964 – 2006), 3.826, 72 ha de áreas hidromórficas, 6,98 % da área total da bacia do Alto Uberabinha, foram incorporadas à área produtiva.

Tabela 10 – Áreas úmidas incorporadas ao sistema produtivo no período de 1964 – 2006 na Bacia do Alto Uberabinha – Uberaba/Uberlândia – MG.

Ano do levantamento	Área úmida em ha	Percentual em relação à área total da bacia
1964	16.905,30	30,58 %
2006	13.078,58	23,60%

Fonte: Adaptado de Schneider, 1996.

Esse processo de incorporação dos sistemas úmidos à área produtiva foi amplamente discutido em Schneider (1996) e Soares (2002). Esses levantamentos das áreas úmidas ocupadas nas bacias do Rio Uberabinha e Rio Claro foram feitos através de cruzamentos de mapas e levantamentos em imagens de satélite e fotografias aéreas. Nessa pesquisa buscou-se resgatar e atualizar esses levantamentos utilizando o Sistema de Informação Geográfica e técnicas mais modernas de geoprocessamento.

5 – ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Com base nos dados levantados, é possível avaliar a relevância do tema para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica hídrica da área em estudo, assim como analisar a efetividade da abordagem metodológica escolhida.

A área estudada é bastante homogênea, do ponto de vista geográfico. Baccaro (1991 e 1994) destaca que essa área está inserida na unidade geomorfológica denominada “Áreas Elevadas de Cimeira com topos planos e largos” no Triângulo Mineiro.

Soares (2002) caracterizou essa superfície de cimeira como relevo tabular a suavemente ondulado, com interflúvios amplos e vertentes longas, suavemente convexizadas, vales rasos e ocupados por extensos campos úmidos, onde ocorrem solos hidromórficos e orgânicos.

As chapadas, por serem muito planas, armazenam enorme quantidade de água pluvial, sendo fornecedoras hídricas dos córregos que nascem em suas bordas ou no contato do pacote de solo com a canga laterítica, que se formou, em tempos pretéritos, como consequência de oscilações do lençol freático causadas pela variação climática da Era Cenozóica. Estas superfícies elevadas e planas, “Superfícies Sul Americana de King”, ocupam amplas áreas no Triângulo Mineiro e Brasil Central e são áreas de recarga dos aquíferos locais e regionais (MACEDO E CORRÊA, 2006).

As altitudes apresentam variação de 120 m, sendo que a maior parte da área situa-se entre a cota 900 a 950 m. Nas altitudes menores que 900 m encontram-se os vales fluviais circundados por extensas várzeas. Acima de 950 m de altitude, estão os sistemas úmidos de topo e a maioria das nascentes.

Para conhecer a dinâmica hídrica da área de estudo e fazer o balanço hidrológico, foram realizados levantamentos de informações sistemáticas dos principais componentes do ciclo hidrológico e de outros processos que também interferem nesta dinâmica.

Os dados de precipitação levantados evidenciam a particularidade da sazonalidade climática da região. O início do período analisado, setembro de 2006, coincidiu com o início da estação úmida de 2006/07. Os dados da Fazenda Van Ass e da Magnesita SA apresentam certa similaridade, com exceção de dezembro de 2006 e janeiro de 2007, quando os dados da Fazenda Van Ass apresentaram maiores volumes de precipitação (figs. 25 e 26). Já os dados da Fazenda Roncador, da SA Agroindustrial Eldorado (fig. 27), apresentaram uma variação maior, em relação aos outros pontos, com destaque para os meses de dezembro de 2006 e janeiro de 2007, onde ocorreu certa inversão dos volumes precipitados.

No período seco analisado, os dados de pluviosidade da Fazenda Roncador e da Fazenda Van Ass são bastante semelhantes, e no período úmido 2007/2008, os totais pluviométricos da Fazenda Roncador, em alguns meses (fev/08 e mar/08), excederam os totais pluviométricos da Fazenda Van Ass, que apresentou maior homogeneidade nos valores.

O período úmido de 2007/08 teve o seu início retardado em um mês, com precipitações iniciais menores. Essa alteração no regime das chuvas fez com que o pico das precipitações se deslocasse de dezembro/06 e janeiro/07 para fevereiro e março de 2008. As precipitações médias refletem essas oscilações (fig. 69).

Os valores de vazão obtidos no rio Uberabinha (Tabela 1, fig. 40) também acompanharam o regime das precipitações. Nos meses de janeiro de 2007 e janeiro e fevereiro de 2008 não foi possível obter os dados para o cálculo da vazão, pois na seção do leito fluvial, onde eram realizadas as medidas, ocorreu o transbordamento do rio para o seu leito maior sazonal. Os valores desses meses foram estimados com base nos mesmos meses do ano anterior. O pico das vazões coincide com o pico das precipitações, com um período de concentração de um a dois meses (fig. 73).

Os níveis freáticos também refletem a sazonalidade climática e as mudanças no ritmo das precipitações da área estudada. Na Fazenda Van Ass, Estação Experimental II (fig. 43), a subida do nível freático teve seu pico em dezembro de 2006, janeiro de 2007 e março de 2008, e o nível freático mais baixo em setembro de 2006 e outubro de 2007, sendo que, no ano de 2007, o recuo do nível freático foi de 1 m a mais do que no ano de 2006.

Esse recuo do nível freático, na Estação Experimental II, no inverno de 2007, não está relacionado com os valores precipitados, pois no verão anterior, 2006/2007, a quantidade de precipitação foi bem maior do que a do verão de 2005/2006.

Os níveis freáticos da Estação Experimental I (fig. 48), Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado – Estação Experimental V (fig. 44) e Estação Experimental VI (fig. 42) apresentaram o maior recuo em fevereiro de 2007 e março de 2008, respondendo ao regime das precipitações anteriormente destacadas.

Nas nascentes do Ribeirão Beija-Flor o recuo do nível freático não apresentou grandes alterações nos períodos secos de 2006 e 2007. Já nas cabeceiras do Córrego Fortaleza e na Fazenda da SA Agroindustrial Eldorado, o nível freático recuou cerca de 1,2 m a mais no inverno de 2007, se comparado ao inverno de 2006.

Na Estação Experimental III, nas margens do Córrego do Carço, os três piezômetros monitorados apresentaram pequenas variações nos níveis freáticos. No ponto 1 (fig. 45), o

nível freático variou cerca de 0,7 m. O ponto 1 está localizado na parte topograficamente mais baixa da área úmida que margeia o canal fluvial, o que justifica a pequena variação no nível freático. Os pontos 2 e 3 (figs. 46 e 47), também localizados na faixa úmida que margeia o canal fluvial, acompanharam a variação apresentada no ponto 1.

Na Estação Experimental IV, Estância Buritis, os níveis freáticos também acompanharam o regime das precipitações, porém sofreram o efeito da borda da superfície tabular. Nas bordas dos chapadões, ocorrem capturas de drenagem e, mesmo não havendo capturas dos cursos d'água, parte da água subterrânea flui no sentido das nascentes, localizadas nas bordas escarpadas e no seu sopé. O ponto 2 (fig. 53) reflete bem a diferença nos níveis freáticos dos invernos de 2006 e 2007, como já constatado em outros piezômetros. Já os pontos 1 e 3 (figs. 52 e 54) apresentaram menores variações, se comparados aos invernos de 2006 e 2007.

As análises dos níveis freáticos proporcionaram a delimitação da profundidade do nível da água (n.a.), na área em estudo. Nas áreas úmidas de topo analisadas - cabeceiras do Córrego Fortaleza, covoal, e cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor, pontos 3 e 4, no covoal - os níveis freáticos chegam a 4 m de profundidade. Nas áreas úmidas das margens dos cursos d'água, o nível freático oscila de 0 m a 2,5 m, no limite do solo hidromórfico, com os latossolos mais drenados.

Nos interflúvios analisados, entre 900 m e 950 m de altitude - Estação Experimental I, pontos 1 e 2 (fig. 48 e 49), cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor, fazenda da SA Agroindustrial Eldorado, Estação Experimental V - o n.a. oscila até 5 m. Já nos interflúvios acima de 950 m de altitude, o n.a oscila até 4 m, como identificado na Estação Experimental II, (fig. 43) na Fazenda Van Ass.

Com o intuito de conhecer a dinâmica subsuperficial da área estudada foram realizados ensaios de solo com o Permeâmetro Guelph, em campo, para determinar os

coeficientes de permeabilidade nas profundidades 20 cm, a 40 cm e a 60 cm. Os resultados mostraram que a maior parte da bacia do alto curso do Rio Uberabinha apresenta altos valores de permeabilidade (figs. 55, 57 e 59) exceto alguns pontos ensaiados localizados nas áreas hidromórficas (figs. 56, 58 e 60), que apresentaram taxas de permeabilidade consideradas médias. Alguns ensaios realizados a 40 cm e a 60 cm de profundidade em áreas hidromórficas (ensaios 16 e 17) apresentaram valores de permeabilidade considerados baixos.

Relacionando os ensaios de permeabilidade do solo com o seu uso e ocupação, pode-se perceber que os maiores coeficientes de permeabilidade levantados, na camada superficial (0 a 20 cm), ocorreram em áreas com plantações de eucalipto (pontos 9 e 11 – fig. 61). Nos outros pontos ensaiados, a permeabilidade, nessa camada superficial, apresentou valores mais baixos, indicando que a compactação, pelo manejo das culturas, tem provocado a redução da permeabilidade desses solos.

Nas profundidades de 40 e 60 cm, os ensaios mostraram um coeficiente de permeabilidade bem maior. Os menores valores de permeabilidade, para estas profundidades, foram encontrados nos ensaios realizados em áreas úmidas (pontos 13, 14, 15, 16, 17 e 18 – fig. 61).

Resultados dos coeficientes de permeabilidade obtidos nos ensaios de infiltração da água no solo demonstraram que, na bacia do alto curso do Rio Uberabinha, os solos são bem estruturados e apresentam alta porosidade e permeabilidade, principalmente, nos horizontes subsuperficiais. Resultados das análises granulométricas, realizadas nos solos da área estudada, evidenciaram altos teores de argila, tanto maiores quanto mais se aprofundam nos perfís. A textura predominante é a argilosa.

As análises granulométricas também mostraram que existe uma redução do teor de argila nos solos hidromórficos da margem do Córrego do Carço, Estação Experimental III, nas profundidades acima de 1 m. A mesma situação ocorreu nas cabeceiras do Ribeirão Beija-

Flor, nos solos hidromórficos de covoal. Em Fonseca (2002), análises granulométricas realizadas com material muito argiloso, também foram encontradas porcentagens da fração argila abaixo dos valores esperados nos locais onde os solos se apresentam bastante argilosos e pegajosos. Segundo o autor, nas análises granulométricas, maior porcentagem da fração argila é camuflada graças à floclulação de partículas microscópicas de dimensões coloidais, formam grumos por aglutinação e, que se precipitam com uma velocidade maior do que as argilas não flocluladas.

O fenômeno da floclulação ocorre em solos com uma grande capacidade de troca catiônica – CTC que, por intermédio de interações eletrostáticas, se juntam, dando origem a partículas maiores que, muitas vezes, são classificadas como silte ou até mesmo areia fina. Esse fenômeno ocorreu quando foram realizadas as análises granulométricas dos solos hidromórficos da área estudada.

Os solos hidromórficos, bastante argilosos, associados à paleoturfa, possuem alta Capacidade de Troca Catiônica - CTC. Tal característica pôde ser constatada por meio dos ensaios com traçador realizados em pontos da bacia hidrográfica estudada.

Ensaios com traçador químico, realizados em três pontos da área de estudo, evidenciaram aspectos importantes relacionados com a recarga do aquífero regional e também com o papel das camadas argilosas e turfosas, localizadas nos sistemas úmidos de topo e nas várzeas que margeiam a maioria dos cursos d'água. O ensaio evidenciou como ocorre a circulação da água, na zona saturada ou freática. O ponto ensaiado junto às cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor (fig. 66), cujas características geomorfológicas, representam as áreas de médias e suaves encostas, associadas a superfícies localizadas em cotas superiores a de 950 m de altitude, mostrou que a circulação do nível freático se dá, em um primeiro momento, em direção às áreas deprimidas de topo, lagoas e covoais; em um segundo momento, de forma radial e, por último, no sentido vertical.

