

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ANÁLISE E PLANEJAMENTO SÓCIO-AMBIENTAL

**OXIGÊNIO DISSOLVIDO E DEMANDA
BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO NO RIO
UBERABINHA – UM ESTUDO DA POLUIÇÃO
ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL**

WILSON AKIRA SHIMIZU

UBERLÂNDIA (MG)

2000

WILSON AKIRA SHIMIZU

***OXIGÊNIO DISSOLVIDO E DEMANDA BIOQUÍMICA DE
OXIGÊNIO NO RIO UBERABINHA – UM ESTUDO DA
POLUIÇÃO ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Área de concentração: Análise e Planejamento
Sócio-Ambiental.**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

Uberlândia (MG)

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S556o Shimizu, Wilson Akira.
2000 Orogênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio no Rio Uberabinha: um estudo da poluição orgânica biodegradável / Wilson Akira Shimizu. - 2000.
87 f. : il.

Orientador: Luiz Nishiyama.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Uberabinha, Rio (MG) - Teses. 3. Água - Qualidade - Teses. 4. Poluição - Aspectos Ambientais - Teses. I. Nishiyama, Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Wilson Akira Shimizu

Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio no rio Uberabinha – Um estudo da Poluição Orgânica Biodegradável

Prof. Dr. Luiz Nishiyama (Orientador)

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Data: ____/____ de 2000

Resultado: _____



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia
Coordenação do Curso Pós-Graduação em Geografia

ATA DA NONA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO CANDIDATO **WILSON AKIRA SHIMIZU**, REALIZADA NO DIA 17 DE OUTUBRO DE DOIS MIL, NESTA UNIVERSIDADE.

Aos dezessete dias do mês de outubro de dois mil, às oito horas e trinta minutos, no Anfiteatro do bloco E, da Universidade Federal de Uberlândia, o Professor Doutor Luiz Nishiyama, orientador do mestrando **WILSON AKIRA SHIMIZU**, mestrando da primeira turma, fez a abertura da Defesa Pública de Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geografia. Na condição de Presidente da Banca, procedeu a chamada dos membros indicados pelo Colegiado do Curso de Mestrado do Instituto de Geografia, para compor a mesa, com os seguintes professores Doutores: Renato de Mello e Ana Luiza Ferreira Campos Maragno. Iniciados os trabalhos, a presidência deu conhecimento aos membros da banca e ao candidato das normas que regem a defesa pública e definiu a ordem a ser seguida pelos examinadores para a arguição. A seguir o candidato passou a apresentação de sua dissertação intitulada "Oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio no Rio Uberabinha – Um estudo da poluição orgânica biodegradável". Em seguida ocorreu a defesa com a arguição e resposta do candidato. Encerrada a defesa, procedeu-se ao julgamento, cujo resultado, observada a ordem da arguição, foi o seguinte: Professor Doutor Renato de Mello, nota 100,0, Professora Dra. Ana Luiza Ferreira Campos Maragno, nota 100,0 e o Prof. Dr. Luiz Nishiyama, nota 100,0. Como resultado, verificou-se que o candidato obteve a nota 100,0, fazendo jus, portanto, ao título de MESTRE EM GEOGRAFIA. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora e por mim, Cynara da Costa Machado Silva, da Seção de Pós Graduação, na qualidade de secretária dos trabalhos.

Cynara da Costa Machado Silva

Prof.(a) Dr.(a)

Renato de Mello

Prof.(a) Dr.(a)

Ana L. F. Campos Maragno

Prof.(a) Dr.(a)

Luiz Nishiyama

Candidato:

Wilson Akira Shimizu

Aos meus filhos

Leonardo e Júlia

que têm sido minha inspiração

nos caminhos da vida, por um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos, professores, colegas de Mestrado e técnicos que de uma maneira ou outra me ajudaram com discussões, sugestões, apoios, contribuindo para o êxito deste trabalho. Gostaria de estender meus mais sinceros agradecimentos ainda

Ao Instituto de Geografia e à Faculdade de Engenharia Civil desta Universidade, esta última, que me abriga e que forneceu as condições necessárias para a realização das análises de laboratório;

Ao Prof. Dr. Luiz Nishiyama, meu orientador, pela orientação, dedicação, incentivo, amizade e pela paciência em conduzir este discípulo ao final da empreitada;

Aos colegas técnicos da FECIV, em especial ao Everson William de Souza pelas análises laboratoriais, ao colega Engenheiro Gercindo Ferreira pelo apoio na infraestrutura de coleta e ao Nassime José Júnior, Wanderly Geraldo Inácio, Wanderley da Silva e Josildo Azevedo pelo auxílio em diversas ocasiões nas coletas;

Aos acadêmicos do Curso de Geografia Frederico Ozanan Ribeiro Pinto e Marcelo Cabral de Aguiar pelo auxílio nas coletas e nos trabalhos cartográficos;

Aos meus familiares que, mesmo à distância sempre me incentivaram e apoiaram;

Aos meus filhos, pela compreensão pelos momentos em que tivemos de privar da convivência e companhia mútua;

Em especial à Sandra, minha esposa e companheira de, já, duas décadas que sempre me incentivou, cobrou e apoiou em todos os instantes de nosso convívio, mas particularmente, neste período do Mestrado e cuja compreensão e solidariedade foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O rio Uberabinha, localizado na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, compõe a sub-bacia do rio Araguari, afluente da bacia do rio Paranaíba, na região hidrográfica do rio Paraná. Mede, da sua nascente no município de Uberaba à foz no rio Araguari, aproximadamente 150 km, percorrendo cerca de 135 km no município de Uberlândia. Drena uma bacia de cerca de 2.190 km², onde se localizam as captações da água que abastece uma população que hoje se aproxima de meio milhão de habitantes. Os esgotos produzidos pela cidade são também todos descarregados no rio. O trabalho consistiu na análises de pH, temperatura, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio em amostras coletadas em cinco pontos do rio Uberabinha, a partir de uma seção a montante da cidade, até cerca de 20,5 km a jusante do último ponto de lançamento de esgoto, abrangendo uma extensão de aproximadamente 42 km. Neste trecho, o relevo passa de medianamente dissecado para intensamente dissecado, com presença de inúmeras corredeiras e cachoeiras. As amostras foram coletadas de junho de 1999 a maio de 2000 e a vazão também foi medida nos dois pontos extremos de coleta. Os resultados mostram que os teores de OD sofrem uma redução ao receber a carga de poluição e gradativamente tendem a recuperar sua taxa de saturação. Em contrapartida, a DBO segue uma curva inversa, denotando a atuação do fenômeno da autodepuração, embora dentro do trecho estudado não se verifique ainda a completa remoção da carga orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: rio Uberabinha (MG); poluição da água; qualidade da água; demanda bioquímica de oxigênio; oxigênio dissolvido; poluição – aspectos ambientais.

ABSTRACT

The Uberabinha River, located in the region of Triângulo Mineiro, in the state of Minas Gerais, Brazil, is part of the Araguari River sub-basin. From its head in the city of Uberaba to its mouth in the Araguari River, it measures approximately 150 km, spanning about 135 km in the municipality of Uberlândia. The river drains a watershed of about 2.190 km², from which water is collected to supply a population that approaches half a million inhabitants. Later, the sewage produced by the city is also discharged directly into the river. This research consisted in the analyses of pH, temperature, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand of samples collected in five points of the Uberabinha River, from a section starting upstream of the urban area down to 20.5 km downstream the last point of sewage discharge, encompassing approximately 42 km. In this river section, the landforms go from low to medium hills with many rapids and waterfalls. The samples were collected from June 1999 to May 2000 and the water flow was measured on the two extremes of the studied river section. The results show that the dissolved oxygen values are reduced when receiving the sewage and it tends to slowly return to its normal saturation rate. On the other hand, the biochemical oxygen demand follows a reverse path, as a result of the natural phenomenon of self-restoration even though the organic material is not yet completely removed from the studied river section.

KEYWORDS: Uberabinha river (MG); water – pollution; water – quality; biochemical oxygen demand; dissolved oxygen; pollution – environmental aspects.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2. – OBJETIVOS DA PESQUISA	8
2.1 – Objetivo geral:	8
2.2 – Objetivos específicos:.....	8
3 – DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA E DO OBJETO DE ESTUDO.....	10
3.1 – Localização da área	10
3.2 – Área de estudo – aspectos físicos.....	10
3.2.1 – Geologia.....	11
3.2.2 – Clima	13
3.2.3 – Geomorfologia	15
3.2.3.1 – Área de relevo dissecado	16
3.2.3.2 – Área de relevo intensamente dissecado	17
3.2.3.3 – Área de relevo com topo plano	18
3.2.4 – Características físicas da bacia.....	18
3.2.4.1 – Coeficiente de compacidade (Kc)	19
3.2.4.2 – Fator de forma (Kf)	19
3.2.4.3 – Relação de relevo (Rr).....	20
3.2.4.4 – Densidade de drenagem (Dd).....	20
3.2.4.5 – Ordem do curso d'água.....	21
3.3 – Água de qualidade: requisito cada dia mais escasso.....	21
3.3.1 – Poluição	24
3.3.1.1 – Cor e turbidez.....	25
3.3.1.2 – Temperatura	26
3.3.1.3 – Poluição orgânica	26
3.3.2 – Outros tipos de poluição	28
4 – MATERIAIS, TÉCNICAS E MÉTODOS	32
4.1 – Coleta de amostras	32
4.1.1 – Coleta com uso de embarcação.....	39
4.1.2 – Coleta a partir da margem ou de estruturas construídas.....	40
4.2 – Análises de campo.....	40
4.3 – Identificação das amostras.....	43
4.4 – Análises de laboratório	43
4.5 – Medidas de vazão	44
4.5.1 – Equipamento	45
4.6 – Trabalhos cartográficos	48
5 – RESULTADOS.....	49
5.1 – Parâmetros físico-químicos da água.....	49
5.2 – Medidas de vazão.....	52

5.3 – Características morfométricas da bacia.....	53
5.4 – Apresentação dos Dados Estatísticos.....	54
6 – DISCUSSÃO	63
6.1 – Parâmetros físico-químicos	63
6.2 – Autodepuração ou diluição da carga orgânica?	69
7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	75
BIBLIOGRAFIA	77

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Localização da área de estudo	7
FOTO 1 – Coleta de amostras sendo efetuada de ponte	38
FOTO 2 – Coleta de amostra sendo efetuada de barco	38
FIGURA 2 – Amostrador para coleta de água	33
FIGURA 3 – Distância esquemática entre os pontos de coleta	36
FIGURA 4 – Localização dos pontos de coleta	37
FIGURA 5 – Localização dos pontos de amostragem na seção de um curso d'água, de acordo com sua largura e profundidade	39
FOTO 3 – Titulação da amostra para determinação do OD em campo	41
FOTO 4 – Determinação do pH da amostra	42
FIGURA 6 – Áreas de influência para se determinar a vazão na seção transversal de um curso d'água	45
FOTO 5 – Medida de vazão com molinete	47
FOTO 6 – Detalhe do controle da profundidade do molinete	47
FIGURA 7 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de junho de 1999-1	56
FIGURA 8 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de junho de 1999-2	57
FIGURA 9 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de julho de 1999	57
FIGURA 10 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de setembro de 1999	58
FIGURA 11 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de março de 2000	58
FIGURA 12 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de maio de 2000-1	59
FIGURA 13 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de maio de 2000-2	60
FIGURA 14 – Gráfico de variação temporal de pH, em todas as estações de coleta	61
FIGURA 15 – Gráfico de variação temporal de temperatura, em todas as estações de coleta	61
FIGURA 16 – Gráfico de variação temporal de OD, em todas as estações de coleta	62
FIGURA 17 – Gráfico de variação temporal de DBO, em todas as estações de coleta	62
FIGURA 18 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta BR-050	67
FIGURA 19 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Chácara/DMAE- Bom Jardim	67

FIGURA 20 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Anel Viário	68
FIGURA 21 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Fazenda Capim Branco	68
FIGURA 22 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Ponte José Rezende	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Áreas, volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da terra	1
TABELA 2 – Demanda no ano 2000 (km ³ /ano) nos continentes	3
TABELA 3 – Principais poluentes químicos que podem afetar a saúde	29
TABELA 4 – Distância recomendada entre verticais	44
TABELA 5 – Parâmetros de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio do rio Uberabinha	49
TABELA 6 – Vazão do rio Uberabinha, medida na BR-050 e na ponte João Rezende	52
TABELA 7 – Características físicas da bacia do rio Uberabinha	53
TABELA 8 – Parâmetros estatísticos de pH	54
TABELA 9 – Parâmetros estatísticos de temperatura	54
TABELA 10 – Parâmetros estatísticos de OD	55
TABELA 11 – Parâmetros estatísticos de DBO	55
TABELA 12 – Temperatura do ar e precipitação parciais de 1999 e 2000 - Estação Climatológica da UFU	60
TABELA 13 – carga orgânica em termos de kg de DBO em postos de coleta a jusante da cidade de Uberlândia	74