O outro ponto ensaiado, localizado na fazenda da SA Agroindustrial Eldorado, é representativo de áreas de interflúvios situados entre 900 e 950 m de altitude. Nesse ponto, o fluxo subterrâneo evoluiu no sentido vertical e, secundariamente, no sentido do vale do Rio Uberabinha. A circulação da água, no piezômetro, é bastante lenta, cerca de 7,5 cm/h (fig. 68), diferentemente do piezômetro instalado em solos localizados em cotas superiores a 950 m, nas cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor, onde a velocidade do fluxo foi maior, 13,04 cm/h (fig. 66).

No piezômetro localizado na margem do Córrego do Carço, o ensaio com traçador apresentou um resultado bem diverso dos outros pontos ensaiados (fig. 67). Essa diferença de resultados está relacionada com as características físicas dos solos de cada local.

No ensaio realizado no piezômetro junto às cabeceiras do Ribeirão Beija-Flor e na SA Agroindustrial Eldorado, os solos estão representados pelos Latossolos Vermelho-Amarelos, enquanto que, na margem do Córrego do Carço, estão presentes os solos hidromórficos, com predominância de camadas de argila sobrejacentes à paleoturfa. Nesse local, o traçador apareceu, primeiramente, após 40 horas, no piezômetro 1, no sentido paralelo ao fluxo do canal fluvial. Nos outros dois piezômetros, mesmo estando no sentido da declividade da vertente (piezômetro 2), o traçador não foi detectado em 60 horas de monitoramento. Este fato levou à ampliação dos locais para os levantamentos de condutividade elétrica da água.

No próprio local ensaiado, a montante do limite da área hidromórfica com os latossolos, foi mensurada a condutividade elétrica da água e os resultados apresentaram alto valor de condutividade, 0,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mediu-se, também, a condutividade elétrica da água no Córrego do Carço, a jusante do ponto ensaiado, e o valor de condutividade foi bastante reduzido, 0,076 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O mesmo procedimento foi reproduzido em outros pontos, onde as camadas argilosas e turfosas estão presentes; na Estação Experimental I, no covoal das cabeceiras do Córrego

Beija-Flor, a condutividade elétrica da água da lagoa foi de 0,136 $\mu\text{S/cm}$, enquanto que a condutividade elétrica da água medida no córrego, a jusante da lagoa, foi de 0,04 $\mu\text{S/cm}$; na Estação Experimental II, na Fazenda Van Ass, a condutividade elétrica da água, acima da camada de argila e paleoturfa, na nascente do Córrego Jacaré, foi de 0,051 $\mu\text{S/cm}$, e no poço de monitoramento foi de 1,154 $\mu\text{S/cm}$; na Estação Experimental V, onde não ocorrem as camadas argilosas e a paleoturfa, a condutividade elétrica da água no poço de monitoramento do n.a. foi de 0,06 $\mu\text{S/cm}$ e no Rio Uberabinha, a jusante do ponto experimental, o valor foi de 0,05 $\mu\text{S/cm}$; na Estação Experimental VI, nas cabeceiras do Córrego Fortaleza, a condutividade elétrica da água foi de 0,05 $\mu\text{S/cm}$, o mesmo valor encontrado no mesmo córrego, a jusante do ponto amostrado.

Determinações da condutividade elétrica da água, por meio de ensaios com traçador NaCl, comprovaram que as camadas argilosas e, principalmente, a paleoturfa, retêm os íons da solução do solo. Nos locais onde existem estas camadas e o uso do solo está relacionado com as culturas anuais, como na Fazenda Van Ass, na Fazenda próxima ao Córrego do Carço e no interflúvio do Ribeirão Beija-Flor com o Rio Uberabinha e o Rio Claro, as camadas de argila e paleoturfa retêm os íons que são incorporados à solução do solo, oriundos de produtos agrícolas utilizados no processo produtivo (fertilizantes e defensivos).

Nos locais onde não se verifica a ocorrência das camadas de argilas e paleoturfa, os íons não são retidos e, portanto não se concentram, fazendo com que a condutividade elétrica da água seja baixa e de mesmo valor encontrado na superfície, no piezômetro, e no canal fluvial, localizado a jusante.

Isso foi constatado nas Estações Experimentais V e VI onde, mesmo em áreas com culturas anuais, os índices de condutividade elétrica da água foram pequenos e iguais a jusante e a montante dos piezômetros monitorados.

Outro aspecto importante está relacionado com a mobilidade da pluma de sal nos pontos ensaiados. Após 720 horas (um mês) da introdução do traçador NaCl nos piezômetros foram feitas leituras das condutividades elétricas e constatada a presença do traço em todos os pontos. No piezômetro da margem do Córrego do Carço, o traço havia sofrido redução acentuada no piezômetro 1, e aumentado consideravelmente, nos piezômetros 2 e 3. Esse resultado mostrou o importante papel das argilas e do material turfoso na retenção dos íons e filtragem da água.

Nesta pesquisa foi feita uma avaliação da evolução do uso e ocupação do solo na bacia do alto curso do Rio Uberabinha, tendo como base os anos de 1964, quando essa área ainda era pouco ocupada, e o ano de 2006.

Informações, a cerca do uso e ocupação do solo, obtidas durante o desenvolvimento da presente pesquisa de tese mostrou que a área estudada atualmente encontra-se intensamente ocupada pelas atividades agropecuárias, com destaque para a agricultura e, em menor escala, as pastagens e a silvicultura. As atividades agrícolas praticadas na área estão relacionadas com as culturas anuais, principalmente da soja, do milho, do arroz, da cana-de-açúcar (em expansão) e, em menor escala, outras culturas, como o tomate.

No processo de ocupação dessa área, conforme os levantamentos dos últimos 42 anos (fig. 80), 6,98 % das áreas úmidas foram incorporadas às áreas produtivas, sem levar em consideração as Áreas de Preservação Permanente – APPs, que não foram mapeadas nesta pesquisa.

Outra atividade econômica desenvolvida na área de estudo é a mineração. As áreas de extração de argila refratária não sofreram grandes ampliações nestes últimos 40 anos, mas as áreas licenciadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM são consideráveis, como pode ser observado na figura 81.

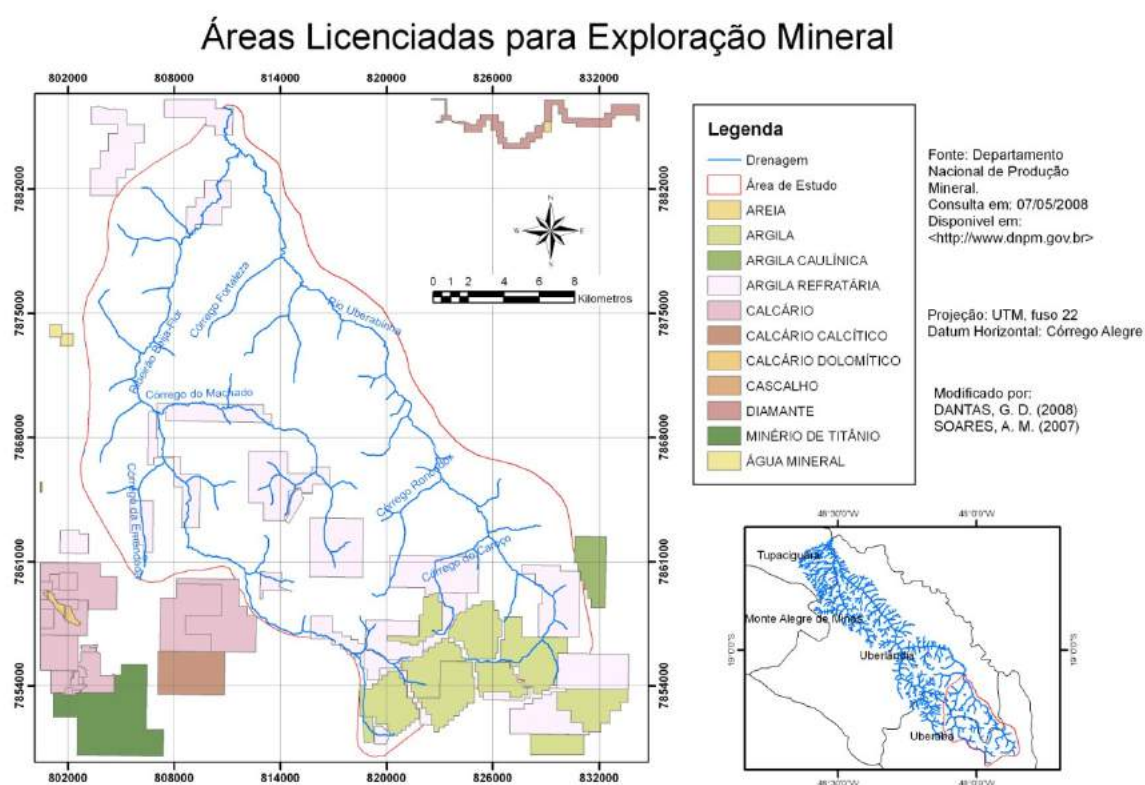


Figura 81 – Áreas licenciadas para exploração mineral na Bacia do Alto Uberabinha.

Como destacado anteriormente, as camadas argilosas dos topos e a paleoturfa desempenham um papel importante, tanto na recarga dos lençóis subterrâneos quanto na filtragem da água. Além disso, a preservação dessas áreas é importante para a conservação da biodiversidade, pois são considerados refúgios ecológicos de espécies da fauna terrestre e alada (figs. 82 e 83). Por isso, as intervenções antrópicas nos sistemas úmidos da bacia do alto curso do Rio Uberabinha devem ser evitadas.



Figura 82 – Presença da fauna migratória procurando refúgio, em área úmida incorporada à área produtiva – Bacia do Alto Uberabinha – Uberaba – MG. Autor: SOARES, 2007.



Figura 83 – Chegada dos tuiuiús de papo preto (*Jabiru mycteria*) em busca de refúgio, em área úmida incorporada à área produtiva – Bacia do Alto Uberabinha – Uberaba – MG. Autor: SOARES, 2007.

Outro aspecto importante, que deve ser mencionado, é o uso intensivo de defensivos e adubos químicos na área de estudo. São extensas as áreas que, na estação úmida, acumulam água na superfície enquanto que, paralelamente, é na estação úmida que as culturas requerem maiores quantidades desses produtos, para a prevenção e combate das pragas, normalmente aplicadas com o uso de aviões para as pulverizações. Dessa forma, a água acumulada nas depressões superficiais e nas áreas úmidas, incorporadas à produção, recebe diretamente estes produtos químicos utilizados nas pulverizações (figs. 84 e 85).



Figuras 84 e 85 – Avião agrícola em trabalho de pulverização de plantações em áreas úmidas incorporadas à agricultura, onde há acúmulo de água. Bacia do Alto Uberabinha. Autor: SOARES, 2007.

O uso e ocupação da bacia também interferiram na permeabilidade dos solos da área. Os resultados dos ensaios de permeabilidade do solo, apresentados anteriormente (fig. 61), e os resultados obtidos por COSTA; DUARTE, e NISHIYAMA (2007) e COSTA e NISHIYAMA (2008), mostraram que a ocupação da Bacia do Alto Uberabinha interferiu nos índices de permeabilidade dos solos.

Os ensaios realizados nesta pesquisa mostraram que os coeficientes de permeabilidade foram reduzidos, nos ensaios da camada superficial do solo de 0 a 20 cm, com exceção do ponto 9 e 11, onde o uso do solo está relacionado com o plantio do eucalipto, em profundidades maiores, a 40 e 60 cm, os coeficientes de permeabilidade são maiores que na camada superficial.

O balanço hidrológico realizado mostrou que a área estudada é bastante representativa, do ponto de vista da recarga de aquíferos regionais. No balanço hídrico, para o período de avaliação desta pesquisa - 19 meses, de setembro de 2006 a março de 2008 - foi constatado um *superávit* de 284,87 mm.

Ao realizar a integração o cruzamento dos dados de precipitação e vazão (Fig. 73) no sistema hidrológico aqui considerado - a Bacia do Alto Uberabinha - percebe-se que houve uma resposta da vazão quase que imediata à precipitação. Nos meses de Janeiro de 2007 e Janeiro e Fevereiro de 2008, os picos de precipitação não estão refletidos nos valores de vazão. Esse fato pode ser justificado, pois, exatamente nesses três meses não foi possível levantar os dados para o cálculo das vazões. Os dados foram estimados para baixo, pois foram considerados os maiores valores de vazão do período. Nesses meses, o rio Uberabinha transbordou e, possivelmente, os valores de vazão seriam bem maiores do que os estimados.

Na relação precipitação/deflúvio, da figura 73, pode-se fazer uma análise com relação aos valores das vazões, no início da estação úmida. As primeiras chuvas possuem menores volumes e, quando se precipitam, encontram os solos mais secos, devido à estação seca que

está terminando, favorecendo a infiltração da maior parte dessas precipitações. Além desse fato, deve-se considerar também a extensão da área de contribuição do sistema hidrológico, que influencia no tempo de concentração dos volumes precipitados. Tanto no início da estação chuvosa de 2006 quanto no início da estação chuvosa de 2007, os valores das vazões só começaram a subir em razão da chegada da água das primeiras chuvas ao ponto de saída do sistema hidrológico, após dois meses do início da estação úmida.

Na estação seca de 2007, a vazão acompanhou a precipitação, com exceção dos meses de Junho/07 e Agosto/07, quando não houve precipitação, mas a vazão ficou na média do período.

No balanço hidrológico (Fig. 74), ficou evidente que a dinâmica hídrica da Bacia do Alto Uberabinha é comandada pela sazonalidade climática, com destaque para o papel das formações superficiais, na recarga hídrica.

Após uma análise dos dados levantados sobre o sistema hidrológico considerado nesta pesquisa, foi possível compreender algumas relações hidrológicas em diferentes pontos da bacia e destacar indícios de impactos ambientais relacionados com o uso e ocupação da área.

A Bacia do Alto Uberabinha vem sofrendo intensa pressão antrópica, nos últimos 40 anos, devido ao uso e ocupação dos solos da área. Esse processo de ocupação, como vem sendo feito, sem levar em consideração as características físicas e a dinâmica da área, cujos interesses estão voltados para a reprodução rápida do capital, gerou impactos ambientais difíceis de serem minimizados.

A compactação da camada superficial do solo, a incorporação de áreas úmidas às áreas produtivas e, secundariamente, as intervenções feitas nas áreas de preservação permanente para a exploração de mineral, impactaram sobremaneira a dinâmica hidrológica da bacia, principalmente na recarga da zona saturada freática.

São as reservas hídricas dessas áreas que garantem a perenidade dos cursos d'água que estão a jusante. No caso da bacia do alto curso do rio Uberabinha, pode-se considerá-la como sendo uma área de recarga do aquífero regional e, principalmente, da bacia do médio e alto cursos do Rio Uberabinha.

REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia** **18**. São Paulo, 1969.

AB´SÁBER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. **Geomorfologia**, **55**. São Paulo: IG-USP, 1977.

ABREU, A. A. **Análise Geomorfológica**: reflexão e aplicação – Uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo no Planalto Diamantina-MG. Tese (Livre Docência em Geografia) FFLCH-USP, 1982.

BACCARO, C. A. D. **Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão (SP)**. Dissertação de mestrado. São Paulo: USP/FFLCH, 1990.

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado – Uberlândia – MG**. Tese de doutorado. São Paulo: USP/FFLCH, 1990.

BACCARO, C. A. D. As unidades geomorfológicas no Triângulo Mineiro. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia. N. 5 e 6. p. 37-42, jan/dez, 1991.

BACCARO, C. A. D. As unidades geomorfológicas e a erosão nos chapadões do Município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia. n. 6. p. 19-33, jan/dez, 1994.

BACCARO, C. A. D. Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. *In: Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações / Antônio José Teixeira Guerra, Antônio Soares da Silva e Rosângela Garrido Machado Botelho (orgs)*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 195-228.

BARBOSA O. et al. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral. Boletim 136. 1970.

BARRETO LUIZ, A. J. et al. Mapeamento expedito dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água para os solos da microbacia do córrego Espreado em Ribeirão Preto-SP. **Anais**. XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia, 1996.

BERTRAND, G. Paysage et Geographie Physique Globale. **Revista Geographie des pyrénées e du Sud Ouest**. Toulouse, 39(3): 249-272, 1968.

BORGES, V. C. **Considerações preliminares sobre a gênese dos latossolos muito argilosos das chapadas do Oeste Mineiro**. Dissertação (mestrado em Geografia), 2001. 105 f. Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

CAICEDO, N. L. Água subterrânea. *In: Hidrologia: ciência e aplicação/ organizado por Carlos E. M. Tucci; André L. L. da Silveira... [et al] – 3.ed., primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRGS, 2004. p 189 - 333*

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CAPRA, F. Alfabetização ecológica: o desafio para a educação no século XXI. *In: Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento/coordenação de André Trigueiro. 4ª ed. Campinas: Armazém do Ipê, 2005. p. 19-34.*

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1990.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiás: UFG, 1994.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. *In: Hidrologia: ciência e aplicação/ organizado por Carlos E. M. Tucci; André L. L. da Silveira... [et al] – 3.ed., primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRGS, 2004. p.485-525*

CHORLEY, R. J. The Hillslope Hydrological Cycle. *In: Hillslope Hydrology*. KIRKBY, J. Ed. John Willy & Sons, 1978.

COELHO NETO, A. L. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia**. *In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista Cunha (org)*. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995. p. 93-148.

COSTA, F. P. M e NISHIYAMA, L. Utilização do Permeâmetro Guelph e Penetrômetro de Impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v. 8, n 24, dez 2007. p. 131-143. Disponível em :<<http://www.ig.ufu.br>> acesso em 13 abril 2008.

COSTA, F. P. M; DUARTE, W. O e NISHIYAMA, L. Mapa das permeabilidades dos solos da bacia do Rio Uberabinha elaborado a partir de ensaios *in situ*. **Anais**. 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Uberlândia, 04 a 06 jun 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos./Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista Cunha (orgs)*. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995. p.211-252.

CUNHA, S. B e GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. *In: ____*. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996. p. 337-381.

DI BERNARDO, L e DANTAS, A. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2^a ed. São Carlos: RiMa, 2005. V. 01. C.4. p. 137 – 166.

DUARTE, W. C. Avaliação das reservas, potencialidades e disponibilidade de aquíferos. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco. *In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. São Paulo: ABAS, 1998.

DOMINGUES, E. N. **Estudo de processos geomorfológicos no escoamento pluvial e evolução de vertentes na Serra de Cubatão, Serra do Mar – SP**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP/FFLCH, 1983.

EMBRAPA, **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília. Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Serviço de Produção e Informação. 1999, 412 p.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física). FFCLH-USP. São Paulo, 1997.

FONSECA, G. F. **Comportamento da dispersibilidade de solos argilosos das chapadas da região de Uberlândia – MG**. Monografia (Bacharelado em Geografia). 2002. 67f. Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

Gestão ambiental da bacia do rio Araguari – rumo ao desenvolvimento sustentável
/Samuel do Carmo Lima, Rossevelt José dos Santos (orgs). Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004.

GOMES, M. A. F et AL. Métodos de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água no solo: subsídio à avaliação do risco de contaminação por agroquímicos. **Anais. XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**. Águas de Lindóia, 1996.

GONÇALVES, C. F. **Análise hidrológica em compartimentos de paisagem na bacia do Córrego Conceição. Municípios de Uberlândia e Tupaciguara MG**. 2003; 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

HASUI, Y. O Cretáceo do Oeste Mineiro. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. São Paulo. v. 18, n. 1, p.39-56.
1969.

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrological cycle. **Trans. Am Geophys. Union**, 14, New York, 1933. p. 446-460.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1970).
Folha topográfica de Miraporanga (SE-22-Z-D-III).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1972).

Folha topográfica de Nova Ponte (SE-22-Z-D-IV).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1976).

Folha topográfica de Tupacigura (SE-22-Z-B-V).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1976).

Folha topográfica de Uberlândia (SE-22-Z-D-VI).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1972).

Folha topográfica de Uberaba (SE-23-Y-C-IV).

IMAGEM ASTER: AST_L1B_00309022002132818. Cena 40x40 km. Data da imagem 09/02/2002. 13:28 hs.

Introdução à engenharia ambiental. 2ª.ed. Vários autores. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia.** Rio de Janeiro. Nº 18. 1956.

KIRKBY, J. **Hillslope hydrology.** Londres: Ed. John Willy & Sons, 1978.

KIRKBY, J.; MORGAN, J. **Soil erosion.** Londres: Ed. J. Willy and Sons, 1980.

HANNA, R. A. Rio Uberabinha – levantamento sanitário das fontes agropastoris. **Sociedade e Natureza.** Uberlândia. Ano 2. n.3. jun, 1990. p.63-68.

LIMA, S. C. Como observar e interpretar os solos. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia. Ano 6. n.11 e 12. Jan/dez, 1994. p.35-45.

MEDEIROS, C. N.; PETA, A. Exploração de imagens de satélite de alta resolução visando o mapeamento do uso e ocupação do solo. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2709-2716.

MACEDO, P. B e CORRÊA, G. F. **Descrição Morfológica de Perfil Pedológico em uma Voçoroca do Córrego Beija-flor**. No prelo. 2006.

Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. André Trigueiro (org). 4. ed. Campinas: Armazém do Ipê (autores assossidados), 2005.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion**. Londres: Longman, 1979.

NISHIYAMA, L., BACCARO, C. A. D. Aproveitamento dos recursos minerais nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – uma agressão ao meio ambiente. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 49-52, jan-dez/1989.

NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 1, p. 9-16, 1989.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000:** aplicação no município de Uberlândia – MG. Tese de Doutorado. São Carlos: 1998.

NOVAIS PINTO, M., et al. **Cerrado:** caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora UNB/ SEMATEC. 1990.

PENTEADO-ORELLANA, M. M. Microrelevos associados a térmitas no cerrado. **Notícia Geomorfológica.** Campinas. v. 20. n. 39/40, dez 1980. p. 61-72.

PEREIRA, N. M. G. **Uma análise temporal da quantidade de água na Bacia do Alto curso do Rio Uerabinha – MG e sua relação com o uso do solo. 2008.** 50 f. Monografia (Bacharelado em Geografia – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. Workshop Aquífero Guarani: potencialidades para o Estado de Minas Gerais. Uberlândia: 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. Estudos de inventário hidrelétrico da Bacia do Rio Uberabinha. Uberlândia, 2002.

RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais.** Folha SE 22 Goiânia, Rio de Janeiro, v. 31, 1983.

RESENDE, M. et al. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. 4ª ed. Viçosa: NEPUT, 2002.

RIBEIRO, S. R. A.; BÄHR, H. P.; CENTERO, J. S. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba, v. 8, no 1, 2002. p.47-57.

RIOU, G. **L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux: systems d'érosion hydrique**. Paris: Masson, 1990. Collection géographie.

ROLDÃO, J. S. F. **Uso de Traçadores fluorescentes associados a estudos em fundações e maciços de terra de barragens**. Uma nova visão. Datilografado. s/data.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991.

SCHNEIDER, M. O. **Bacia do rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente**. Tese (Doutorado em Geografia Física). FFCLH-USP. São Paulo, 1996.

SCHNEIDER, M. O. & SILVA, D. B. Estrutura Pedológica e dinâmica hídrica do “covoal” do córrego da Fortaleza. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.3, n.5 e6, p.75-89, 1991.

SHIMIZU, W. A. **Oxigênio dissolvido e Demanda bioquímica de Oxigênio no rio Uberabinha – um estudo da poluição orgânica biodegradável**. Dissertação. Uberlândia: IG/UFU, 2000.