LISTA DE ABREVIATURAS

ABEAS	Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia
DQO	Demanda química de oxigênio
ETA	Estação de tratamento de água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OD	Oxigênio dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Polietileno-tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
PVC	Polivinilcloro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UHE	Usina hidrelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator
WRI	World Resources Institute

1 – INTRODUÇÃO

A água é um bem finito e vulnerável. No imaginário coletivo existe arraigado um conceito oposto, de inesgotabilidade das fontes hídricas, o que tem conduzido a atitudes e práticas prejudiciais em relação a esse recurso. Segundo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA [199-], a água se distribui na Terra na seguinte proporção: 97,4% são representados pela água dos oceanos; 2,0% encontram-se nas geleiras polares e glaciais; 0,29% são água doce subterrânea; 0,3% água doce profunda e apenas 0,01% constitui a água doce superficial. Já de acordo com Shiklomanov, apud Rebouças (1999, p.8), a distribuição dos volumes pelos principais reservatórios hídricos da Terra, num dado instante é dada conforme a TABELA a seguir:

TABELA 1 – Áreas, volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da terra

Reservatório	área (10 ³ km ²)	volume (10 ⁶ km ³)	% do volume total	% do volume de água doce
<i>Oceanos</i>	361.300	1.338	96,5	-
<i>Subsolo</i>	134.800	23,4	1,7	-
Água doce		10,53	0,76	29,9
Umidade do solo		0,016	0,001	0,05
<i>Calotas Polares</i>	16.227	24,1	1,74	68,9
Antártica	13.980	21,6	1,57	61,7
Groenlândia	1.802	2,3	0,17	6,68
Ártico	226	0,084	0,006	0,24

TABELA 1 – Áreas, volumes totais e relativos de água nos principais reservatórios da terra (Continuação)

<i>Geleiras</i>	224	0,041	0,003	0,12
<i>Solos gelados</i>	21.000	0,300	0,022	0,86
<i>Lagos</i>	2.059	0,176	0,013	0,26
Água doce	1.236	0,091	0,007	
Água salgada	822	0,085	0,006	
<i>Pântano</i>	2.683	0,011	0,0008	0,03
<i>Calha dos rios</i>	14.880	0,002	0,0002	0,006
<i>Biomassa</i>		0,001	0,0001	0,003
<i>Vapor atmosfera</i>		0,013	0,001	0,04
<i>Totais</i>	510.000	1.386	100	-
<i>Água doce</i>		35,0	2,53	100

FONTE: REBOUÇAS, 1999

De acordo com a TABELA apresentada, o volume de água doce estocado nas calhas dos rios e lagos e que estaria, portanto, imediatamente disponível para o consumo é de cerca de 105 mil km³. Essa massa hídrica, no entanto, não se distribui de maneira homogênea no planeta. Muitos países africanos apresentam déficits hídricos severos, que chegam a comprometer a capacidade de produção alimentar. Mesmo no Brasil, como descreve Rebouças (op. cit.), cujas descargas hídricas dos seus rios representam cerca de 12% da produção mundial de água doce, a maior disponibilidade hídrica – 78%, está na região amazônica, que tem uma densidade demográfica de 2 a 5 hab./ km², enquanto a bacia do rio Paraná que apresenta uma densidade média de 53 hab./km², concentra apenas 6% da produção hídrica nacional.

As necessidades individuais em relação à água variam de um consumo *per capita* de 5 litros/dia em certos países da África até 500 litros/dia na América do Norte. A manutenção de uma qualidade de vida razoável requer cerca de 80 litros por pessoa por dia (BRUCE, 1992).

Já a meta fixada pelas Nações Unidas para o consumo individual é de 40 litros *per capita*/dia (LEROY; MAIA; GUIMARÃES, 1997).

Em termos mundiais, onde o consumo anual de água é de aproximadamente 3.240 km³, o uso agrícola demanda maior volume, mais de 70% para a irrigação, seguido pelas indústrias, com menos de 20% e por fim o consumo doméstico, com cerca de 6%. Países em desenvolvimento apresentam alto consumo na agricultura, ao passo que regiões mais desenvolvidas têm a indústria como maior usuária. De acordo com Jean Margat, do *World Resources Institute – WRI*, apud Oliveira (1999), na América do Norte, que consome cerca de 512 km³ de água doce anualmente, 48% são demandadas pela indústria; na América Latina e Caribe, 79% são consumidos pela agricultura, de um total de 202 km³. A Europa, que consome anualmente 455 km³ de água, tem 55% desse volume utilizado pelas indústrias. Ásia e África, que são pouco desenvolvidos, gastam 85% e 88% na agricultura, de um consumo total de 1.634 km³ e 145 km³, respectivamente. Um caso particular é a Oceania, onde se consome cerca de 17 km³ de água por ano e o uso doméstico responde por 64% desse volume. No caso brasileiro 59% é para uso agrícola, de um consumo anual de mais ou menos 37 km³ de água doce. Já Rebouças (1999) apresenta valores diferentes de Oliveira (op. cit), para uma projeção de consumo no ano 2000, com base no mesmo *WRI*, em estudo realizado em 1991:

TABELA 2 – Demanda no ano 2000 (km³/ano) nos continentes

	Europa	Ásia	África	América do Norte	América do Sul	Austrália Oceania	Ex-U.R.S.S.	Total (mundo)
demanda total	404	2.160	289	946	293	35	533	4.660
uso consuntivo	158	1.433	201	434	165	22,5	286	2.699
efluentes	246	727	88	512	128	12,5	247	1.960

FONTE: World Resources Institute (1991), apud Rebouças (1999)

A atividade agrícola, além de maior consumidora, é do tipo *uso consuntivo*, isto é, a água após o uso não é devolvida para o curso original, implicando numa redução no volume original da fonte onde é captada (TELLES, 1999). Em caso de curso d'água, sucessivas captações em sua extensão vão reduzindo a vazão, comprometendo, em muitos casos, a possibilidade de uso a jusante. Já no caso dos usos industrial e doméstico, o comprometimento se dá na qualidade da água. Segundo Bruce (1992), cerca de 153 km³ e de 660 km³ de efluentes domésticos e industriais, respectivamente, foram lançados globalmente no ano de 1980, estimando-se que estes valores deverão aumentar para 282 km³ e próximo de 1.000 km³ no ano 2000. Rebouças (1999), apresenta o mesmo estudo do *WRI* de 1991, com uma projeção de descarga de efluentes da ordem de 1.960 km³ no ano 2000. Considerando-se que a maioria desses lançamentos constitui-se de esgoto não tratado, a poluição dos sistemas hídricos mundiais está crescendo rapidamente, restringindo em muito a capacidade de uso desse recurso natural, ou, em última análise, encarecendo os custos para sua utilização

Estima-se que mais da metade da população mundial viverá em áreas urbanas no início do século XXI (LEROY; MAIA; GUIMARÃES, op. cit). No ano de 2025, estima-se que essa proporção aumentará para 60%, isto é, cerca de 5 bilhões de pessoas. Atualmente, somente 25% da população urbana dos países em desenvolvimento –cerca de 1,5 bilhões de pessoas, são atendidos por serviços de abastecimento de água e de saneamento. Aproximadamente 1,2 bilhões estão carentes de água potável. Estudos recentes da Organização das Nações Unidas – ONU (ANGELO; MELLO; VOMERO, 2000), prevêem que em 2025, 45% da população mundial, cerca de 2,7 bilhões de pessoas, vão ter dificuldade de acesso à água.

Nos países em desenvolvimento, perto de 80% das enfermidades e um terço dos óbitos são provocados por doenças de veiculação hídrica. Anualmente 4 milhões de crianças

morrem por falta de saneamento, doentes de disenteria, febre tifóide, cólera, transmitidas pela água (LEROY; MAIA; GUIMARÃES, op. cit.).

Como se pode perceber, não são poucas as implicações do mau uso desse recurso fundamental à produção e reprodução da Humanidade. A dimensão do problema é global, mesmo que determinadas regiões não apresentem ainda limitações ao seu desenvolvimento em razão do comprometimento da qualidade de suas águas, em função da disponibilidade atual.

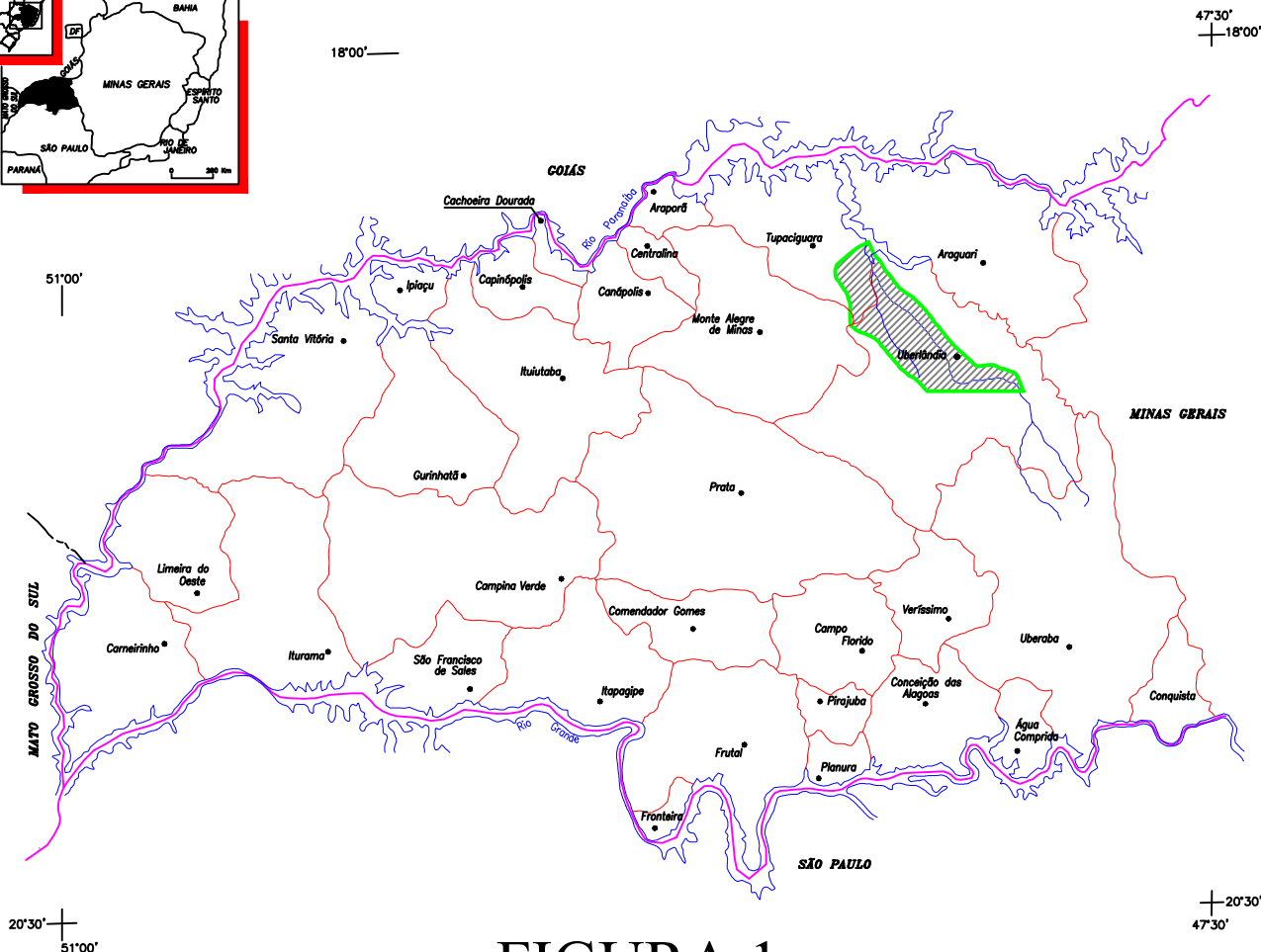
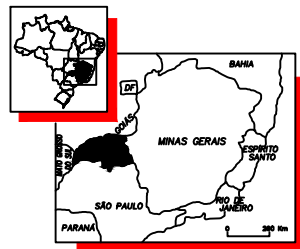
A sustentabilidade da produção alimentar dependerá das práticas adequadas de manejo que forem adotadas para a água; a manutenção da quantidade e da qualidade da água é fundamental para o desenvolvimento. A escassez de novas fontes de recursos hídricos e os custos cada vez mais elevados para sua utilização podem comprometer o desenvolvimento e o crescimento econômico. Uma gestão eficaz dos recursos hídricos, eliminando-se os modelos insustentáveis de uso da água, pode representar uma contribuição importante para a mitigação da pobreza e a melhoria da saúde e da qualidade de vida dos pobres nas áreas urbanas e rurais, segundo a Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS (1996) e a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD (1992: AGENDA 21).