SILVA, A. M. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos: projetos de pesquisa, monografias, dissertações e teses** / Ângela Maria Silva, Maria Salete de

Freitas Pinheiro, Nara Eugênia de Freitas. 4. Ed. rev. e ampl. por Ângela Maria Silva e Maria Salete de Freitas Pinheiro. Uberlândia: UFU, 2004.

SILVA, T. **Diagnóstico ambiental na área da bacia hidrográfica do Rio Uberabinha – MG, na porção à montante da cidade de Uberlândia, com ênfase nas Áreas de Preservação Permanente (APPs).** Monografia (Bacharelado em Geografia). 2006. 72 f. Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

SOARES, A. M. **Os grandes arranjos paisagísticos na bacia do Araguari e Quebra Anzol.** Monografia (Bacharelado em Geografia). Uberlândia. 1997. Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

SOARES, A. M. **A bacia do Rio Claro:** reflexos da ocupação antrópica. Dissertação (Mestrado em Geografia). Uberlândia, 2002. Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistema.** Metodologia em questão. São Paulo: IGEOF-USP, 1977.

SOTO, M. A. A. **Estudo da condutividade hidráulica em solos não saturados.** São Carlos: USP, 1999. Dissertação de Mestrado

TOMAZZOLI, E. R. A evolução geológica do Brasil Central. **Sociedade e Natureza.** Uberlândia. Ano 2. n.3. jun, 1990. p.11-30.

TRIGUEIRO, A. **Mundo sustentável:** abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo: Globo, 2005.

TUCCI, C. E. M. e MARQUES, D M da (orgs.). **Avaliação e controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 2000.

TUCCI, C. E. M et al. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Manual informativo (Mestrado e Doutorado). 2005.

VENFRAMA, I. F. Considerações sobre o emprego de poços de infiltração. *In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.* São Paulo: ABAS, 1998.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

www.ufsm.br, acesso em 12/04/2007.

www.wikipédia.org, acesso em 13/01/2007.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e na ocupação do meio físico:** fundamentos e guia para elaboração. (Tese de Livre Docência). Universidade São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1.993. 2 v.

ANEXO

DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO UBERABINHA FAZENDA BELA VISTA - MAGNESITA S.A - UBERABA-MG													
ANO/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2006	132	208	354	121	13	4		27	75	218	227	394	1773
2007	378	177	85	86	18								744
TOTAL	510	385	439	207	31	4	0	27	75	218	227	394	2517
MEDIA	42,50	32,08	36,58	17,25	2,58	0,33	0,00	2,25	6,25	18,17	18,92	32,83	209,75

FAZENDA VAN ASS - UBERABA-MG													
ANO/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1991	691	214	570	464	8				60	45	117	454	2623
1992	533	299	203	208	68			22	112	162	419	280	2306
1993	191	629	214	343	70	20		25	98	90	188	288	2156
1994	325	177	408	32	92					109	108	277	1528
1995	252	314	150	8	155	40	1		52	172	302	166	1612
1996	208	212	173	72	26	8	12	47	121	104	335	294	1612
1997	386	222	351	26	32	100			40	154	337	299	1947
1998	368	157	115	82	55		2	56	8	284	209	298	1634
1999	357	175	229	49					128	16	171	323	1448
2000	713	289	605	69		10	10	8	196				1900
2001													0
2002													0
2003	488	154	385	53	42			10	44	185	352	184	1897
2004	229	338	198	128	62		30			149	194	582	1910
2005	394	188	227	11	156	15							991
2006	171	356	272	203	16			25	95	189	255	509	2091
2007	452	147	90	47	20		25		30	89	227	329	1456
2008	290	317	278	202,5									1087,5
TOTAL	6048	4188	4468	1997,5	802	193	80	193	984	1748	3214	4283	28198,5
MEDIA	504,00	349,00	372,33	166,46	66,83	16,08	6,67	16,08	82,00	145,67	267,83	356,92	2.349,88

FAZENDA RONCADOR - S.A. AGROINDUSTRIAL ELDORADO - UBERABA-MG													
ANO/MÊS	JAN	FEN	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2006									67	237	249	389	942
2007	572	216	127	50	58		36		24	83	174	293	1633
2008	241	349											590
TOTAL	813	565	127	50	58	0	36	0	91	320	423	682	3165
MEDIA	67,75	47,08	10,58	4,17	4,83	0,00	3,00	0,00	7,58	26,67	35,25	56,83	263,75

Local	CÓRREGO DA FORTALEZA	FAZENDA ELDORADO	FAZENDA VANASS	CÓRREGO DO CAROÇO	CÓRREGO DO CAROÇO	CÓRREGO DO CAROÇO	NASCENTE DO BEIJA-FLÔR	NASCENTE DO BEIJA-FLÔR
Data	1	1	1	1	2	3	1	2
ago/06	2,31	2,56	3,00	0,73	1,41	2,60	4,65	4,15
set/06	3,00	3,25	3,20	0,84	1,46	2,68	5,00	4,47
out/06	3,06	3,58	2,70	0,50	0,75	1,90	5,30	4,75
nov/06	2,75	3,37	1,85	0,74	1,23	2,36	4,55	3,92
dez/06	1,59	3,03	0,00	0,27	0,53	1,42	3,11	2,46
jan/07	0,30	1,10	-0,10	0,32	0,60	1,38	1,70	1,34
fev/07	0,30	0,52	0,90	0,49	0,59	1,43	1,40	0,85
mar/07	1,50	1,16	1,60	0,45	0,77	1,58	2,00	1,33
abr/07	1,75	1,36	1,80	0,49	0,81	1,65	2,25	1,52
mai/07	2,00	1,55	2,00	0,53	0,85	1,72	2,50	1,70
jun/07	2,60	2,05	3,00	0,58	0,90	1,85	2,85	2,15
jul/07	3,10	2,66	3,55	0,64	1,04	1,96	3,45	2,77
ago/07	3,61	3,20	3,80	0,65	1,12	2,10	3,90	3,22
set/07	3,90	3,93	3,95	0,81	1,23	2,21	4,60	4,06
out/07	4,22	4,42	4,20	0,68	1,19	2,18	5,15	4,54
nov/07	3,60	4,61	2,95	0,64	1,10	2,10	5,15	4,46
dez/07	3,28	4,32	0,30	0,37	0,51	1,32	4,80	4,04
jan/08	2,75	4,15	0,95	0,50	0,67	1,70	4,89	4,22
fev/08	1,59	2,15	0,30	0,46	0,52	1,42	2,95	2,30
mar/08	-0,01	1,08	-0,21	0,00	0,16	1,22	2,62	1,75
abr/08	-0,10	0,36	0,40	0,31	0,46	1,20	1,35	0,79

Local	NASCENTE DO BEIJA-FLÔR	NASCENTE DO BEIJA-FLÔR	ESTÂNCIA BURITIS	ESTÂNCIA BURITIS	ESTÂNCIA BURITIS
Data	3	4	1	2	3
ago/06	3,62	3,25	6,32	2,27	14,60
set/06	3,92	3,59	6,30	2,19	14,89
out/06	4,13	3,78	6,70	1,88	15,30
nov/06	3,30	2,80	6,38	2,08	15,54
dez/06	1,80	1,32	5,63	1,22	13,84
jan/07	0,70	0,50	4,70	0,94	14,50
fev/07	0,36	0,05	4,37	0,91	12,03
mar/07	0,80	0,42	5,47	1,50	12,40
abr/07	0,99	0,46	5,63	1,68	12,63
mai/07	1,18	0,49	5,79	1,85	12,85
jun/07	1,62	1,25	6,20	1,95	13,45
jul/07	2,21	1,90	6,15	2,20	14,50
ago/07	2,80	2,55	6,35	2,40	14,65
set/07	3,74	3,27	6,71	2,80	15,12
out/07	4,15	3,82	6,80	3,05	15,53
nov/07	3,91	3,50	6,65	2,28	15,75
dez/07	2,82	2,70	6,25	1,25	16,00
jan/08	3,61	2,71	6,17	1,85	15,95
fev/08	1,70	1,31	5,20	1,30	15,90
mar/08	1,03	1,21	5,58	0,65	15,15
abr/08	0,26	-0,08	3,10	0,60	14,80

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA:		20/12/2006					
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		4,55	DIFERENÇA	1,90
BARRANCO:		4,40	PROFUNDIDADE:		0,57	0	
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		4,1					
PULSOS:		567					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,66	30	36	20%	0,90	29,97	82
80%	2,64	30,03	35	80%	3,60	30,03	95
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,86	29,94	47	20%	0,90	30,09	71
80%	3,44	30,18	45	80%	3,60	30,12	87
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,90	30,03	76	20%	0,87	30,03	61
80%	3,60	30,07	75	80%	3,48	30,13	75
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,92	29,94	84	20%	0,85	30,06	41
80%	3,68	30,03	83	80%	3,40	29,97	60
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,91	30,15	67	20%	0,83	29,97	34
80%	3,64	30,06	96	80%	3,32	30,07	46
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,89	30,47	101	20%	0,56	30,78	27
80%	3,56	30,13	118	80%	2,24	30,06	8

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA:		01/02/2007					
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		4,34	DIFERENÇA	1,69
BARRANCO:		4,60	PROFUNDIDADE:		0,6		
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		4,17					
PULSOS:		674					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,62	30,25	37	20%	0,86	29,97	109
80%	2,47	30,09	43	80%	3,43	30,28	119
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,82	29,97	63	20%	0,86	30,97	93
80%	3,27	20,03	86	80%	3,43	29,97	127
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,86	30,13	76	20%	0,83	30,06	55
80%	3,43	30,24	111	80%	3,31	30,03	100
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,88	30,63	71	20%	0,81	30	38
80%	3,51	30,07	126	80%	3,23	30,1	77
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,87	30,06	109	20%	0,79	30,09	31
80%	3,47	30,03	123	80%	3,15	29,97	60
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,85	30,19	101	20%	0,52	30,06	24
80%	3,39	30,09	140	80%	2,07	29,97	27

MEDIDAS DE VAZÃO															
DATA:		01/03/2007													
MEDIDA PADRÃO:		2,65		PROFUNDIDADE:		3,94		DIFERENÇA		1,29					
BARRANCO:		3,2		PROFUNDIDADE:		0,6									
MEDIDA GLOBAL															
TEMPO:		0,180555556													
PULSOS:		413													
DISTÂNCIA		PROFUND. PADRÃO		TEMPO		PULSOS		DISTÂNCIA		PROFUND. PADRÃO		TEMPO		PULSOS	
50 cm - 1 m		1,40						6,5 - 7 m		2,60					
20%		0,54		30,07		21		20%		0,78		29,82		57	
80%		2,15		30,16		14		80%		3,11		30,03		77	
1,5 - 2 m		2,40						7,5 - 8 m		2,60					
20%		0,74		30,15		37		20%		0,78		29,94		52	
80%		2,95		30,15		50		80%		3,11		29,91		57	
2,5 - 3 m		2,60						8,5 - 9 m		2,45					
20%		0,78		30,19		52		20%		0,75		30,15		46	
80%		3,11		29,87		65		80%		2,99		29,94		51	
3,5 - 4 m		2,70						9,5 - 10 m		2,35					
20%		0,80		30,06		51		20%		0,73		30,12		35	
80%		3,19		30,09		89		80%		2,91		30,16		42	
4,5 - 5 m		2,65						10,5 - 11 m		2,25					
20%		0,79		30		66		20%		0,71		30,13		28	
80%		3,15		30,13		81		80%		2,83		30		28	
5,5 - 6 m		2,55						11,5 - 12 m		0,90					
20%		0,77		30,09		72		20%		0,44		30,13		12	
80%		3,07		30,12		81		80%		1,75		30,16		6	

MEDIDAS DE VAZÃO								
DATA:		16/04/2007						
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		3,04	DIFERENÇA		0,39
BARRANCO:								
MEDIDA GLOBAL								
TEMPO:		0,184027778						
PULSOS:		311						
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60			
20%	0,36	30	12	20%	0,60	30,1	40	
80%	1,43	30,03	7	80%	2,39	30,03	40	
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60			
20%	0,56	30,16	30	20%	0,60	29,94	38	
80%	2,23	30,06	22	80%	2,39	29,91	28	
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45			
20%	0,60	30,1	49	20%	0,57	30,25	24	
80%	2,39	30,09	32	80%	2,27	29,97	28	
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35			
20%	0,62	30,03	43	20%	0,55	30,25	10	
80%	2,47	30	49	80%	2,19	30,16	20	
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25			
20%	0,61	39,91	50	20%	0,53	30,12	8	
80%	2,43	30	52	80%	2,11	30,13	3	
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90			
20%	0,59	30	38	20%	0,26	30	5	
80%	2,35	30	51	80%	1,03	30,03	1	