O estudo da bacia em geral (fisiografia, características de uso, ocupação, manejo agrícola) e de sua hidrografia em particular (regime, quantidade e qualidade dos recursos hídricos e dos lançamentos de efluentes e resíduos) é condição fundamental para a implantação da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos objetivando garantir o uso múltiplo da água, acessível a todos os usuários, de modo sustentável. Pesquisas iniciais em bacias hidrográficas têm principalmente o objetivo de caracterizar essas áreas, fornecendo informações gerais que possibilitarão aprofundar o conhecimento sobre esses espaços.

O presente projeto, trabalhando com o rio Uberabinha em particular, sem perder porém o horizonte referencial que é a sua bacia, propõe-se a levantar e sistematizar alguns parâmetros de qualidade da água, que podem servir como referência temporal na avaliação da bacia, no processo de implantação do sistema de gestão hídrica da Bacia do rio Araguari e do rio Paranaíba, agregando estes dados aos já obtidos por Hanna (1990) e Schneider (1996).

ÁREA DE ESTUDO

Mapa de Localização da Área de Estudo



LEGENDA

- Área de Estudo (parte da bacia do Rio Uberabinha)
- Limite Interestadual
- Limite Intermunicipal

ESCALA



FIGURA 1

2. – OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 – Objetivo geral:

- obter parâmetros de qualidade da água do rio Uberabinha, procurando entender sua correlação com o lançamento dos esgotos da cidade de Uberlândia, como elementos para subsidiar um diagnóstico da sub-bacia do rio Uberabinha.

2.2 – Objetivos específicos:

- medir o valor do pH da água nos diversos pontos de coleta;
- mensurar o oxigênio dissolvido (OD) em pontos escolhidos ao longo do curso do rio;
- medir a temperatura da água nesses locais;
- determinar a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) da água nos pontos onde o OD será medido;

- medir a vazão do rio Uberabinha em pelo menos dois pontos, a jusante e a montante da cidade.

3 – DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA E DO OBJETO DE ESTUDO

3.1 – Localização da área

A bacia do rio Uberabinha localiza-se no Triângulo Mineiro em Minas Gerais, no quadrante definido pelos vértices de coordenadas UTM E747700, N7942000 e E831630, N7851000, com origem UTM no equador e meridiano 45° W. Gr., acrescidas as constantes 10.000.000 m e 500.000 m, respectivamente. Ocupa nos municípios de Uberaba e de Uberlândia, respectivamente, 427 km² e 1763 km² de seus territórios, num total de 2.190 km². Seu curso principal, o rio Uberabinha nasce no município de Uberaba, por onde escoar por 15,4 km e deságua no rio Araguari, após percorrer 134,4 km em terras de Uberlândia, totalizando 149,8 km de curso, numa trajetória de SE para NO.

3.2 – Área de estudo – aspectos físicos

3.2.1 – Geologia

O Triângulo Mineiro insere-se, quase na sua totalidade, segundo Nishiyama (1989), na Bacia Sedimentar do Paraná, cujas litologias remontam à idade Mesozóica: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e pelos arenitos, conglomerados e calcáreos Grupo Bauru (Formações Adamantina, Uberaba e Marília). A base deposicional dessas litologias é constituída de rochas metassedimentares dos grupos Araxá e Canastra (Proterozóico médio e superior, respetivamente) e rochas do Complexo Basal Goiano, do Pré-Cambriano Arqueano¹.

No município de Uberlândia, o autor descreve a ocorrência de rochas do Complexo Basal Goiano numa faixa restrita, de pequena extensão, às margens do rio Araguari, na parte leste do município. As rochas do Grupo Araxá afloram ao longo dos vales dos rios Araguari e Uberabinha, sendo menos significativas neste último, onde se acham expostas numa faixa estreita nas proximidades da confluência com o rio Araguari. Os derrames basálticos da Formação Serra Geral –assim como os arenitos da Formação Botucatu–, assentam-se diretamente sobre essa base litológica. Os arenitos eólicos da Formação Botucatu apresentam-se sob a forma de corpos lenticulares, de pequena espessura e distribuição horizontal, sotopostos aos basaltos da Formação Serra Geral ou como intertrapes nos magmatitos. Os basaltos da Formação Serra Geral são recobertos pelos sedimentos da idade Cenozóica e/ou sedimentos do Grupo Bauru e os afloramentos se dão principalmente nos vales dos rios

1 Em Tomazolli (1990, p.13) encontra-se uma tabela ilustrativa sobre as unidades geocronológicas, que vai do Arqueano há 4,5 bilhões de anos atrás até o Quaternário, no Cenozóico, há 1 milhão de anos.

Araguari, Uberabinha, Tijuco e Douradinho. De acordo com Schneider (1982), os basaltos da Formação Serra Geral aparecem...

expostas ao longo dos principais cursos d'água, especialmente aqueles que apresentam seus leitos levemente encaixados no planalto. Esse fato é evidenciado no médio e baixo curso do rio Uberabinha, afluente do Araguari, onde a presença de rochas basálticas condiciona a existência de pequenos saltos e várias corredeiras. O mesmo pode ser observado, embora em menor extensão, nas proximidades da confluência dos rios Tijuco e Douradinho, no sudoeste do município.

Nishiyama (1989) relata ainda que, as rochas da Formação Adamantina afloram em áreas restritas no município de Uberlândia, quase sempre estando recobertas por sedimentos detríticos de idade Cenozóica e/ou litologias arenosas e conglomeráticas da Formação Marília. Esta, por sua vez, distribui-se por uma área expressiva no município, desde a porção sul (rumo a Uberaba) e a sudeste (entre os rios Araguari e Bom Jardim), seguindo para o norte passando pela cidade de Uberlândia, estendendo-se para os distritos de Cruzeiro dos Peixotos e Martinésia e para oeste, rumo a Tupaciguara e Monte Alegre de Minas. No plano da superfície, os sedimentos recentes, de idade Cenozóica recobrem as rochas mais antigas, em todos os níveis topográficos, desde as superfícies de cimeira das chapadas até as vertentes dos vales fluviais. A cimentação incipiente dos sedimentos e a predominância de termos arenosos, principalmente nas áreas de ocorrência dos arenito da Formação Adamantina, aliadas à alta pluviosidade e à devastação da cobertura vegetal, contribuem para o desenvolvimento de formas de erosão acelerada em grande parte do município.

3.2.2 – Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Uberlândia é do tipo Aw (ROSA; LIMA; ASSUNÇÃO, 1991), ou do tipo Cwa (DEL GROSSI, 1991 e 1993), mesma classificação sugerida por Lima, Rosa e Feltran Filho (1989). Entretanto, Schneider (1982, p.34) apresenta uma distribuição espacial, onde na porção setentrional do município tem-se climas do tipo Aw e Cw na porção meridional. De acordo com este trabalho, o tipo que melhor se ajusta às características da área de estudo é o Aw –clima tropical de savana, inverno seco e verão chuvoso, temperatura do mês mais frio superior a 18° C.

A dinâmica climática de Uberlândia está sob influência da circulação dos sistemas atmosféricos tropicais. O clima é determinado pelas massas de ar Equatorial Continental (Ec), Tropical Continental (Tc), Tropical Atlântica (Ta) e Polar Atlântica, que são responsáveis pela alternância das estações chuvosas no verão e invernos secos (SCHNEIDER, 1982). Para Del Grossi (1991, 1993), a participação dos sistemas polares é pouco superior a 25% no decorrer do ano, sendo mais que 50% a participação dos sistemas intertropicais na dinâmica do clima local.

Monteiro; Nimer; Embrapa, apud Schneider (1982) descrevem a dinâmica das massas no continente sul-americano que, no inverno, é invadido pelo anticiclone polar, verificando-se, então, deslocamentos, encontros e domínios sucessivos entre a massa Tropical Atlântica e a “Polar velha” (pseudo Tc), ambas estáveis e com pouca umidade específica. Como a massa Polar Atlântica, em seu trajeto à área tropical também apresenta pouca umidade, ocorrem nessa época, tempo estável, céu limpo, sem chuvas e acentuado aquecimento diurno, em contraposição ao resfriamento noturno.

Para Rosa, Lima e Assunção (1991) e Lima (1989), na realidade, a penetração da massa polar ocorre durante o ano inteiro. Seu domínio é que não acontece no verão porque enfraquecida, chega aos trópicos quase que totalmente climatizada. Sua penetração pode ainda ser desviada para o oceano. No inverno, a massa polar invade o continente em intervalos de sete a oito dias e até em intervalos menores, em invasões sucessivas, criando no país uma onda de frio que pode perdurar por mais de uma semana.

No verão, conforme Monteiro apud Schneider (1982), alguns centros de baixa pressão são gerados no interior do continente no verão, devido ao seu aquecimento. Com o abrandamento das massas polares, a circulação regional é dividida entre a Tropical Atlântica, de atuação continuada durante o ano todo, e a Equatorial Continental. A frente intertropical, que no inverno era mantida acima da linha do Equador pela frente polar do hemisfério sul, agora transpõe a linha equatorial, penetrando muitas vezes no interior do continente. Para Nimer; Embrapa apud Schneider (op. cit.) e Rosa, Lima e Assunção (1991), a presença dessas massas úmidas, quentes, extremamente instáveis e convectivas provocam chuvas frequentes e torrenciais, notadamente entre os meses de novembro a abril.

De acordo com Rosa, Lima e Assunção (op. cit.), em trabalho que avaliou dados coletados no período de 1981 a 1990, em estação localizada no Parque do Sabiá, em Uberlândia, os meses de dezembro e janeiro foram os que apresentaram mais dias com chuvas, na média, no período, com 20 dias e 18 dias, respectivamente. Junho, julho e agosto apresentaram as menores médias de dias com chuva, com 1, 2 e 2 dias respectivamente, tendo sido observado uma média de 115 dias com chuva no ano. No período estudado, dezembro, com 68 mm e janeiro, com 60,6 mm, foram os meses que apresentaram também as maiores

médias de precipitação máxima em 24 horas². Os menores valores das médias de precipitação máxima em 24 horas foram observadas em agosto (10,7 mm), junho (11,0 mm) e julho (12,6 mm). O total pluviométrico médio observado foi de 1550 mm/ano, tendo sido de 338,8 mm em dezembro e de 302,8 mm em janeiro, as maiores médias dos totais pluviométricos mensais, representando cerca de 41% da precipitação anual média. As menores médias foram de 12,0 mm e 17,0 mm, observadas em junho e julho.

Embora as condições climáticas determinem um longo período seco, que vai de maio a setembro (ROSA; LIMA; ASSUNÇÃO, op. cit., p.108), com baixa pluviosidade, pouca umidade do ar, os rios, mesmo com sua vazão reduzida, são mantidos por volumes de água que são aos poucos liberados nos períodos secos e que se encontram armazenados nos arenitos assentados sobre camadas impermeáveis como os basaltos ou as concreções ferruginosas que ocorrem no ambiente regional (SCHNEIDER, 1996).

3.2.3 – Geomorfologia

Os trabalhos mais detalhados de caracterização geomorfológica da região em estudo, foram efetuados por Baccaro (1989, 1990, 1991). A autora classifica a área do município em três categorias: área de relevo dissecado, área de relevo intensamente dissecado e área de

2 Há um pico de 157,8 mm observado em dezembro de 1986, ocasião em que houve grandes danos provocados pela intensa chuva de cerca de duas horas de duração, que causou o transbordamento das galerias da Av. Rondon Pacheco, relatados por Siegler (1989, p. 35) e Del Grossi (1991, p.148).

relevo com topo plano. Essa classificação é adotada nos estudos de geografia física posteriormente realizados por Del Grossi (1991), Schneider e Batista (1995) e Schneider (1996).

3.2.3.1 – Área de relevo dissecado

São áreas que de acordo com Baccaro (1989, 1990, 1991) correspondem aos locais com altitudes entre 700 e 900 metros, onde predominam as litologias da Formação Adamantina, do Grupo Bauru, em sua maior parte recoberta por sedimentos mais recentes de idade Cenozóica. Nos trechos mais entalhados das calhas fluviais, o basalto aflora, a exemplo dos rios Uberabinha, Douradinho e Tijuco. O cerrado e o cerradão são as formações vegetais primitivas típicas das áreas de topo e das vertentes, onde predominam latossolos vermelho-escuros distróficos. Nesse compartimento são características as ocorrências de concreções ferruginosas, as quais provocam ressaltos topográficos e rupturas de declive nas vertentes. Sob essas condições verifica-se o afloramento da água subterrânea, formando as nascentes. A presença da água origina solos hidromórficos de meia encosta. Estes também ocorrem margeando alguns canais fluviais. São solos classificados como glei húmicos, álicos ou distróficos revestidos por campos úmidos, recobertos por gramíneas, ciperáceas e buritizais. Embora a dissecação do relevo não seja tão pronunciado, as área de relevo dissecado apresentam os casos de erosão mais graves dentre todas no município, principalmente onde a cobertura vegetal protetora foi suprimida em decorrência de atividades humanas.