MEDIDAS DE VAZÃO								
DATA:		14/05/2007						
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,75	DIFERENÇA		0,10
BARRANCO:								
MEDIDA GLOBAL								
TEMPO:		4,06						
PULSOS:		276						
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60			
20%	0,30	29,81	14	20%	0,54	30,07	41	
80%	1,20	30,06	10	80%	2,16	30,07	26	
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60			
20%	0,50	30,25	30	20%	0,54	30	36	
80%	2,00	30,15	18	80%	2,16	30,06	37	
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45			
20%	0,54	30,07	37	20%	0,51	30	21	
80%	2,16	29,88	29	80%	2,04	30	30	
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35			
20%	0,56	30,06	48	20%	0,49	30,13	17	
80%	2,24	30,07	55	80%	1,96	30	29	
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25			
20%	0,55	30,06	47	20%	0,47	30,22	7	
80%	2,20	30,03	42	80%	1,88	30,08	8	
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90			
20%	0,53	30,04	43	20%	0,20	30,03	3	
80%	2,12	30	48	80%	0,80	30	9	

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA: 14/6							
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,78	DIFERENÇA	0,13
BARRANCO:						0	
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		4 27,83					
PULSOS:		2,61					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,31	30,08	14	20%	0,55	30,06	35
80%	1,22	30,15		80%	2,18	30,3	37
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,51	30,16	19	20%	0,55	30	32
80%	2,02	30,04	20	80%	2,18	30,45	31
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,55	29,91	41	20%	0,52	30,04	13
80%	2,18	29,85	29	80%	2,06	29,73	24
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,57	30,15	39	20%	0,50	30,02	6
80%	2,26	30,12	31	80%	1,98	30,28	14
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,56	30,1	48	20%	0,48	29,97	3
80%	2,22	30,06	43	80%	1,90	30,29	2
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,54	30,09	43	20%	0,21	30,09	3
80%	2,14	30,21	42	80%	0,82	30,03	2

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA: 31/07							
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,70	0,05	
BARRANCO:							
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		4.30.69					
PULSOS:		227					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,29	30,07	1	20%	0,53	30,07	27
80%	1,16	30,25	1	80%	2,12	30,05	25
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,49	29,94	21	20%	0,53	30,06	14
80%	1,96	30,01	23	80%	2,12	30,15	7
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,53	29,97	29	20%	0,50	29,93	4
80%	2,12	30,18	36	80%	2,00	30,01	4
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,55	30,06	36	20%	0,48	30,1	2
80%	2,20	30,19	33	80%	1,92	29,88	1
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,54	30,24	37	20%	0,46	30,05	5
80%	2,16	30,05	35	80%	1,84	30	2
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,52	30	36	20%	0,19	30	1
80%	2,08	29,98	28	80%	0,76	30	1

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA: 31/8							
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,58	DIFERENÇA	-0,07
BARRANCO:							0
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		3,41					
PULSOS:		174					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,27	29,88	1	20%	0,51	30,16	16
80%	1,06	30,25	1	80%	2,02	30	21
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,47	29,87	3	20%	0,51	30,06	25
80%	1,86	29,87	4	80%	2,02	30,03	16
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,51	30	32	20%	0,48	30,16	8
80%	2,02	30	14	80%	1,90	30,03	1
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,53	30	34	20%	0,46	29,97	1
80%	2,10	30,13	23	80%	1,82	30,09	2
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,52	30,03	38	20%	0,44	30,07	1
80%	2,06	30,09	21	80%	1,74	30,13	1
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,50	30,06	33	20%	0,17	30,06	1
80%	1,98	29,91	24	80%	0,66	30,05	1

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA:		24/10/2007					
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,40	DIFERENÇA	-0,25
BARRANCO:		0					
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		336					
PULSOS:		168					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,23	31,28	4	20%	0,47	29,94	26
80%	0,92	30,59	0	80%	1,88	30,13	22
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,43	29,25	13	20%	0,47	29,97	10
80%	1,72	30,1	14	80%	1,88	30,98	13
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,47	30,12	28	20%	0,44	29,97	14
80%	1,88	30,25	23	80%	1,76	30	8
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,49	30,83	35	20%	0,42	30,35	11
80%	1,96	30,25	24	80%	1,68	30,04	1
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,48	31,13	39	20%	0,40	29,77	3
80%	30,19	30,19	26	80%	1,60	30,28	3
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90	30	0
20%	0,46	31,82	35	20%	0,13	30	0
80%	1,84	29,93	29	80%	0,52		

MEDIDAS DE VAZÃO							
DATA:		29/11/2007					
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		2,84	DIFERENÇA	0,19
BARRANCO:		PROFUNDIDADE:					0
MEDIDA GLOBAL							
TEMPO:		5,08					
PULSOS:		336					
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%	0,32	29,59	17	20%	0,56	30,1	39
80%	1,27	29,5	11	80%	2,23	30,52	35
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%	0,52	29,86	23	20%	0,56	0,56	31
80%	2,07	29,75	17	80%	2,23	2,23	21
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%	0,56	30,16	46	20%	0,53	29,98	20
80%	2,23	29,92	31	80%	2,11	30,07	15
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%	0,58	29,99	41	20%	0,51	30,19	7
80%	2,31	29,96	45	80%	2,03	30,19	22
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%	0,57	30,11	52	20%	0,49	30,36	1
80%	2,27	30,16	51	80%	1,95	30,15	10
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%	0,55	30,1	38	20%	0,22	30,29	1
80%	2,19	29,98	41	80%	0,87	30,15	1

MEDIDAS DE VAZÃO								
DATA:		09/11/2006						
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		4,00	DIFERENÇA	1,35	
BARRANCO:		2,00	PROFUNDIDADE:					0
MEDIDA GLOBAL								
TEMPO:		4,07						
PULSOS:		490						
DISTÂNCIA		PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS
50 cm - 1 m		1,40			6,5 - 7 m	2,60		
20%		0,55	29,74	35	20%	0,79	30,11	78
80%		2,20	29,98	24	80%	3,16	30,07	78
1,5 - 2 m		2,40			7,5 - 8 m	2,60		
20%		0,75	29,92	52	20%	0,79	29,81	63
80%		3,00	29,84	28	80%	3,16	29,92	77
2,5 - 3 m		2,60			8,5 - 9 m	2,45		
20%		0,79	30,07	47	20%	0,76	30,12	47
80%		3,16	30	67	80%	3,04	30,16	76
3,5 - 4 m		2,70			9,5 - 10 m	2,35		
20%		0,81	30,23	62	20%	0,74	30,29	31
80%		3,24	30,67	91	80%	2,96	30,08	65
4,5 - 5 m		2,65			10,5 - 11 m	2,25		
20%		0,80	30,01	62	20%	0,72	30,12	29
80%		3,20	30,34	108	80%	2,88	30,13	49
5,5 - 6 m		2,55			11,5 - 12 m	0,90		
20%		0,78	30,42	74	20%	0,45	29,98	21
80%		3,12	30,21	98	80%	1,80	30,07	23

MEDIDAS DE VAZÃO								
DATA:		25/03/2008						
MEDIDA PADRÃO:		2,65	PROFUNDIDADE:		3,60	DIFERENÇA	0,95	
BARRANCO:		2,00	PROFUNDIDADE:					0
MEDIDA GLOBAL								
TEMPO:		3,1						
PULSOS:		3,58						
DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	DISTÂNCIA	PROFUND. PADRÃO	TEMPO	PULSOS	
50 cm - 1 m	1,40			6,5 - 7 m	2,60			
20%	0,47	30,09	21	20%	0,71	30,14	66	
80%	1,88	30,09	16	80%	2,84	30,32	96	
1,5 - 2 m	2,40			7,5 - 8 m	2,60			
20%	0,67	30,16	21	20%	0,71	30,22	30,22	
80%	2,68	29,87	17	80%	2,84	30,13	73	
2,5 - 3 m	2,60			8,5 - 9 m	2,45			
20%	0,71	30,21	47	20%	0,68	30,23	43	
80%	2,84	30,16	55	80%	2,72	30,33	72	
3,5 - 4 m	2,70			9,5 - 10 m	2,35			
20%	0,73	30,14	72	20%	0,66	29,98	34	
80%	2,92	30,12	72	80%	2,64	30,26	59	
4,5 - 5 m	2,65			10,5 - 11 m	2,25			
20%	0,72	30,47	77	20%	0,64	30,11	32	
80%	2,88	30,29	88	80%	2,56	30,08	49	
5,5 - 6 m	2,55			11,5 - 12 m	0,90			
20%	0,70	30,14	74	20%	0,37	30,11	18	
80%	2,80	29,88	95	80%	1,48	30,03	19	

ÁREAS DAS VERTICAIS DO CANAL FLUVIAL PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NO RIO UBERABINHA (m²)													
ALTURA (m)	ÁREA TOTAL (m²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,65	27,185	1,1063	2,2152	2,2892	2,4145	2,5658	2,5734	2,5691	2,6344	2,6331	2,5445	2,2558	1,341
2,75	28,3751	1,2039	2,323	2,3832	2,5227	2,6624	2,6847	2,6717	2,7376	2,7337	2,6462	2,3561	1,4448
3,55	37,9327	2,0065	3,123	3,1864	3,3228	3,4726	3,4824	3,4693	3,5331	3,5337	3,4444	3,1559	2,17
3,2	33,7267	1,6487	2,7731	2,8308	2,9665	3,1134	3,1343	3,1191	3,1879	3,1843	3,0945	2,8065	1,8949
4,55	50,0971	3,0042	4,123	4,1892	4,3229	4,4625	4,4862	4,4731	4,5244	4,5334	4,4444	4,1559	3,2666
4,34	47,3958	2,7898	3,913	3,9792	4,113	4,2525	4,2761	4,2631	4,3258	4,3228	4,2345	3,9457	3,0147
3,94	42,627	2,3919	3,5131	3,5792	3,713	3,8525	3,8762	3,8631	3,9258	3,9233	3,8344	3,5458	2,6164
4	43,3621	2,487	3,5748	3,6411	3,7746	3,9138	3,9366	3,9236	3,9867	3,9818	3,8923	3,5943	2,6555
4	43,3621	2,487	3,5748	3,6411	3,7746	3,9138	3,9366	3,9236	3,9867	3,9818	3,8923	3,5943	2,6555
3,6	38,5581	2,0837	3,1746	3,241	3,3753	3,5139	3,5367	3,5235	3,5869	3,5807	3,4921	3,1943	2,2554
3,04	31,8579	1,5338	2,6149	2,681	2,8139	2,9537	2,9767	2,9633	3,0289	3,0217	2,9325	2,6362	1,731
2,75	28,37	1,2039	2,323	2,3832	2,5227	2,6624	2,6847	2,6717	2,7376	2,7337	2,6462	2,3561	1,4448
2,78	28,723	1,2656	2,3547	2,4211	2,5538	2,6938	2,7164	2,7035	2,7658	2,7665	2,6715	2,3737	1,4366
2,7	27,7646	1,181	2,2744	2,3411	2,4757	2,6135	2,6364	2,6237	2,6881	2,6848	2,5926	2,2947	1,3586
2,58	26,3243	1,0612	2,1544	2,2212	2,355	2,4934	2,5166	2,5036	2,5668	2,5608	2,4715	2,1744	1,2454
2,49	25,2776	0,9759	2,0644	2,1311	2,2649	2,4036	2,4266	2,4137	2,4777	2,4729	2,3815	2,0849	1,1804
2,4	24,1825	0,894	1,9744	2,0414	2,1753	2,3133	2,3365	2,3237	2,3867	2,3808	2,2915	1,9914	1,0735
2,84	29,4354	1,3198	2,4144	2,4814	2,6153	2,7537	2,7766	2,7638	2,8265	2,8229	2,7315	2,4314	1,4981
4	43,3621	2,487	3,5748	3,6411	3,7746	3,9138	3,9366	3,9236	3,9867	3,9818	3,8923	3,5943	2,6555