3.2.3.2 – Área de relevo intensamente dissecado

Este setor apresenta uma porção mais elevada, que pertence à grande chapada Uberlândia-Araguari que se estende pela região. No município de Uberlândia, prolonga-se em forma de espigão entre as sub-bacias dos afluentes dos rios Araguari e Uberabinha. Posicionada entre as cotas de 700 m e 640 m e voltada para o rio Araguari constata-se uma outra superfície mais rebaixada, separada do nível de topo por rupturas de declive mantidas pelos derrames basálticos e atenuadas por rampas coluvionares. Nestes locais, os solos são férteis, em decorrência da matriz mineral proveniente da rocha intemperizada. Os canais fluviais, entalhados no basalto da Formação Serra Geral, mostram marcas da atividade tectônica pretérita evidenciada principalmente pela formação de corredeiras, cachoeiras e superfícies íngremes. A Usina Hidrelétrica dos Martins, construída no rio Uberabinha nos anos 30/40 e até hoje em operação, é um exemplo de aproveitamento econômico de baixo impacto ambiental permitido por esse tipo de relevo. As formações florestais predominam nessas áreas baixas, constituídas por matas ciliares que margeiam as nascentes e os cursos fluviais e por matas mesófilas de encosta e mata semidecídua, sustentadas pela fertilidade do solo resultante do material detrítico de alteração do basalto. Nas áreas de topo, as formações vegetais primárias são o cerrado e gramíneas e ciperáceas, estas últimas associadas aos solos hidromórficos, esparsamente distribuídos na área do município de Uberlândia. Nesse compartimento, a ação dos processos erosivos também é intensa, mas em menor escala que na área de relevo dissecado, em razão do solo apresentar característica geotécnica de maior resistência ao fenômeno.

3.2.3.3 – Área de relevo com topo plano

Também denominadas de *áreas elevadas de cimeira* por Baccaro (1991), são áreas de topos planos e largos, que apresentam drenagem pouco ramificada e com baixa densidade, formando grandes espaçamentos entre os vales rasos. Tais superfícies desenvolvem-se sobre arenitos da Formação Marília. Estes encontram-se extensamente recobertos por sedimentos Cenozóicos, que dão origem aos latossolos vermelho-amarelos e vermelho-escuros, que por sua vez estão sobrepostos a uma crosta ferruginosa concrecionária de espessura e extensão variáveis. A vegetação primitiva das áreas de topo é constituída pelo cerrado, nas suas diversas fitofisionomias, variando do campo cerrado ao cerrado *stricto sensu*. Nas áreas de fundo do vale, encontram-se amplas faixas de solo hidromórfico, que dão origem às veredas, de campos úmidos, com a presença característica de palmeiras buriti (*Mauritia flexuosa*) em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. Schneider (1996) registra a importância desta unidade topomorfológica na gênese e no comportamento das principais bacias hidrográficas do Triângulo Mineiro (municípios de Uberlândia, Uberaba e Ituiutaba).

3.2.4 – Características físicas da bacia

O comportamento hidrológico de uma bacia está estreitamente relacionado com suas características físicas. Portanto, o conhecimento desses elementos é de grande importância e utilidade prática, pois ao se estabelecerem correlações entre esses dados e os dados

hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais de interesse onde não se disponha de estações hidrométricas (VILLELA; MATTOS, 1975).

3.2.4.1 – Coeficiente de compacidade (K_c)

Também conhecido como índice de Gravelius, é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Para uma bacia circular, o índice vale a unidade. Quanto mais próximo da unidade for o valor do coeficiente de compacidade, maior será a tendência de enchentes na bacia.

$$K_c = P / (2 \cdot \pi \cdot r); \quad r = (A / \pi)^{1/2}$$

Com perímetro (P) de 302 km e área (A) de 2190 km², o coeficiente de compacidade da bacia do rio Uberabinha corresponde a $K_c = 1,82$.

3.2.4.2 – Fator de forma (K_f)

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. É outro coeficiente indicativo da maior ou menor tendência à enchente. Uma bacia que apresenta um fator de forma baixo apresenta uma menor tendência de enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

$$K_f = I_{med} / L; \quad I_{med} = A / L$$

$$\text{Portanto, } K_f = A / L^2$$

No caso da bacia em estudo, o comprimento axial é $L = 116,71$ km, a área $A = 2190$ km² e portanto, $K_f = 0,16$.

3.2.4.3 – Relação de relevo (R_r)

Relaciona o desnível total da bacia e seu comprimento. É um indicador da inclinação média da bacia.

$$R_r = \text{gradiente} / L$$

Onde: gradiente é a diferença entre a maior e a menor cota observada na bacia, em km;

L é o maior comprimento da bacia, paralelamente ao curso principal, em km.

Sendo o gradiente igual a 0,478 km e $L = 116,71$ km, para a bacia do rio Uberabinha a relação de relevo vale $R_r = 0,0041$ km/km.

3.2.4.4 – Densidade de drenagem (D_d)

Expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica e sua área total, fornecendo uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. Usualmente varia de 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² para bacias bem drenadas (VILLELA; MATTOS, op. cit.).

$$D_d = L / A, \text{ sendo } L \text{ o comprimento total de toda a drenagem da bacia.}$$

A bacia do rio Uberabinha ($L = 1657,3$ km) apresenta uma densidade de drenagem $D_d = 0,76$.

3.2.4.5 – Ordem do curso d'água

Segundo critério de Horton, modificado por Strahler, apud Villela e Mattos (op. cit.) e Suguio e Bigarella (1990), a ordem de um curso é obtida pela hierarquização fluvial, atribuída de acordo com o grau de ramificação desse curso. Canais de primeira ordem são os que não apresentam afluentes. A junção de dois cursos de primeira ordem forma um de segunda ordem e rios de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, embora possam também receber os de primeira ordem.

Numa bacia hidrográfica, o número de rios de diferentes ordens diminui regularmente com o aumento do número de ordem (Horton, apud Suguio e Bigarella, op. cit.).

O rio Uberabinha, segundo o critério de Horton-Strahler é de 5ª ordem.

3.3 – Água de qualidade: requisito cada dia mais escasso

A principal característica que distingue os seres vivos dos demais elementos presentes na natureza é a sua estreita relação e intercâmbio recíproco que mantêm com o meio natural que os cerca.

Dentre os elementos naturais que dão suporte à vida, a água figura como um dos mais fragilizados e suscetíveis à degradação no atual modelo de uso desse recurso. A demanda crescente por um lado, e por outro, sua escassez e sua má utilização em termos de padrão de consumo, dos despejos que comprometem sua capacidade de assimilação, de devastação dos

mananciais, apontam para uma situação de conflito futuro entre seus diferentes usos e usuários.

Para que, juntamente com os demais fatores ambientais possa continuar a sustentar a vida, contribuindo para elevar a Humanidade a estágios superiores de bem-estar e desenvolvimento, alguns requisitos devem ser garantidos em relação a esse recurso. É nesse contexto que se coloca a questão da *qualidade*. E o que vem a ser *qualidade*? Branco e Rocha (1977, p.7) apresentam uma discussão sobre esse aspecto. Classicamente qualidade representa um caráter absoluto do objeto, que independe da comparação com outro; é um atributo intrínseco ao objeto. Por exemplo, cor vermelha, é uma qualidade de um objeto. Entretanto, qualidade pode ter o sentido também de mérito, grau ou valor, como quando se diz, por exemplo, caneta *de melhor qualidade*. Em relação à água, o termo qualidade pode ser empregado nos dois sentidos. Quando se diz que a água é líquida, faz-se referência a uma propriedade, a uma característica sua, independentemente da possibilidade ou não de seu emprego para qualquer finalidade. Porém, ao se dizer, por exemplo, que a água do rio Uberabinha a jusante da cidade é de *má qualidade*, está se referindo a seu mérito como água potável. Por fim, alguns atributos naturais dos objetos como cor e aspecto não se aplicam à água, porque não são intrínsecos à mesma (que não tem cor, e possui aspecto *sui generis*) e sim decorrentes de fatores exógenos à sua natureza. Em decorrência disso, passam a ser controláveis, padronizáveis. Não se padroniza, portanto, as qualidades da água em si, mas paradoxalmente, aquilo que a desqualifica, que ela pode conter de estranho à sua estrutura.

Assim, neste trabalho, a referência a *qualidade da água* correlaciona-se com esses parâmetros padronizáveis, que vão conferir determinadas características à água, possibilitando a comparação de águas submetidas a diferentes níveis de pressões de degradação, do ponto de vista ambiental.

Existem diversos padrões que estabelecem requisitos para a qualidade das águas, que variam de país a país. Mesmo dentro de um país, esses podem variar porque os estados (ou província, condado, qualquer sub-unidade administrativa com atribuição) podem estabelecer padrões próprios, legalmente compatíveis entre si. No Brasil o padrão de qualidade para águas que vigora é a Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que classifica águas doces, salobras e salinas do Território Nacional (CONAMA, 1986)³. No seu texto, na parte das considerações, expressa-se que

o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade; que ...a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas; e ainda que (é necessário) ...se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

O próprio dispositivo legal que fixa os padrões de lançamento e de qualidade das águas, traz também os critérios de classificação das águas brasileiras, que deve ser feita tendo como parâmetro o nível de qualidade desejável para atender às necessidades sociais e não simplesmente levando-se em conta o estágio de qualidade atual do corpo hídrico. O enquadramento dos corpos d'água em classes – que é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos – é um passo fundamental no processo de implantação de um sistema de gestão de bacias hidrográficas no Brasil, porque estabelece os níveis de qualidade que o corpo hídrico deve apresentar, de modo a assegurar seus usos preponderantes e

3 Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa COPAM nº 010/86 de 16 de dezembro de 1986 do Conselho Estadual de Política Ambiental, que fixa normas e padrões para qualidade das águas e para lançamentos de efluentes, reafirma no geral o dispositivo federal, adaptando-o à realidade do Estado e acrescentando alguns padrões de lançamento.

independentemente das atividades que estejam sendo ou que venham a ser desenvolvidas em seu território. Mais que isto, deve se basear “...nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade” (CONAMA, 1986)

Um aspecto importante a ser ressaltado é que a Resolução preconiza que a atividade global exercida na bacia não pode comprometer os padrões de qualidade estabelecidos. O monitoramento da qualidade da água passa a ser um importante instrumento para a garantia da sustentabilidade das atividades exercidas nesse espaço geográfico, como consequência da implantação do gerenciamento da bacia hidrográfica.

3.3.1 – Poluição

A definição de poluição ambiental, de acordo com a norma Glossário de Poluição das Águas, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1993), é:

Degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que direta ou indiretamente:
a) – prejudicam a saúde, segurança e o bem-estar das populações;
b) – criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
c) – afetem desfavoravelmente a biota;
d) – afetem as condições sanitárias do meio ambiente;
f) – lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões de qualidade ambiental estabelecidos.

Poluir, etimologicamente, vem do latim *polluere* (HOLANDA-FERREIRA, 1975) e significa sujar, manchar. Assim, o termo *poluição* não estabelece um conceito absoluto. É preciso defini-lo segundo um contexto, como é feito na citação acima. Dessa forma, poluição

passa a espelhar um fato característico, a refletir a idéia de uma situação definida de um determinado ambiente.

A poluição decorre duma alteração prejudicial das condições naturais da água, prejudicando sua qualidade. Essa alteração deve ser analisada em termos do impacto nos usos previstos para o corpo hídrico (SPERLING; MÖLLER, 1995).

Branco (1986) classifica a poluição em física e físico-química e poluição química. Dentre os diversos tipos de poluição das águas que cabem na classificação acima e que se correlacionam com o escopo do presente trabalho de pesquisa, podem-se destacar:

3.3.1.1 – Cor e turbidez

A cor é conferida á água pela presença de substâncias pigmentadas em solução ou dispersão coloidal. Originam-se geralmente da decomposição de matéria orgânica do próprio manancial ou dos solos adjacentes e constituem-se de minerais, matérias húmicas, taninos; ou de algas, plantas aquáticas e protozoários ; ou ainda de resíduos orgânicos e/ou inorgânicos contidos nos lançamentos industriais. A turbidez é a dispersão dos raios luminosos causada por partículas em suspensão, como frações finas do solo, plâncton, algas, microrganismos, matéria orgânica dos esgotos, etc. (Branco, op. cit.; Souza, 1990; Battalha; Parlatore, 1998).

Para Branco (op. cit.), a cor e a turbidez podem afetar a biota de um manancial ao dificultar a penetração da luz, limitando assim a capacidade de fotossíntese e também devido ao material em suspensão que, ao se depositar no fundo, vai recobrir os organismos bentônicos ou os locais de oviposição e alimentação de algumas espécies aquáticas. Pode também arrastar para o fundo, num processo de aglutinação por adsorção, os microrganismos

do nécton, e no caso destes comporem a cadeia alimentar de outras espécies, pode ocorrer um déficit alimentar, afetando até mesmo o equilíbrio do ecossistema.

3.3.1.2 – Temperatura

A alteração da temperatura condiciona diretamente a concentração de oxigênio dissolvido, para uma mesma massa d'água. Quanto maior for a temperatura, menor será a capacidade da água dissolver e reter o oxigênio. A concentração de OD a 30° C é cerca da metade da concentração a 0° C, à pressão normal. Dessa forma, a demanda de oxigênio da poluição térmica provocada por um despejo aquecido assemelha-se à demanda de um despejo orgânico (Branco, op. cit.). Afeta também a capacidade de sobrevivência da ictiofauna, que em geral não suporta alterações bruscas de temperatura além de uma estreita faixa de variação.

3.3.1.3 – Poluição orgânica

Os compostos orgânicos são normalmente constituídos de uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio e, em alguns casos, nitrogênio. Outros elementos também podem estar presentes, tais como enxofre, fósforo e ferro. Os principais grupos de substâncias orgânicas presentes nas águas residuárias são os carboidratos, as proteínas, os óleos e gorduras.

Além desses, um grande número de moléculas sintéticas, às vezes com estruturas extremamente complexas, também pode estar contida. São, por exemplo, os surfactantes, os

fenóis e os pesticidas, sendo que anualmente aumenta o número de novas moléculas sintéticas que são produzidas, aumentando a complexidade do tratamento requerido do esgoto, já que os produtos orgânicos sintéticos apresentam pouca possibilidade de degradação biológica (BRAILE; CAVALCANTI, 1979). Assim, mesmo o tratamento a que a água é submetida pelos processos convencionais pode não ser suficiente para a remoção adequada da grande variedade de elementos ou traços de compostos sintéticos que a atividade antrópica agrega às águas correntes, muitas vezes com potenciais carcinogênicos, mutagênicos, neurotóxicos ou teratogênicos. A Organização Mundial de Saúde – OMS relaciona 67 micropoluentes orgânicos e 23 subprodutos de desinfecção com cloro, em suas diretrizes para água potável, de 1993 (REBOUÇAS, 1999). Águas captadas de bacias não protegidas, tornam-se, assim, não confiáveis para o abastecimento público.

Para Branco (op. cit.), a poluição por despejos orgânicos pode causar principalmente dois tipos de influências químicas nocivas sobre o ambiente e a biota: o primeiro é o efeito direto, de toxidez sobre os organismos; o segundo, de efeito indireto, é a criação de condições anaeróbias ou pelos menos de deficiência de oxigênio livre na massa hídrica. Tem sua origem, principalmente nos despejos domésticos, industriais e de atividades agrícolas. No caso do rio Uberabinha, concorre ainda para aumentar o grau de poluição orgânica, o lançamento eventual de resíduos de abate de aves, como pôde ser constatado pelo menos numa ocasião de coletas de amostras na localidade Ponte João Rezende. Os esgotos domésticos e lançamentos irregulares de lixo doméstico e de carcaças e restos de abates de animais são a principal fonte de compostos nitrogenados (proteínas, aminoácidos e amônia), de gorduras e açúcares.

Os organismos de respiração aeróbia presentes no corpo receptor utilizam-se da matéria orgânica nos seus processos vitais, através da oxidação contínua dessa matéria na respiração para produzir energia. Nesse processo, consomem o oxigênio dissolvido (OD) na

água, que, no caso de se apresentar com teores elevados e a quantidade de matéria orgânica lançada for reduzida, atinge um equilíbrio, pois, na medida em que é consumido pelos organismos, é repostado por reaeração através do contato da superfície líquida com o ar atmosférico, ou pelos organismos fotossintetizantes presentes na água. Entretanto, quando a concentração da matéria orgânica biodegradável é elevada, há uma superpopulação dos organismos aeróbios num primeiro momento, de tal maneira que o consumo de oxigênio passa a ser maior do que a reposição através da reaeração ou da fotossíntese, aumentando assim, o que se denomina *déficit de saturação* do OD, e, conseqüentemente, a instalação de condições de anaerobiose parcial ou em toda a massa de água.

Para se medir a poluição orgânica biodegradável em um corpo d'água, usa-se a DBO_5 a 20° C. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO), é uma medida padronizada que está relacionada com a quantidade de oxigênio que os organismos aeróbios consomem na respiração, para oxidar a matéria orgânica carbonada biodegradável e é o parâmetro mais usual para se medir esse tipo de poluição. Significa o déficit de oxigênio dissolvido em uma amostra preparada e incubada por cinco dias, a uma temperatura controlada de 20° C.

3.3.2 – Outros tipos de poluição

Embora o estudo da poluição inorgânica não componha o escopo deste trabalho, faz-se aqui uma breve referência ao assunto, visto que alguns parâmetros interferem no assunto enfocado pela pesquisa, e principalmente, porque são formas de poluição freqüentemente observadas em rios que drenam áreas de agricultura intensiva e áreas urbanas industrializadas.

A TABELA a seguir foi organizada a partir das informações obtidas de Branco e Rocha (1977), de Braile e Cavalcanti (1979) e de Battalha e Parlatore (1987).

TABELA 3 – Principais poluentes químicos que podem afetar a saúde

Componente	Origem	Conseqüências
Chumbo	-águas naturais -despejos. industriais -instalações hidráulicas	-cumulativos no organismo -envenenamento crônico a partir de uma ingestão diária de 0,1 mg/L na água -toxidez aguda é caracterizada por queimadura na boca, sede intensa, inflamação do trato gastrointestinal, diarreia e vômitos -toxidez crônica produz anorexia, náusea, vômito, dores abdominais, paralisia, confusão mental, distúrbios visuais, anemias e convulsões
Cádmio	-utilizado nas indústrias de pinturas, galvanoplastias, baterias alcalinas, plásticos, cerâmicas, fertilizantes -inseticidas -revestimento interno de embalagens de alimentos /bebidas -sedimentos de fundo e partículas em suspensão nas águas naturais	-envenenamentos, com possibilidade de mortes -tende a se concentrar nos rins, nos fígados, no pâncreas e nas tireóides -irritante gastrointestinal, poderoso emético -causa intoxicação aguda e crônica sob a forma de sais solúveis

TABELA 3 – Principais poluentes químicos que podem afetar a saúde (Continuação)

Componente	Origem	Consequências
Cianetos	-atividades industriais tais como fecularia de mandioca, galvanoplastia -banhos para clarificação de metais -refinações de ouro, prata, borrachas, fibras óticas, ind. de plásticos	-não há indicativos de que seja cumulativo -a toxidez para os peixes é afetada pelo pH, temperatura, OD e concentração de minerais -baixas concentrações de OD aumentam a ação tóxica dos cianetos -toxidez do íon cianeto na água depende dos valores de Ph
Arsênio	-usado como inseticida, rodenticida, fungicida, herbicida e conservante de madeiras -resíduos industriais e de mineração -traços inofensivos em águas naturais	-tende a acumular-se no organismo -carcinogênico
Selênio	-alimentos -pigmentos para pintura, tinturaria, fabricação de vidros, componentes eletrônicos	-intoxicações -efeitos semelhantes ao arsênio -pouca investigação sobre sua presença em altas concentrações nos mananciais -alta retenção no fígado e nos rins -toxidez aguda causa vômitos, irritabilidade, tosse, convulsão, dor abdominal, diarreia, hipotensão e deficiência respiratória -exposição crônica produz palidez, manchas vermelhas nos dedos, dentes e cabelos, debilidade, depressão, hemorragia nasal, distúrbios gastrointestinais, dermatite e irritação de nariz e garganta.

TABELA 3 – Principais poluentes químicos que podem afetar a saúde (Continuação)

Componente	Origem	Conseqüências
Cromo	-dejetos de curtumes, de indústria de cromatos e de circulação de águas de refrigeração, piquelagem e cromagem de metais	-os cromatos (hexavalentes) são amplamente empregados nas indústrias, mas não se conhece a quantidade de íons cromato que pode ser ingerida a longo prazo sem que afetem a saúde. Há evidências de que em doses elevadas corroam o aparelho digestivo e causem nefrite -as formas trivalentes são consideradas inócuas a saúde -por não ocorrerem naturalmente, sua presença é mais um indicativo de poluição por despejo industrial -em 1971 a OMS eliminou o cromo hexavalente da lista dos tóxicos. -não se acumulam no organismo
Mercurio	-produtos medicinais -desinfetantes -pigmentos -produção de soda e de cloro -fungicidas -herbicidas	-ocorrência natural na água é rara. Sua presença decorre de lançamentos e carreamento pluvial -acumula-se no organismo -a toxidez aguda provoca náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia sangüínea, danos renais e usualmente morte -na toxidez crônica tem-se inflamação na boca/gengivas, dilatação das glândulas salivares, perda dos dentes, problemas renais, alterações psicológicas e psicomotoras.

4 – MATERIAIS, TÉCNICAS E MÉTODOS

A confiabilidade no resultado das análises efetuadas reside na formulação criteriosa do programa de amostragem. Segundo Braile e Cavalcanti (1979), a obtenção de bons resultados dependerá de certos detalhes, tais como

- que a amostra tomada seja verdadeiramente representativa ...
- que sejam utilizadas técnicas de amostragem adequadas
- que se condicione as amostras até serem analisadas.

4.1 – Coleta de amostras

A coleta e a preservação das amostras foram efetuadas segundo técnicas descritas na *NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores* da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987a). As amostras foram coletadas com aparato, ilustrado na FIGURA 2, especificamente construído para a pesquisa, com perfis de alumínio, peças complementares de tubos de PVC para esgoto e rebites. Para as análises de DBO, pH e temperatura, as amostras foram coletadas em frascos de PET de água gaseificada de 2 litros, reaproveitada e para a determinação do OD, utilizaram-se garrafas de PET de isotônico, de 600 mL, de boca larga. Os frascos foram previamente lavados com detergente e

enxaguados sucessivamente em água tratada encanada e com último enxágue com água destilada. A tampa de cada frasco foi adaptada com a fixação de dois tubos de alumínio, com a função de entrada da amostra de água e de saída do ar, respectivamente, de forma a se evitar o borbulhamento no interior do amostrador, medida fundamental para garantia da confiabilidade no resultado da análise do teor de oxigênio dissolvido.

No instante do lançamento, os tubos eram convenientemente enrolados, para permitir que a amostra de água fluísse para o interior dos frascos somente na profundidade programada para a coleta, ao se retirar as rolhas, que eram amarradas a um cordão.

O coletor era afixado a uma corda graduada para o controle da profundidade de coleta e lançado preso a um lastro de cerca de 13 kg.

A FIGURA a seguir mostra esquematicamente o coletor utilizado:

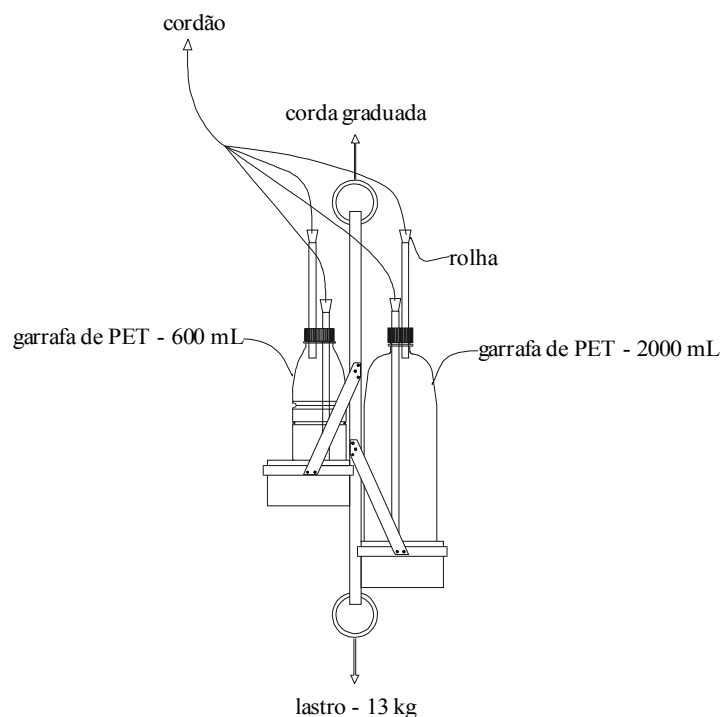


FIGURA 2 – Amostrador para coleta de água – projeto do Autor

As amostras foram coletadas nas seções transversais de pontos pré-determinados, ao longo de um trecho de aproximadamente 42,2 km do curso do rio. Obedeceram-se os critérios recomendados pela norma *NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores* (ABNT, 1987b) quanto à localização dos pontos amostrais, em função dos objetivos propostos neste estudo.

Foram estabelecidos 5 locais de coleta, que são apresentados na FIGURA 5:

1 – BR-050: Ponto de coleta extremo a montante.

Localizado a cerca de 30 m a montante da ponte da BR-050, na saída para Uberaba, o rio neste trecho ainda não recebeu contribuições de esgoto, o que o torna um ponto referencial de água de boa qualidade. Existe uma estação de tratamento de água do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto (ETA Sucupira) que pode eventualmente alterar suas características, o que, no entanto, não deve influenciar essa condição de referencial. Área de pastagem no entorno, com estreita faixa de mata ciliar a montante.

2 – Chácara/DMAE Bom Jardim: Cerca de 7,9 km a jusante da BR-050.