RESULTADO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE									
DATA: 14/01/2008		BEIJA-FLOR		Horário de Introdução do Traçador: 11:55					
POÇO 1		POÇO 2		POÇO 3		POÇO 4		POÇO 5	
HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE
11:55	0,075	11:55	0,067	11:55	0,091	11:55	0,057	11:55	0,054
12:30	0,07	12:32	0,128	12:34	0,09	12:36	0,058	12:38	0,052
13:00	0,067	13:02	0,095	13:04	0,087	13:06	0,054	13:08	0,05
13:30	0,065	13:32	0,097	13:34	0,087	13:36	0,046	13:38	0,046
14:00	0,066	14:02	0,09	14:04	0,087	14:06	0,055	14:08	0,05
14:30	0,062	14:32	0,087	14:34	0,089	14:36	0,054	14:38	0,054
15:00	0,83	15:02	0,112	15:04	0,092	15:06	0,068	15:08	0,062
15:30	0,87	15:32	0,086	15:34	0,092	15:36	0,054	15:38	0,05
16:00	0,128	16:02	0,112	16:04	0,1	16:06	0,058	16:08	0,054
16:30		16:32		16:34		16:36		16:38	
17:00	0,05	17:02	0,091	17:04	0,85	17:06	0,054	17:08	0,054
17:30	0,058	17:32	0,079	17:34	0,079	17:36	0,054	17:38	0,05
18:00	0,062	18:02	0,104	18:04	0,104	18:06	0,063	18:08	0,055
18:30	0,112	18:32	0,088	18:34	0,096	18:36	0,062	18:38	0,083
19:00	0,138	19:02	0,087	19:04	0,132	19:06	0,062	19:08	0,058
19:30	0,099	19:32	0,029	19:34	0,091	19:36	0,054	19:38	0,05
20:00	0,141	20:02	0,087	20:04	0,087	20:06	0,054	20:08	0,054
20:30	0,087	20:32	0,079	20:34	0,094	20:36	0,033	20:38	0,046
21:00	0,112	21:02	0,091	21:04	0,087	21:06	0,054	21:08	0,097
21:30		21:32		21:34		21:36		21:38	
22:00	0,108	22:02	0,129	22:04	0,091	22:06	0,373	22:08	0,05
22:30	0,099	22:32	0,1	22:34	0,088	22:36	0,054	22:38	0,05
23:00	0,101	23:02	0,1	23:04	0,09	23:06	0,054	23:08	0,05
23:30	0,108	23:32	0,114	23:34	0,091	23:36	0,054	23:38	0,05

RESULTADO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE					
DATA: 20/02/2008		CORRÉGO CAROÇO		Horário de Introdução do Traçador: 10:00	
POÇO 1		POÇO 2		POÇO 3	
HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE	HORÁRIO	CONDUTIVIDADE
10:00	0,12	10:00	0,125	10:00	0,14
10:40	0,14	10:42	0,104	10:44	0,191
11:15	0,12	11:17	0,12	11:19	0,2
11:30	0,124	11:32	0,105	11:34	0,196
11:45	0,12	11:47	0,104	11:49	0,192
12:00	0,12	12:02	0,104	12:04	0,196
12:30	0,132	12:32	0,116	12:34	0,208
13:00	0,14	13:02	0,105	13:04	0,204
13:30	0,14	13:32	0,152	13:34	0,212
14:00	0,142	14:02	0,12	14:04	0,204
14:30	0,128	14:32	0,118	14:34	0,216
15:00	0,148	15:02	0,116	15:04	0,204
15:30	0,208	15:32	0,135	15:34	0,204
16:00	0,136	16:02	0,116	16:04	0,195
16:30	0,128	16:32	0,108	16:34	0,202
17:00	0,132	17:02	0,108	17:04	0,2
17:30	0,131	17:32	0,128	17:34	0,196
18:00	0,127	18:02	0,106	18:04	0,201
18:30	0,155	18:32	0,114	18:34	0,2
19:00	0,12	19:02	0,108	19:04	0,204
19:30	0,124	19:32	0,11	19:34	0,192
20:00	0,124	20:02	0,1	20:04	0,18
20:30	0,152	20:32	0,108	20:34	0,196
21:00	0,132	21:02	0,104	21:04	0,196

21:30	0,12	21:32	0,108	21:34	0,192
22:00	0,124	22:02	0,104	22:04	0,196
22:30	0,124	22:32	0,104	22:34	0,192
23:00	0,124	23:02	0,096	23:04	0,196
23:30	0,12	23:32	0,1	23:34	0,192

RESULTADO DE MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE															
DATA: 26/2		ELDORADO				Introd Sal: 18:00 de 26/2									
POÇO 1		POÇO 2		POÇO 3		POÇO 4		POÇO 5		POÇO 6		POÇO 7		POÇO 8	
Horário	Condut	horário	condut	horário	condut	horário	condut	Horário	Condut	Horário	condut	Horário	condut	Horário	condut
18:00	0,066	18:02		18:04	0,060	18:06		18:08	0,064	18:10		18:12	0,051	18:14	
27/2															
09:30	0,055	09:32		09:34	0,048	09:36		09:38	0,048	09:40		09:42	0,052	09:44	
10:00	0,056	10:02		10:04	0,049	10:06		10:08	0,048	10:10		10:12	0,052	10:14	
10:30	0,052	10:32		10:34	0,048	10:36		10:38	0,048	10:40		10:42	0,052	10:44	
11:00	0,052	11:02		11:04	0,047	11:06		11:08	0,048	11:10		11:12	0,052	11:14	
11:30	0,056	11:32		11:34	0,051	11:36		11:38	0,049	11:40		11:42	0,052	11:44	
12:00	0,056	12:02		12:04	0,050	12:06		12:08	0,052	12:10		12:12	0,053	12:14	
12:30	0,056	12:32		12:34	0,049	12:36		12:38	0,049	12:40		12:42	0,052	12:44	
13:00	0,056	13:02		13:04	0,056	13:06		13:08	0,050	13:10		13:12	0,052	13:14	
13:30	0,064	13:32		13:34	0,052	13:36		13:38	0,052	13:40		13:42	0,056	13:44	
14:00	0,056	14:02		14:04	0,052	14:06		14:08	0,051	14:10		14:12	0,054	14:14	
14:30	0,068	14:32		14:34	0,052	14:36		14:38	0,051	14:40		14:42	0,053	14:44	
15:00	0,058	15:02		15:04	0,052	15:06		15:08	0,051	15:10		15:12	0,052	15:14	
15:30	0,056	15:32		15:34	0,052	15:36		15:38	0,051	15:40		15:42	0,052	15:44	
16:00	0,060	16:02		16:04	0,052	16:06		16:08	0,052	16:10		16:12	0,052	16:14	
16:30	0,060	16:32		16:34	0,050	16:36		16:38	0,052	16:40		16:42	0,052	16:44	
17:00	0,064	17:02		17:04	0,098	17:06		17:08	0,060	17:10		17:12	0,057	17:14	
17:30	0,078	17:32		17:34	0,056	17:36		17:38	0,064	17:40		17:42	0,056	17:44	
18:00	0,058	18:02		18:04	0,052	18:06		18:08	0,056	18:10		18:12	0,052	18:14	
18:30	0,080	18:32		18:34	0,060	18:36		18:38	0,056	18:40		18:42	0,060	18:44	
19:00	0,064	19:02		19:04	0,047	19:06		19:08	0,052	19:10		19:12	0,052	19:14	
19:30	0,071	19:32		19:34	0,056	19:36		19:38	0,056	19:40		19:42	0,052	19:44	
20:00	0,060	20:02		20:04	0,060	20:06		20:08	0,052	20:10		20:12	0,052	20:14	

20:30	0,059	20:32		20:34	0,051	20:36		20:38	0,052	20:40		20:42	0,052	20:44
21:00	0,056	21:02		21:04	0,048	21:06		21:08	0,051	21:10		21:12	0,052	21:14
21:30	0,061	21:32		21:34	0,052	21:36		21:38	0,048	21:40		21:42	0,056	21:44
22:00	0,056	22:02		22:04	0,048	22:06		22:08	0,047	22:10		22:12	0,048	22:14
22:30	0,056	22:32		22:34	0,048	22:36		22:38	0,047	22:40		22:42	0,046	22:44
23:00	0,056	23:02		23:04	0,044	23:06		23:08	0,048	23:10		23:12	0,050	23:14
23:30	0,058	23:32		23:34	0,049	23:36		23:38	0,048	23:40		23:42	0,048	23:44

28/2

00:00	0,056	00:02	0,047	00:04	0,048	00:06	0,040	00:08	0,048	00:10	0,044	00:12	0,044	00:14	0,053
00:30	0,053	00:32	0,045	00:34	0,044	00:36	0,040	00:38	0,047	00:40	0,044	00:42	0,044	00:44	0,053
01:00	0,051	01:02	0,044	01:04	0,043	01:06	0,040	01:08	0,044	01:10	0,044	01:12	0,044	01:14	0,052
01:30	0,056	01:32	0,048	01:34	0,044	01:36	0,040	01:38	0,045	01:40	0,044	01:42	0,044	01:44	0,053
02:00	0,056	02:02	0,045	02:04	0,044	02:06	0,040	02:08	0,045	02:10	0,044	02:12	0,045	02:14	0,052
02:30	0,052	02:32	0,044	02:34	0,045	02:36	0,037	02:38	0,048	02:40	0,043	02:42	0,048	02:44	0,049
03:00	0,056	03:02	0,044	03:04	0,044	03:06	0,040	03:08	0,044	03:10	0,045	03:12	0,044	03:14	0,049
03:30	0,056	03:32	0,052	03:34	0,044	03:36	0,044	03:38	0,044	03:40	0,045	03:42	0,044	03:44	0,052
04:00	0,053	04:02	0,047	04:04	0,043	04:06	0,040	04:08	0,044	04:10	0,044	04:12	0,043	04:14	0,056
04:30	0,052	04:32	0,041	04:34	0,040	04:36	0,036	04:38	0,042	04:40	0,047	04:42	0,041	04:44	0,051
05:00	0,056	05:02	0,040	05:04	0,040	05:06	0,034	05:08	0,044	05:10	0,032	05:12	0,042	05:14	0,044
05:30	0,056	05:32	0,072	05:34	0,044	05:36	0,032	05:38	0,044	05:40	0,048	05:42	0,044	05:44	0,048
06:00	0,053	06:02	0,065	06:04	0,042	06:06	0,045	06:08	0,044	06:10	0,072	06:12	0,044	06:14	0,088
06:30	0,056	06:32	0,042	06:34	0,042	06:36	0,044	06:38	0,047	06:40	0,037	06:42	0,044	06:44	0,068
07:00	0,056	07:02	0,036	07:04	0,045	07:06	0,052	07:08	0,044	07:10	0,033	07:12	0,044	07:14	
07:30	0,060	07:32	0,040	07:34	0,048	07:36	0,031	07:38	0,052	07:40		07:42	0,048	07:44	0,033
08:00	0,054	08:02	0,040	08:04	0,045	08:06	0,033	08:08	0,051	08:10		08:12	0,048	08:14	0,027
08:30	0,054	08:32	0,044	08:34	0,044	08:36	0,034	08:38	0,044	08:40		08:42	0,044	08:44	0,050
09:00	0,052	09:02		09:04	0,044	09:06	0,036	09:08	0,040	09:10		09:12	0,041	09:14	
09:30	0,052	09:32	0,044	09:34	0,042	09:36	0,036	09:38	0,044	09:40	0,050	09:42	0,044	09:44	0,244