Localizado a montante do Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, o setor de chácaras está obrigado por lei municipal a tratar seus efluentes, evitando-se o lançamento direto no rio. Existe a possibilidade de que estejam ocorrendo lançamentos irregulares de esgoto a montante do ponto, já que existem atividades implantadas como loteamentos (Parque São Gabriel, Jardim Aurora) e frigorífico (Frigorífico Real). Além disso, a montante do local ocorre a junção do ribeirão Bom Jardim com o rio Uberabinha, o que, sem dúvida, interfere nas características da água do rio neste ponto. A partir de maio de 2000, em decorrência de dificuldades enfrentadas no acesso ao setor de chácaras, optou-se por coletar na estação de

captação Bom Jardim do DMAE, de cima de uma passarela localizada transversalmente ao rio. Situado a algumas dezenas de metros a montante do ponto de coleta original, qualitativamente a água não deve sofrer alteração, pois não há ocorrência de lançamentos, contribuições, corredeiras ou saltos entre esses dois pontos. Ocupação de pastagem com presença de mata ciliar pela margem esquerda e de chácaras pela margem direita.

3 – Anel Viário: Distante 13,9 km do local Chácara/DMAE Bom Jardim, a jusante.

É o primeiro ponto a jusante após receber a contribuição dos esgotos domésticos e industrial de praticamente toda a cidade. Área urbanizada a montante. A jusante há uma extração e britagem de basalto pela margem esquerda e cerrado alterado pela margem direita.

4 – Fazenda Capim Branco: 2,9 km a jusante do Anel Viário.

Localizado proximamente ao ponto de coleta anterior, dentro da Fazenda Capim Branco pertencente à Universidade, este ponto foi escolhido devido à relativa facilidade de acesso e por se localizar a jusante de duas quedas (Cachoeira dos Dias e uma pequena ruptura no basalto, dentro da área da fazenda), do córrego do Salto e do aterro sanitário municipal. Área de pastagem no entorno.

5 – Ponte João Rezende: Local a 17,6 km a jusante do ponto Fazenda Capim Branco.

O rio percorre 42,3 km da BR-050 até este ponto de coleta extremo a jusante, localizado próximo ao distrito de Martinésia. Além da facilidade de acesso, foi escolhido porque até esse ponto, existem no percurso, diversas corredeiras e pequenas quedas, além da Cachoeira dos Martins (UHE dos Martins), que contribuem com a reoxigenação que intervém

no processo de autodepuração do rio. Área de pastagem no entorno, com vale encaixado e vegetação ciliar parcialmente preservada.

Os pontos de coleta, bem como distâncias que separam estes pontos estão representados no esquema abaixo:

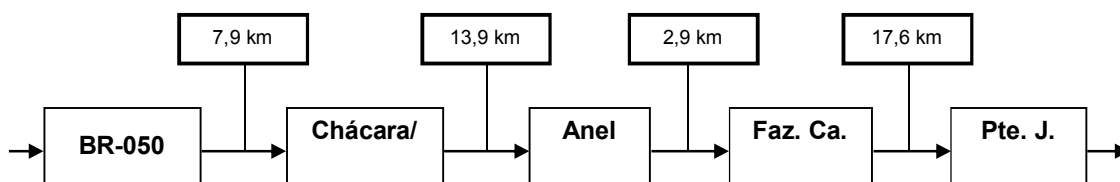


FIGURA 3 – Distância esquemática entre os pontos de coleta

No mês de maio de 2000, foram efetuadas coletas em dois pontos complementares, córrego Campo Alegre e Ponte do Arame, para comprovar o lançamento irregular de esgotos, já que observações anteriores detectavam teores de OD e DBO não esperados nas coletas efetuadas em Chácara. O córrego Campo Alegre tem sua nascente localizada próxima ao loteamento Parque São Gabriel e é receptor de sua rede de captação pluvial. Sua foz no rio Uberabinha localiza-se cerca de 350 m a montante da Ponte do Arame. Localizada aproximadamente a 4,6 km a jusante da BR-050, a Ponte do Arame foi escolhida por sua acessibilidade e devido à sua proximidade ideal em relação ao lançamento do córrego Campo Alegre.

Duas formas de coleta foram utilizadas, de acordo com as possibilidades oferecidas pelo local: a) coleta com uso de barco; e b) coletas efetuadas a partir da margem ou de ponte/passarela.

PARTE DA BACIA DO RIO UBERABINHA - 2000

Localização dos Pontos de Coleta

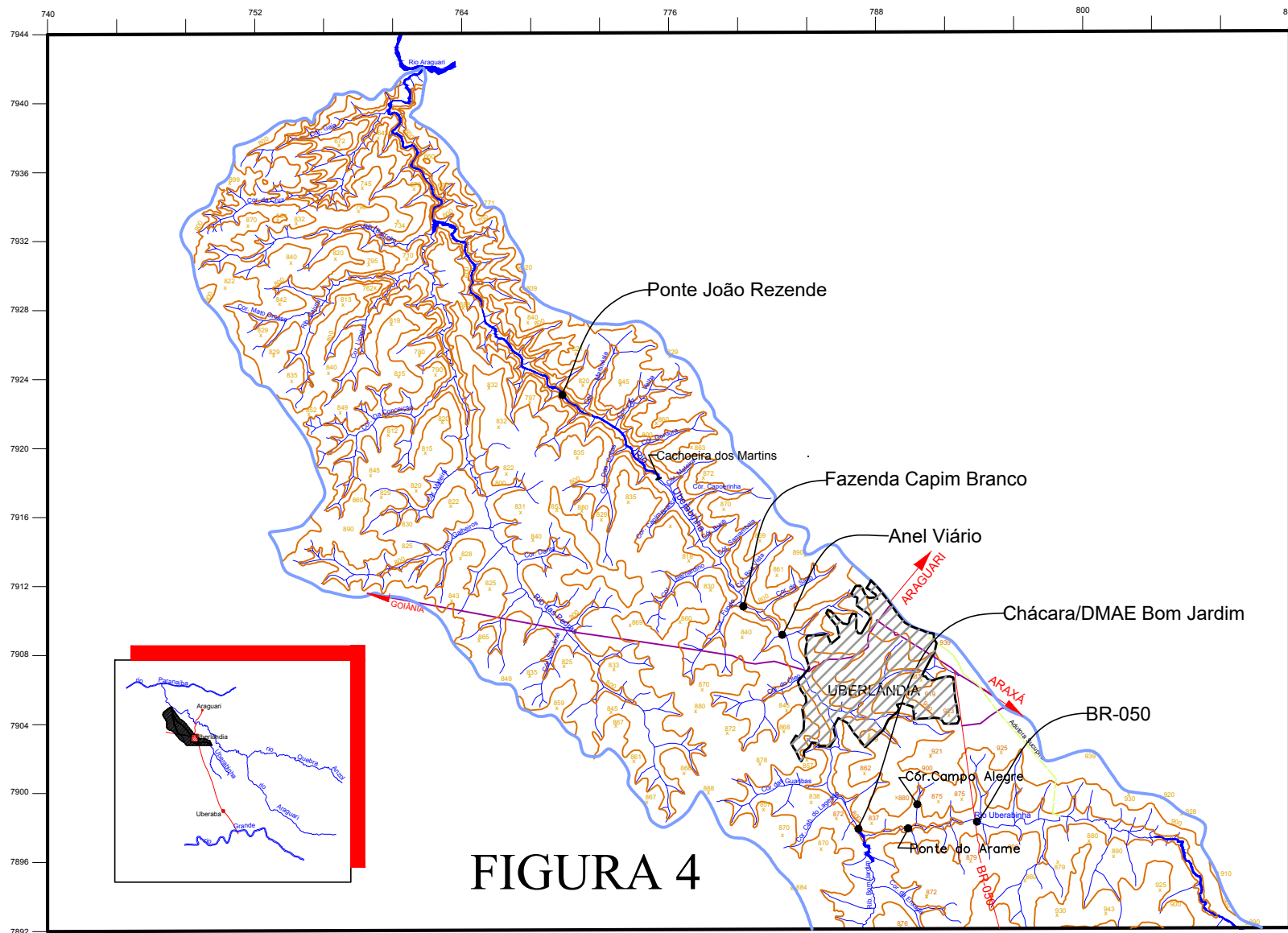


FIGURA 4

LEGENDA

- Drenagem
- Curvas de Nível
- Cota Altimétrica
- Área Urbana
- Rodovia
- Adutora DMAE
- Limite da Bacia

NM NG
Dec. Magnética (1984) = $-16^{\circ}08'$
Variação Anual = $-0^{\circ}06'58''$

EQÜIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 50 m

Projeção universal transversa de Mercator. Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 45° W.Gr., acrescidas, respectivamente, de 10.000 km e 500 km.

Datum vertical: Imbituba - SC
Datum horizontal: SAD-69

ESCALA



1: 240.000



FOTO 1– Coleta de amostra sendo efetuada de estrutura construída (ponte)



FOTO 2 – Coleta de amostra sendo efetuada de barco

4.1.1 – Coleta com uso de embarcação

Na coleta com uso de barco (BR-050 e Ponte João Rezende), o mesmo foi fixado a uma corda amarrada em ambas as margens, transversalmente ao curso. Percorrendo a seção de uma margem a outra, foi efetuada a coleta das amostras, além da determinação de vazão. Quando não se efetuavam medidas de vazão, a coleta era feita da margem. Os pontos de coleta embarcada, na seção, foram localizados seguindo-se o critério recomendado pela norma *NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores* da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1987a), mostrados na FIGURA a seguir:

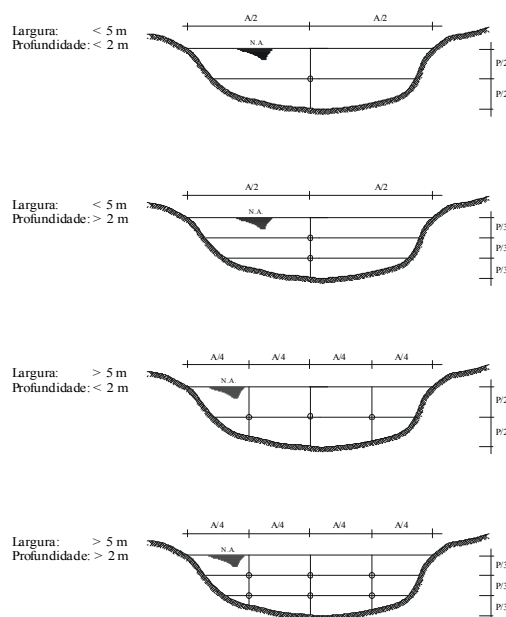


FIGURA 5 – Localização dos pontos de amostragem na seção de um curso d'água, de acordo com sua largura e profundidade.

4.1.2 – Coleta a partir da margem ou de estruturas construídas

Devido à limitação da capacidade de mobilização do equipamento, as amostras foram também coletadas a partir da margem (Chácara e Fazenda Capim Branco –e BR-050 em oportunidade que não se mediu a vazão) ou de cima de pontes ou passarelas (DMAE Bom Jardim e Anel Viário –e Ponte João Rezende, quando não se mediu a vazão). A limitação referida relaciona-se à dificuldade de obtenção de equipamento adequado, como barco motorizado e veículo de tração, além da pouca disponibilidade de locais com configuração de margem adequada ao lançamento da embarcação na água, nas proximidades do local de coleta. Por outro lado, devido à alta concentração do esgoto a jusante do lançamento da cidade, torna-se impossível a navegação nesse trecho sem a proteção de vestimentas especiais, devido ao risco associado ao contato direto com as águas poluídas.

Nas coletas, o amostrador foi lançado com lastro de cerca de 13 kg, de maneira que o bocal dos tubos de coleta ficasse a uma profundidade entre 30 e 50 cm da superfície.

Para cada local de amostragem, procurou-se efetuar pelo menos duas coletas para compor a amostra.

4.2 – Análises de campo

As medidas de pH e temperatura foram efetuadas imediatamente após a coleta, utilizando-se parte da água do coletor de 2 litros (amostras para DBO). A determinação do oxigênio dissolvido foi procedida utilizando-se água coletada no frasco de 600 mL.

O pH foi determinado utilizando-se um aparelho marca RADELKIS com eletrodo combinado universal, modelo OK-104, analógico, com divisão de escala de 0,1 unidade. A calibração foi efetuada antes da primeira leitura da primeira coleta do dia, utilizando-se soluções padrão de pH = 4,0 e pH = 7,0. As determinações de temperatura foram efetuadas por meio de termômetros de bulbo de mercúrio, com escala de -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$, com fundo de escala de $0,5^{\circ}\text{C}$.



FOTO 3 – Titulação da amostra para determinação do OD em campo



FOTO 4 – Determinação do pH da amostra

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método iodométrico de Winkler modificado pela azida. A amostra foi agitada manualmente durante a titulação, que foi efetuada com uso de microbureta marca METROHM Herisau, modelo E458, com escala de 0,02 mL.