10:00	0,064	10:02	0,040	10:04	0,044	10:06	0,033	10:08	0,045	10:10	0,042	10:12	0,044	10:14	0,264
10:30	0,052	10:32	0,041	10:34	0,044	10:36	0,044	10:38	0,046	10:40	0,044	10:42	0,044	10:44	0,336
11:00	0,052	11:02	0,040	11:04	0,044	11:06	0,034	11:08	0,046	11:10	0,040	11:12	0,044	11:14	0,272
11:30	0,052	11:32	0,041	11:34	0,043	11:36	0,036	11:38	0,045	11:40	0,043	11:42	0,044	11:44	0,248
12:00	0,053	12:02	0,040	12:04	0,045	12:06	0,035	12:08	0,051	12:10	0,040	12:12	0,045	12:14	0,212
12:30	0,056	12:32	0,040	12:34	0,044	12:36	0,035	12:38	0,048	12:40	0,040	12:42	0,051	12:44	0,132
13:00	0,052	13:02	0,044	13:04	0,044	13:06	0,037	13:08	0,048	13:10	0,044	13:12	0,044	13:14	0,068
13:30	0,053	13:32	0,044	13:34	0,043	13:36	0,036	13:38	0,048	13:40	0,044	13:42	0,050	13:44	0,060
14:00	0,052	14:02	0,048	14:04	0,044	14:06	0,037	14:08	0,048	14:10	0,045	14:12	0,038	14:14	0,060
14:30	0,052	14:32	0,044	14:34	0,043	14:36	0,036	14:38	0,048	14:40	0,045	14:42	0,036	14:44	0,056
15:00	0,052	15:02	0,042	15:04	0,044	15:06	0,048	15:08	0,048	15:10	0,048	15:12	0,044	15:14	0,054
15:30	0,052	15:32	0,048	15:34	0,048	15:36	0,058	15:38	0,046	15:40	0,048	15:42	0,044	15:44	0,060
16:00	0,052	16:02	0,052	16:04	0,044	16:06	0,048	16:08	0,048	16:10	0,048	16:12	0,047	16:14	0,058
16:30	0,052	16:32	0,052	16:34	0,044	16:36	0,040	16:38	0,048	16:40	0,048	16:42	0,048	16:44	0,058
17:00	0,052	17:02	0,044	17:04	0,044	17:06	0,040	17:08	0,048	17:10	0,054	17:12	0,046	17:14	0,056
17:30	0,052	17:32	0,046	17:34	0,044	17:36	0,039	17:38	0,048	17:40	0,045	17:42	0,048	17:44	0,055
18:00	0,052	18:02	0,047	18:04	0,044	18:06	0,040	18:08	0,046	18:10	0,049	18:12	0,048	18:14	0,052
18:30	0,052	18:32	0,045	18:34	0,045	18:36	0,036	18:38	0,048	18:40	0,042	18:42	0,045	18:44	0,053
19:00	0,054	19:02	0,044	19:04	0,044	19:06	0,040	19:08	0,047	19:10	0,043	19:12	0,044	19:14	0,051
19:30	0,052	19:32	0,048	19:34	0,043	19:36	0,036	19:38	0,044	19:40	0,044	19:42	0,047	19:44	0,108
20:00	0,052	20:02	0,051	20:04	0,044	20:06	0,038	20:08	0,048	20:10	0,048	20:12	0,044	20:14	0,096
20:30	0,052	20:32	0,044	20:34	0,056	20:36	0,036	20:38	0,053	20:40	0,044	20:42	0,043	20:44	0,010
21:00	0,052	21:02	0,048	21:04	0,040	21:06	0,036	21:08	0,048	21:10	0,044	21:12	0,042	21:14	0,095
21:30	0,068	21:32	0,044	21:34	0,045	21:36	0,036	21:38	0,044	21:40	0,044	21:42	0,045	21:44	0,098
22:00	0,052	22:02	0,047	22:04	0,041	22:06	0,037	22:08	0,042	22:10	0,044	22:12	0,044	22:14	0,096
22:30	0,048	22:32	0,044	22:34	0,040	22:36	0,038	22:38	0,044	22:40	0,044	22:42	0,040	22:44	0,096
23:00	0,049	23:02	0,062	23:04	0,042	23:06	0,039	23:08	0,040	23:10	0,048	23:12	0,041	23:14	0,011
23:30	0,052	23:32	0,044	23:34	0,040	23:36	0,039	23:38	0,044	23:40	0,047	23:42	0,040	23:44	0,092

29/2

00:00	0,052	00:02	0,045	00:04	0,040	00:06	0,040	00:08	0,041	00:10	0,045	00:12	0,044	00:14	0,096
00:30	0,052	00:32	0,048	00:34	0,040	00:36	0,040	00:38	0,041	00:40	0,046	00:42	0,041	00:44	0,092
01:00	0,055	01:02	0,047	01:04	0,040	01:06	0,044	01:08	0,042	01:10	0,045	01:12	0,040	01:14	0,095
01:30	0,052	01:32	0,044	01:34	0,042	01:36	0,040	01:38	0,045	01:40	0,048	01:42	0,044	01:44	0,092
02:00	0,060	02:02	0,044	02:04	0,044	02:06	0,036	02:08	0,044	02:10	0,044	02:12	0,040	02:14	
02:30	0,052	02:32	0,040	02:34	0,040	02:36	0,036	02:38	0,040	02:40	0,044	02:42	0,041	02:44	
03:00	0,053	03:02	0,043	03:04	0,040	03:06	0,036	03:08	0,044	03:10	0,041	03:12	0,041	03:14	
03:30	0,064	03:32	0,044	03:34	0,044	03:36	0,033	03:38	0,044	03:40	0,044	03:42	0,044	03:44	
04:00	0,053	04:02	0,040	04:04	0,040	04:06	0,036	04:08	0,044	04:10	0,044	04:12	0,041	04:14	
04:30	0,054	04:32	0,043	04:34	0,044	04:36	0,035	04:38	0,044	04:40	0,045	04:42	0,041	04:44	
05:00	0,084	05:02	0,044	05:04	0,044	05:06	0,036	05:08	0,044	05:10	0,041	05:12	0,052	05:14	
05:30	0,076	05:32	0,045	05:34	0,042	05:36	0,040	05:38	0,044	05:40	0,045	05:42	0,052	05:44	
06:00	0,077	06:02	0,048	06:04	0,076	06:06	0,044	06:08	0,040	06:10	0,052	06:12	0,043	06:14	
06:30	0,067	06:32	0,045	06:34	0,032	06:36	0,053	06:38	0,040	06:40	0,052	06:42	0,060	06:44	
07:00	0,040	07:02	0,044	07:04	0,032	07:06	0,036	07:08	0,042	07:10	0,047	07:12	0,038	07:14	
07:30	0,052	07:32	0,045	07:34	0,032	07:36	0,036	07:38	0,040	07:40	0,048	07:42	0,036	07:44	
08:00	0,062	08:02	0,052	08:04	0,035	08:06	0,038	08:08	0,043	08:10	0,052	08:12	0,036	08:14	
08:30	0,064	08:32	0,050	08:34	0,040	08:36	0,040	08:38	0,044	08:40	0,049	08:42	0,036	08:44	
09:00	0,067	09:02	0,052	09:04	0,036	09:06	0,040	09:08	0,044	09:10	0,052	09:12	0,040	09:14	
09:30	0,063	09:32	0,047	09:34	0,035	09:36	0,039	09:38	0,044	09:40	0,048	09:42	0,040	09:44	
10:00	0,063	10:02	0,045	10:04	0,034	10:06	0,039	10:08	0,041	10:10	0,045	10:12	0,040	10:14	
10:30	0,063	10:32	0,048	10:34	0,035	10:36	0,038	10:38	0,043	10:40	0,044	10:42	0,040	10:44	
11:00	0,067	11:02		11:04	0,036	11:06		11:08	0,043	11:10		11:12	0,040	11:14	
11:30	0,064	11:32		11:34	0,036	11:36		11:38	0,040	11:40		11:42	0,042	11:44	
12:00	0,061	12:02		12:04	0,036	12:06		12:08	0,043	12:10		12:12	0,043	12:14	
12:30	0,064	12:32		12:34	0,036	12:36		12:38	0,044	12:40		12:42	0,036	12:44	
13:00	0,060	13:02		13:04	0,035	13:06		13:08	0,040	13:10		13:12	0,044	13:14	

13:30	0,073	13:32	13:34	0,032	13:36	13:38	0,044	13:40	13:42	0,044	13:44
14:00	0,068	14:02	14:04	0,036	14:06	14:08	0,044	14:10	14:12	0,044	14:14
14:30	0,068	14:32	14:34	0,037	14:36	14:38	0,043	14:40	14:42	0,044	14:44
15:00	0,065	15:02	15:04	0,044	15:06	15:08	0,052	15:10	15:12	0,048	15:14
15:30	0,068	15:32	15:34	0,040	15:36	15:38	0,048	15:40	15:42	0,048	15:44
16:00	0,069	16:02	16:04	0,040	16:06	16:08	0,048	16:10	16:12	0,048	16:14
16:30	0,068	16:32	16:34	0,040	16:36	16:38	0,048	16:40	16:42	0,048	16:44
17:00	0,064	17:02	17:04	0,039	17:06	17:08	0,044	17:10	17:12	0,044	17:14
17:30	0,072	17:32	17:34	0,037	17:36	17:38	0,044	17:40	17:42	0,044	17:44
18:00	0,072	18:02	18:04	0,040	18:06	18:08	0,044	18:10	18:12	0,045	18:14
18:30	0,072	18:32	18:34	0,037	18:36	18:38	0,042	18:40	18:42	0,042	18:44
19:00	0,068	19:02	19:04	0,037	19:06	19:08	0,048	19:10	19:12	0,043	19:14
19:30	0,116	19:32	19:34	0,046	19:36	19:38	0,044	19:40	19:42	0,080	19:44
20:00	0,109	20:02	20:04	0,043	20:06	20:08	0,044	20:10	20:12	0,071	20:14
20:30	0,108	20:32	20:34	0,050	20:36	20:38	0,044	20:40	20:42	0,058	20:44
21:00	0,112	21:02	21:04	0,040	21:06	21:08	0,042	21:10	21:12	0,068	21:14
21:30	0,100	21:32	21:34	0,040	21:36	21:38	0,044	21:40	21:42	0,064	21:44
22:00	0,100	22:02	22:04	0,040	22:06	22:08	0,044	22:10	22:12	0,060	22:14
22:30	0,100	22:32	22:34	0,044	22:36	22:38	0,044	22:40	22:42	0,064	22:44
23:00	0,092	23:02	23:04	0,040	23:06	23:08	0,044	23:10	23:12	0,065	23:14
23:30	0,096	23:32	23:34	0,040	23:36	23:38	0,044	23:40	23:42	0,064	23:44
01/03											
00:00	0,096	00:02	00:04	0,042	00:06	00:08	0,044	00:10	00:12	0,064	00:14
00:30	0,096	00:32	00:34	0,041	00:36	00:38	0,044	00:40	00:42	0,064	00:44
01:00	0,101	01:02	01:04	0,044	01:06	01:08	0,045	01:10	01:12	0,064	01:14
01:30	0,096	01:32	01:34	0,042	01:36	01:38	0,047	01:40	01:42	0,064	01:44
02:00	0,088	02:02	02:04	0,040	02:06	02:08	0,044	02:10	02:12	0,061	02:14
02:30	0,092	02:32	02:34	0,039	02:36	02:38	0,043	02:40	02:42	0,063	02:44

03:00	0,076	03:02	03:04	0,040	03:06	03:08	0,044	03:10	03:12	0,053	03:14
03:30	0,088	03:32	03:34	0,040	03:36	03:38	0,041	03:40	03:42	0,058	03:44
04:00	0,085	04:02	04:04	0,037	04:06	04:08	0,044	04:10	04:12	0,057	04:14
04:30	0,084	04:32	04:34	0,036	04:36	04:38	0,045	04:40	04:42	0,058	04:44
05:00	0,085	05:02	05:04	0,038	05:06	05:08	0,044	05:10	05:12	0,060	05:14
05:30	0,092	05:32	05:34	0,040	05:36	05:38	0,044	05:40	05:42	0,060	05:44
06:00	0,100	06:02	06:04	0,047	06:06	06:08	0,052	06:10	06:12	0,064	06:14
06:30	0,112	06:32	06:34	0,046	06:36	06:38	0,048	06:40	06:42	0,065	06:44
07:00		07:02	07:04		07:06	07:08		07:10	07:12		07:14
07:30		07:32	07:34		07:36	07:38		07:40	07:42		07:44
08:00		08:02	08:04		08:06	08:08		08:10	08:12		08:14
08:30		08:32	08:34		08:36	08:38		08:40	08:42		08:44
09:00		09:02	09:04		09:06	09:08		09:10	09:12		09:14
09:30		09:32	09:34		09:36	09:38		09:40	09:42		09:44
10:00		10:02	10:04		10:06	10:08		10:10	10:12		10:14
10:30		10:32	10:34		10:36	10:38		10:40	10:42		10:44

TESTE DE CAMPO - PERMEÂMETRO DE GUELPH – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE DO SOLO						
Data:28/04/2008		ENSAIO Nº:		1 e 2		
Área tubo externo - cm ²	36,19	Temperatura °C:25		visc20 (x 10-6g.s/cm2)		10,29
Área tubo interno cm ²	3,17	Profun.furo 600 cm		visct		9,13
Vol tubo externo cm ³	299,2	R. furo (a) - cm		3,1		
Vol tubo interno cm ³	24,11			C		1,3
Vol ambos reserv cm ³	39,36	H	10	alfa		0,12
Leitura do ensaio (H) de:						
Ponto 01 - 0187411 E - 7870077 N - FUSO - 23S						
PONTO 1-20 cm	Tem (min)	Int.tem (min)	h-cm	Δh - cm	Q - cm3/s	Kt
	0	0	5,4			
	3	3	7	0,01	0,3	3,5E-04
	6	3	8,4	0,01	0,3	3,1E-04
	9	3	9,9	0,01	0,3	3,3E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido		Coeficiente de permeabilidade (k) = 3.0 * 10 ⁻³ cm/s			
PONTO 1-40 cm	0	0	37,5			
	3	3	39,4	0,01	0,4	4,2E-04
	6	3	41	0,00	0,2	1,8E-04
	9	3	42,7	0,00	0,1	1,2E-04
		Solo argiloso - cor cinza e úmido		Coeficiente de permeabilidade (k) = 1.1 * 10 ⁻³ cm/s		
PONTO 1-60 cm	0	0	48,2			
	3	3	51,9	0,02	0,7	8,1E-04
	6	3	55	0,01	0,3	3,4E-04
	9	3	57,9	0,01	0,2	2,1E-04
	12	3	61,9	0,01	0,2	2,2E-04
	15	3	64,3	0,00	0,1	1,1E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido		Coeficiente de permeabilidade (k) = 3.1 * 10 ⁻³ cm/s			

Ponto 02 - 0200260 E - 7853947 N							
PONTO 2 - 20 cm	0	0	15,3				
	3	3	16	0,00	0,1	1,5E-04	1,4E-03
	6	3	16,1	0,00	0,0	1,1E-05	1,0E-04
	9	3	16,2	0,00	0,0	7,3E-06	6,7E-05
	12	3	16,3	0,00	0,0	5,5E-06	5,0E-05
				0,08	3,0	3,3E-03	3,0E-02
							6,3E-03
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = 6.3 * 10⁻³ cm/s			
PONTO 2 - 40 cm	0	0	21,8				
	3	3	22,5	0,00	0,1	1,5E-04	1,4E-03
	6	3	23,2	0,00	0,1	7,7E-05	7,0E-04
	9	3	24,2	0,00	0,1	7,3E-05	6,7E-04
	12	3	24,6	0,00	0,0	2,2E-05	2,0E-04
							7,4E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = 7.4 * 10⁻⁴ cm/s			
PONTO 2 - 60 cm	0	0	30,4				
	3	3	30,6	0,00	0,0	4,4E-05	4,0E-04
	6	3	30,7	0,00	0,0	1,1E-05	1,0E-04
	9	3	30,8	0,00	0,0	7,3E-06	6,7E-05
							1,9E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = 1.9 * 10⁻⁴ cm/s			

TESTE DE CAMPO - PERMEÂMETRO GUELPH							
Data:28/04/2008		ENSAIO Nº:		3 e 4			
Área tubo externo - cm ²		36,19	Temperatura °C:25		visc20 (x 10-6g.s/cm2)		10,29
Área tubo interno cm ²		3,17	Profun.furo 600 cm		visct		9,13
Vol tubo externo cm ³		299,2	R. furo (a) - cm		3,1		
Vol tubo interno cm ³		24,11			C		1,3
Vol ambos reserv cm ³		39,36	H	10	alfa		0,12
Leitura do ensaio (H) de:							
Ponto 03 - 0193613 E - 7858046 N							
PONTO 3 - 20 cm	Tem (min)	Int.tem (min)	h-cm	Δh - cm	Q - cm3/s	Kt	K20
	0	0	8,7				
	3	3	9,6	0,01	0,2	2,0E-04	1,8E-03
	6	3	10,3	0,00	0,1	1,5E-04	1,4E-03
	9	3	11	0,00	0,1	1,5E-04	1,4E-03
	12	3	11,8	0,00	0,2	1,8E-04	1,6E-03
						1,6E-03	
Solo argila rafratária - esbranquecida			Coeficiente de permeabilidade (k) = 1.6 * 10 ⁻³ cm/s				
PONTO 3 - 40 cm	0	0	21				
	2	2	30,1	0,08	2,7	3,0E-03	2,7E-02
	4	2	36,8	0,03	1,0	1,1E-03	1,0E-02
	6	2	42,8	0,02	0,6	6,6E-04	6,0E-03
	8	2	48,2	0,01	0,4	4,4E-04	4,1E-03
							1,2E-02
Solo argila rafratária - esbranquecida			Coeficiente de permeabilidade (k) = 1.2 * 10 ⁻² cm/s				
PONTO 3 - 60 cm	0	0	5,6				
	2	2	5,8	0,00	0,1	6,6E-05	6,0E-04
	4	2	5,9	0,00	0,0	1,6E-05	1,5E-04
	6	2	6	0,00	0,0	1,1E-05	1,0E-04
	8	2	6,001	0,00	0,0	8,2E-08	7,5E-07
	10	2	6,01	0,00	0,0	5,9E-07	5,4E-06

Solo argila rafratária - esbranquecida **1,7E-04**
 Coeficiente de permeabilidade (k) = **$1.7 * 10^{-4}$ cm/s**

Ponto 04 - 0188923 E - 7848721 N

PONTO 4 - 20 cm	0	0	12				
	3	3	12,1	0,00	0,0	2,2E-05	2,0E-04
	6	3	12,4	0,00	0,0	3,3E-05	3,0E-04
	9	3	12,8	0,00	0,0	2,9E-05	2,7E-04
	12	3	13,2	0,00	0,0	2,2E-05	2,0E-04
							2,4E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.4 * 10^{-4}$ cm/s			
PONTO 4 - 40 cm	0	0	18,7				
	3	3	18,8	0,00	0,0	2,2E-05	2,0E-04
	6	3	19,3	0,00	0,1	5,5E-05	5,0E-04
	9	3	19,8	0,00	0,0	3,7E-05	3,3E-04
	12	3	20	0,00	0,0	1,1E-05	1,0E-04
							2,8E-04
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.8 * 10^{-4}$ cm/s			
PONTO 4 - 60 cm	0	0	26,9				
	3	3	26,9	0,00	0,0	0,0E+00	0,0E+00
	6	3	26,9	0,00	0,0	0,0E+00	0,0E+00
	9	3	27	0,00	0,0	7,3E-06	6,7E-05
							2,2E-05
	Solo argiloso - cor cinza e úmido			Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.2 * 10^{-5}$ cm/s			

TESTE DE CAMPO – PERMEÂMETRO GUELPH

Data:28/04/2008		ENSAIO Nº:	5	
Área tubo externo - cm ²	36,19	Temperatura °C:25	visc20 (x 10-6g.s/cm2)	10,29
Área tubo interno cm ²	3,17	Profun.furo 600 cm	visct	9,13
Vol tubo externo cm ³	299,2	R. furo (a) - cm	3,1	
Vol tubo interno cm ³	24,11		C	1,3
Vol ambos reserv cm ³	39,36	H 10	alfa	0,12

Leitura do ensaio (H) de:

Ponto 05 - 0813910 E - 7857119 N

	Tem (min)	Int.tem (min)	h-cm	Δh - cm	Q - cm3/s	Kt	K20
PONTO 5 - 20 cm	0	0	32,5				
	2	2	32,6	0,00	0,0	3,3E-05	3,0E-04
	4	2	32,7	0,00	0,0	3,3E-05	3,0E-04
	6	2	33	0,00	0,1	9,9E-05	9,0E-04
	8	2	33,1	0,00	0,0	3,3E-05	3,0E-04
							4,5E-04
	Solo argiloso, cor cinza úmida					Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.5 * 10^{-4}$ cm/s	
PONTO 5 - 40 cm	0	0	38,1				
	2	2	38,11	0,00	0,0	3,3E-06	3,0E-05
	4	2	38,12	0,00	0,0	1,6E-06	1,5E-05
	6	2	38,13	0,00	0,0	1,1E-06	1,0E-05
	8	2	38,2	0,00	0,0	5,8E-06	5,3E-05
							2,7E-05
	Solo argiloso, cor cinza úmida					Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.7 * 10^{-5}$ cm/s	
PONTO 5 - 60 cm	0	0	43,1				
	2	2	43,11	0,00	0,0	3,3E-06	3,0E-05
	4	2	43,12	0,00	0,0	1,6E-06	1,5E-05
	6	2	43,13	0,00	0,0	1,1E-06	1,0E-05
	8	2	43,14	0,00	0,0	8,2E-07	7,5E-06
							1,6E-05
	Solo argiloso, cor cinza úmida					Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.71.6 * 10^{-5}$ cm/s	

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE DE SOLO

Ponto 01 - Altitude 953 m - UTM 0808654 N - 7872632 E - Zona = 22

F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $6.4 \cdot 10^{-3}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-3 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $3.9 \cdot 10^{-2}$ cm/s

Ponto 02 - Altitude 947 m - UTM 0811662 N - 7877616 E - Zona = 22

F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s

Ponto 03 - Altitude 951 m - UTM 0180247 N - 7868545 E - Zona = 23

F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $5.3 \cdot 10^{-3}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.4 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, cinza - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $6.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s

28/08/2007 - Ponto 04 - Altitude 947 m - UTM 0187975 N - 7873277 E - Zona = 23

F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.0 \cdot 10^{-1}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $6.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s

Ponto 05 - Altitude 951 m - UTM 0185469 N - 7873096 E - Zona = 23

F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - cultura	Coeficiente de permeabilidade (k) = $5.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s

F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, vermelho - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 06 - Altitude 968 m - UTM 0188362 N - 7863499 E - Zona = 23		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $5.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 07 - Altitude 969 m - UTM 0187320 N - 7857831 E - Zona = 23		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.8 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $3.5 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 08 - Altitude 963 m - UTM 0813667 N - 7863416 E - Zona = 22		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-cinza - Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-cinza - Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-cinza - Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 09 - Altitude 964 m - UTM 0811568 N - 7866251 E - Zona = 22		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.5 \cdot 10^{-1}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $3.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.7 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 10 - Altitude 974 m - UTM 0191271 N - 7860111 E - Zona = 23		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-escuro - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-escuro - culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $2.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s

F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo-escuro - Culturas	Coeficiente de permeabilidade (k) = $6.2 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 11 - Altitude 978 m - UTM 0192958 N - 7855480 E - Zona = 23		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $5.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $5.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelo - área de Eucalipto	Coeficiente de permeabilidade (k) = $7.3 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Ponto 12 - Altitude 968 m - UTM 0194050 N - 7859903 E - Zona = 23		
F-1 - 20 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - área <i>pinus</i>	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 40 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - área <i>pinus</i>	Coeficiente de permeabilidade (k) = $4.0 \cdot 10^{-2}$ cm/s
F-2 - 60 cm	Solo argilo-arenoso, amarelado - área <i>pinus</i>	Coeficiente de permeabilidade (k) = $1.6 \cdot 10^{-2}$ cm/s