As normas utilizadas como referência para a realização das determinações foram:

- *NBR 9251/86 – Águas – Determinação de pH – Método eletrométrico;*
- *NBR 10559/88 – Águas – Determinação de oxigênio dissolvido – Método iodométrico de Winkler e suas modificações.*

O resultado final dos parâmetros relativos à amostra é a média aritmética dos valores obtidos nas determinações referentes ao ponto de amostragem, com arredondamento para uma casa decimal.

4.3 – Identificação das amostras

Os frascos contendo amostras para a realização de análise de DBO foram identificados com as informações de numeração da amostra, do local, data e hora da coleta e acondicionados em caixa conservadora térmica contendo gelo. Em uma folha à parte, além das informações anotadas nos frascos, foram registradas ainda os dados obtidos de pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e de temperatura do ar e condições do tempo.

4.4 – Análises de laboratório

As determinações em laboratório foram efetuadas dentro do prazo de oito horas subsequentes à coleta.

Para a determinação da diluição a ser adotada para a análise de DBO, efetuou-se previamente uma análise de DQO de cada amostra. Os procedimentos de análise laboratorial seguiram o roteiro descrito pela ABNT de acordo com os métodos de ensaio:

- *NBR 12614/92 – Água – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Método de incubação (20° C, cinco dias).*
- *NBR 10357/88 – Águas – Determinação da demanda química de oxigênio (DQO). Método de refluxo aberto, refluxo fechado – titulométrico e refluxo fechado – colorimétrico*

O resultado final dos parâmetros relativos à amostra é a média aritmética dos valores obtidos nas determinações referentes ao ponto de amostragem, com arredondamento para uma casa decimal.

4.5 – Medidas de vazão

A vazão foi verificada em dois pontos de coleta: na BR-050 e na Ponte João Rezende.

O método da integração do diagrama de velocidades descrito em Barth (1987) é um dos diversos métodos utilizados na medição direta de vazão, sendo usado quase que exclusivamente na hidrometria de rios naturais.

Para o emprego desse método foi necessária a determinação da velocidade em pontos da seção transversal. Isto foi realizado com auxílio de uma embarcação fixada a uma corda amarrada em ambas as margens. Definiu-se uma série de linhas verticais na seção de estudo e mediram-se as velocidades a 20% e a 80% de profundidade em cada vertical.

TABELA 4 – Distância recomendada entre verticais

largura do rio (m)	distância entre verticais (m)
menor ou igual a 3,00	0,30
3,00 ~ 6,00	0,50
6,00 ~ 15,00	1,00
15,00 ~ 50,00	2,00

FONTE: BARTH, 1987.

Determinou-se a velocidade média de cada vertical: $V_m = (V_{0,2} + V_{0,8})/2$. 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, forneceu a vazão parcial q_i de cada vertical. A somatória das vazões parciais resultou na vazão total na seção transversal em estudo. Os resultados estão expressos com arredondamento para duas casas decimais.

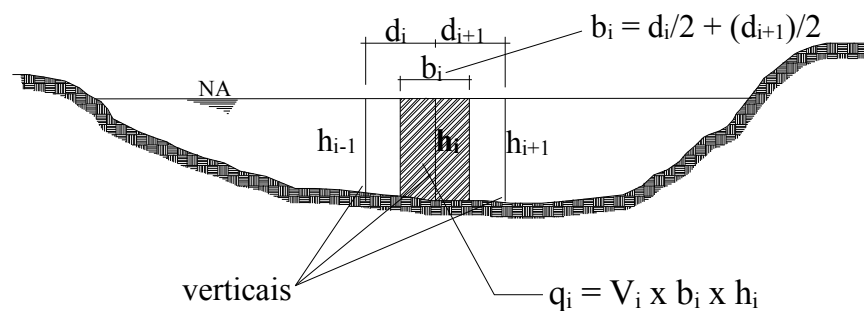


FIGURA 6 – Áreas de influência para se determinar a vazão na seção transversal de um curso d'água

Esse procedimento aplica-se a cursos com altura de lâmina d'água $h > 0,60\text{m}$. Para rios com profundidade menor que $0,60\text{ m}$ basta uma medida em cada vertical, a 60% de profundidade.

4.5.1 – Equipamento

O molinete hidrométrico – conhecido também como molinete fluviométrico – que foi utilizado para medir a velocidade da água nas seções de estudo, consiste numa hélice calibrada ligada a um eixo de rotação que aciona, por meio de uma rosca sem-fim, o comando de um contato elétrico que, por sua vez, aciona uma campainha, ou um contador de rotações. Cada molinete possui uma curva de calibração específica, expressa na fórmula de cálculo da velocidade.

O equipamento utilizado nos trabalhos de campo é um modelo MLN-5, fabricado pela Hidrologia S.A., com hélice de plástico e cuja equação é:

$$V = 0,249M + 0,00218$$

Onde:

V = velocidade em metros/segundo

M = número de rotações da hélice por segundo.



FOTO 5 – Medida de vazão com molinete



FOTO 6 – Detalhe da localização e do controle da profundidade do molinete

4.6 – Trabalhos cartográficos

Os dados cartográficos necessários para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidos de uma base cartográfica na escala 1:100.000 digitalizada a partir de cartas do IBGE, folhas Nova Ponte SE-23-Y-C-I (1972), Miraporanga SE-22-Z-D-III (1970), Uberlândia SE-22-Z-B-VI-MI-2451 (1984) e Tupaciguara SE-22-Z-B-V (1976) e utilizando-se as ferramentas do AutoCAD 2000, software da Autodesk. Para o cálculo das características morfométricas, ativou-se no programa a layer de interesse, congelando-se as demais. Desse maneira foi possível se determinar todas as dimensões lineares e de superfície necessárias.

5 – RESULTADOS

5.1 – Parâmetros físico-químicos da água

Os resultados das análises realizadas nas amostras de água estão representados na TABELA a seguir:

TABELA 5 – Parâmetros de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio do rio Uberabinha

Local da coleta	Data da coleta	pH	Temp. da água (°C)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)
BR-050	02/06/99	6,0	19,8	7,8	18,0
	21/07/99	5,1	21,0	4,3	8,5
	29/09/99 ⁽¹⁾	4,9	26,0	4,7	27,5
	08/10/99 (1)	5,8	24,0	3,6	27,5
	08/10/99	5,5	24,5	3,7	31,0
	28/02/00	5,6	24,0	6,6	9,0
	28/02/00 (2)	5,6	24,0	6,7	10,4

TABELA 5 – Parâmetros de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio do rio Uberabinha
(Continuação)

Local da coleta	Data da coleta	pH	Temp. da água (OC)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)
BR-050	20/03/00	5,8	26,0	6,9	9,0
	03/05/00	4,7	22,0	7,2	14,6
	03/05/00 ⁽²⁾	4,7	22,0	8,7	14,8
	15/05/00	5,7	21,0	7,9	11,0
Chácara	24/06/99	5,7	19,5	4,3	9,0
	21/07/99	6,8	22,0	4,3	8,0
	29/09/99	5,4	24,0	3,9	52,5
DMAE-Bom Jd.	03/05/00	4,8	23,5	8,3	18,1
	17/05/00	5,6	21,5	8,1	14,0
Anel Viár.	02/06/99	5,9	20,0	4,0	60,4
	25/06/99	6,3	20,5	1,6	20,0
	21/07/99	6,2	22,0	0,3	72,6
	29/09/99	5,6	26,8	0,4	130,0
	20/03/00	6,0	25,7	6,3	11,5
	04/05/00	6,1	24,0	6,3	31,9
	17/05/00	5,9	21,0	4,3	45,6
Faz. Ca. Br.	02/06/99	5,9	22,3	2,0	111,0
	22/07/99	6,0	21,5	1,7	69,5
	29/09/99	5,8	25,5	0,9	110,5
	04/05/00	5,6	24,0	7,0	45,0

TABELA 5 – Parâmetros de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio do rio Uberabinha
(Continuação)

Pte. J. Rez.	02/06/99	5,6	22,0	3,1	70,4
	26/06/99	5,9	20,0	5,1	20,5
	21/07/99	5,9	22,0	2,3	24,2
	30/09/99	6,0	25,7	2,1	74,3
	20/03/00	5,6	26,0	6,7	10,4
	05/05/00	5,6	24,5	6,2	23,6
cór. Ca. Alegre	03/05/00	-	-	-	66,4
	15/05/00	6,1	24,0	1,7	81,0
Pte. Arame	03/05/00	5,6	23,0	8,0	15,0
	15/05/00	5,5	21,5	7,9	12,5

(1) Coleta efetuada cerca de 300 m a montante do ponto original na BR-050

(2) Coleta efetuada cerca de 300 m a jusante do ponto original na BR-050

As coletas abrangem um ciclo completo de estações, iniciando em junho de 1999 e terminando em maio de 2000, em pleno período de secas.

Na BR-050 foram efetuadas coletas a aproximadamente 300 m a montante do ponto original porque nas datas das coletas (29/09 e 08/10 de 1999), havia um acampamento de Sem-Terras com cerca de uma dezena de barracos ocupando a margem direita do rio, na seção de amostragem. Os dados considerados válidos para a seção são os desta amostra.

Foram também efetuadas coletas em duas datas (28/02 e 03/05 de 2000), a aproximadamente 300 m a jusante do ponto original, com o objetivo de verificar se o Frigorífico Real, localizado na vertente à direita, proximamente ao local de coleta, estaria efetuando lançamento de seus efluentes no Uberabinha. O objetivo era de tentar identificar a(s) fonte(s) de possíveis lançamentos que justificassem os teores de OD e de DBO

observados em Chácara. As coletas efetuadas em córrego Campo Alegre e Ponte do Arame em maio de 2000 têm também esse propósito.

5.2 – Medidas de vazão

As medidas de vazão foram efetuadas procurando espaçar as observações ao longo do período pesquisado. Foram efetuadas quatro verificações no ponto BR-050 e três em Ponte João Rezende, cujos resultados constam da TABELA a seguir.

TABELA 6 – Vazão do rio Uberabinha, medida na BR-050 e na Ponte João Rezende

Local da medida	Data da medida	Vazão (m ³ /s)
BR-050	02/06/99	5,78
	08/10/99	5,08
	28/02/00	14,64
	03/05/00	12,57
Pte. J. Rez.	26/06/99	14,59
	30/09/99	11,02
	05/05/00	27,60

A medida de vazão caracteriza bem o período de cheia e de seca. A vazão variou de 5,08 m³/s em outubro/99 a 14,64 m³/s em fevereiro/00, no ponto de observação da BR-050.

Em Ponte João Rezende, a vazão oscilou entre 11,02 m³/s e 27,60 m³/s, respectivamente, de setembro/99 a maio/00.

5.3 – Características morfométricas da bacia

Foram determinadas algumas características morfométricas da bacia do rio Uberabinha, com o intuito de auxiliar na compreensão dos fenômenos hidrológicos que ocorrem nesse espaço. Os resultados constam da TABELA a seguir:

TABELA 7 – Características físicas da bacia do rio Uberabinha

Dados morfométricos da bacia		Parâmetros de cálculo
Área da bacia	$A = 2190 \text{ km}^2$	
Perímetro da bacia	$P = 302 \text{ km}$	
Coef. de compacidade	$K_c = 1,82$	$P = 302 \text{ km}; A = 2190 \text{ km}^2$
Fator de forma	$K_f = 0,16$	$L = 116,71 \text{ km}$
Relação de relevo	$R_r = 0,0041 \text{ km/km}$	Gradiente = 478 km
Densidade de drenagem	$D_d = 0,76 \text{ km/km}^2$	$L_{\text{drenag.}} = 1657,3 \text{ km}$
Ordem do rio	5ª-ordem	—
Compr. do curso principal	149,8 km	

5.4 – Apresentação dos Dados Estatísticos

TABELA 8 – Parâmetros estatísticos de pH

	Nº de dados	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Jun./99 ^A	4	5,838	5,6	6,0	0,028958	0,170171
Jun./99B	3	5,967	5,7	6,3	0,093333	0,305505
Jul./99	5	6,000	5,1	6,8	0,375000	0,612372
Set./99	5	5,540	4,9	6,0	0,178000	0,421900
Mar./00	3	5,800	5,6	6,0	0,040000	0,200000
Maio/00 ^A	4	5,300	4,7	6,1	0,446667	0,668331
Maio/00B	3	5,733	5,6	5,9	0,023333	0,152753

TABELA 9 – Parâmetros estatísticos de temperatura

	Nº de dados	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Jun./99A	4	21,025	19,8	22,3	1,709167	1,307351
Jun./99B	3	20,000	19,5	20,5	0,250000	0,500000
Jul./99	5	21,700	21,0	22,0	0,200000	0,447214
Set./99	5	25,600	24,0	26,8	1,045000	1,022252
Mar./00	3	25,900	25,7	26,0	0,030000	0,173205
Maio/00A	5	23,600	22,0	24,5	0,925000	0,961769
Maio/00B	3	21,167	21,0	21,5	0,083333	0,288675

TABELA 10 – Parâmetros estatísticos de OD

N	Nº de dados	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Jun./99 ^A	4	4,225	2,0	7,8	6,349167	2,519755
Jun./99B	3	3,667	1,6	5,1	3,363333	1,833939
Jul./99	5	2,580	0,3	4,3	2,992000	1,729740
Set./99	5	2,400	0,4	4,7	3,470000	1,862794
Mar./00	3	6,633	6,3	6,9	0,093333	0,305505
Maio/00 ^A	4	7,200	6,3	8,3	0,686667	0,828654
Maio/00B	3	6,767	4,3	8,1	4,573333	2,138535

TABELA 11 – Parâmetros estatísticos de DBO

	Nº de dados	Média	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
Jun./99A	4	64,950	18,0	111,0	1458,437	38,18948
Jun./99B	3	16,500	9,0	20,5	42,250	6,50000
Jul./99	5	36,560	8,0	72,6	1034,933	32,17037
Set./99	5	78,960	27,5	130,0	1742,458	41,74276
Mar./00	3	10,300	9,0	11,5	1,570	1,25300
Maio/00A	4	27,400	14,6	45,0	193,447	13,90851
Maio/00B	3	23,533	11,0	45,6	367,453	19,16907

Nas páginas seguintes são apresentados os gráficos nas FIGURAS de 7 a 13 que representam a variação espacial dos parâmetros analisados, isto é, como todos os parâmetros

se comportam ao longo das estações de coleta, em cada campanha de coleta. Permitem visualizar como, num dado instante, qualquer dos parâmetros estudados varia ao longo do rio.

As FIGURAS de 14 a 17 contêm os gráficos da variação temporal dos parâmetros. Permitem visualizar mais o comportamento desses parâmetros no decurso do período abrangido pela coleta simultaneamente em todas as estações de coleta.

A TABELA 12 contém dados parciais de temperatura do ar e de precipitação, obtidos no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia, abrangendo, pelo menos, os meses de coleta.

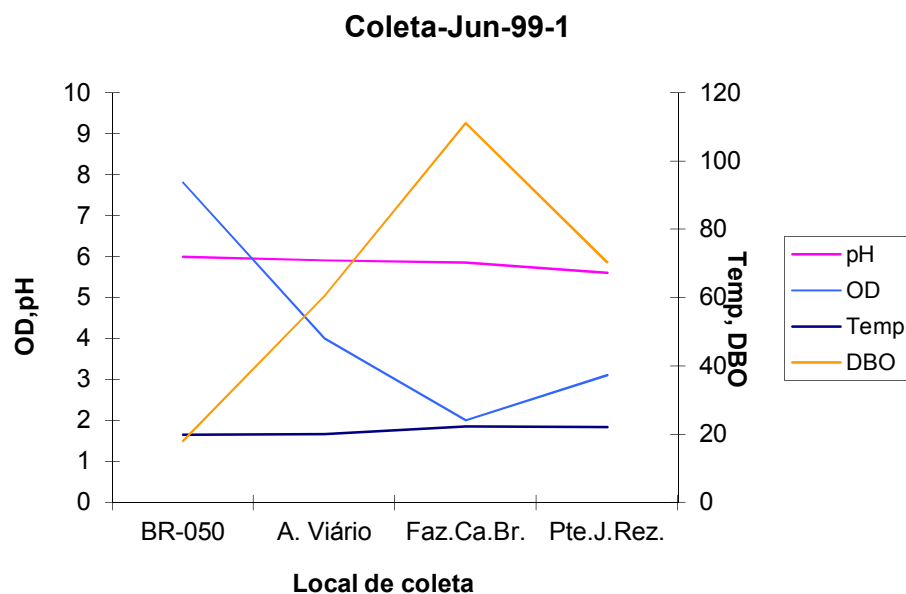


FIGURA 7 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de junho de 1999-1

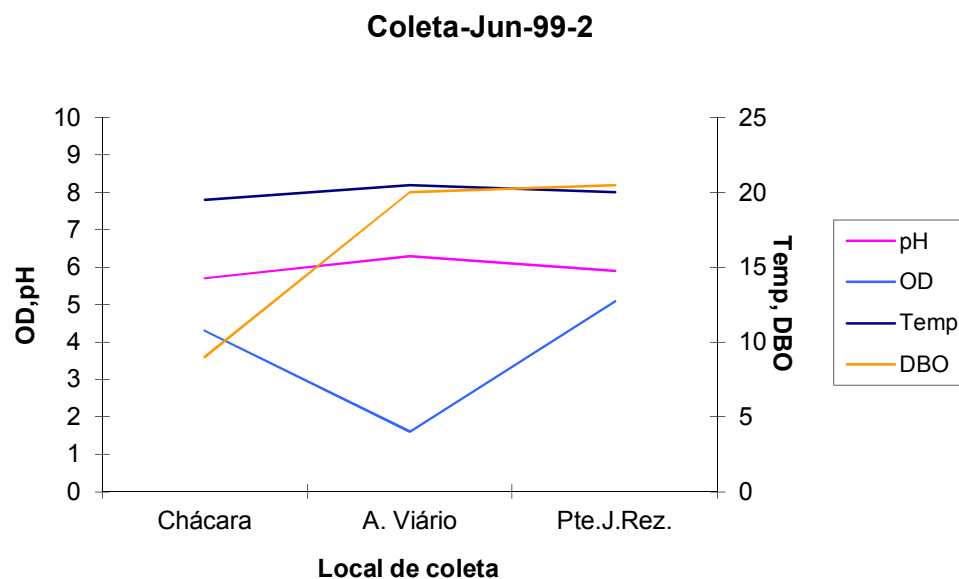


FIGURA 8 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de junho de 1999-2

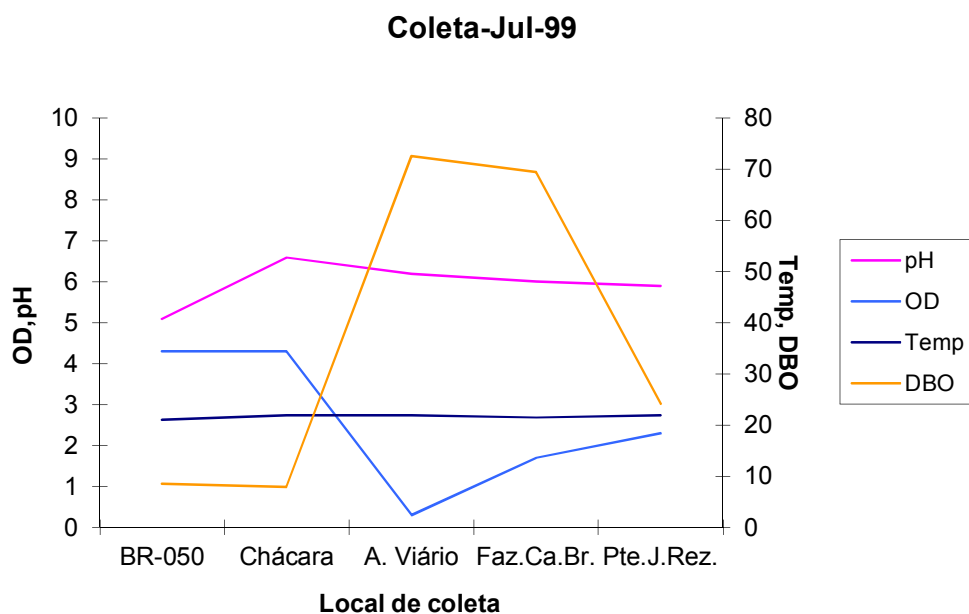


FIGURA 9 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de julho de 1999

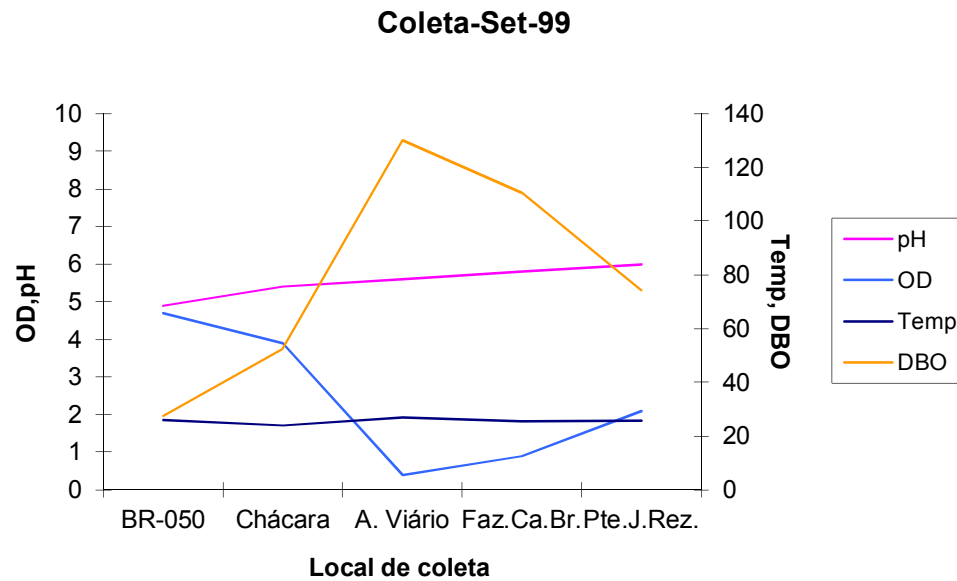


FIGURA 10 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de setembro de 1999

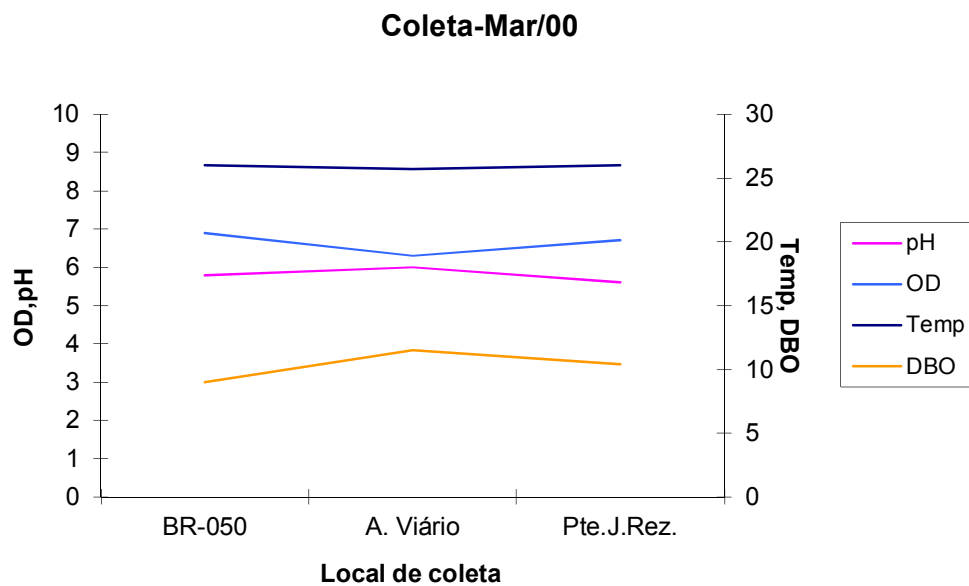


FIGURA 11 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de março de 2000

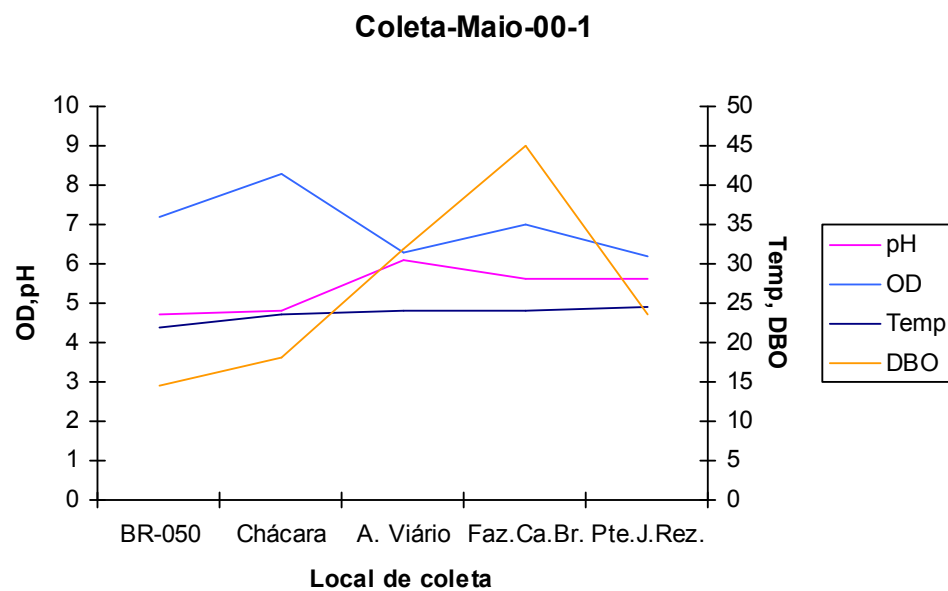


FIGURA 12 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de maio de 2000-1

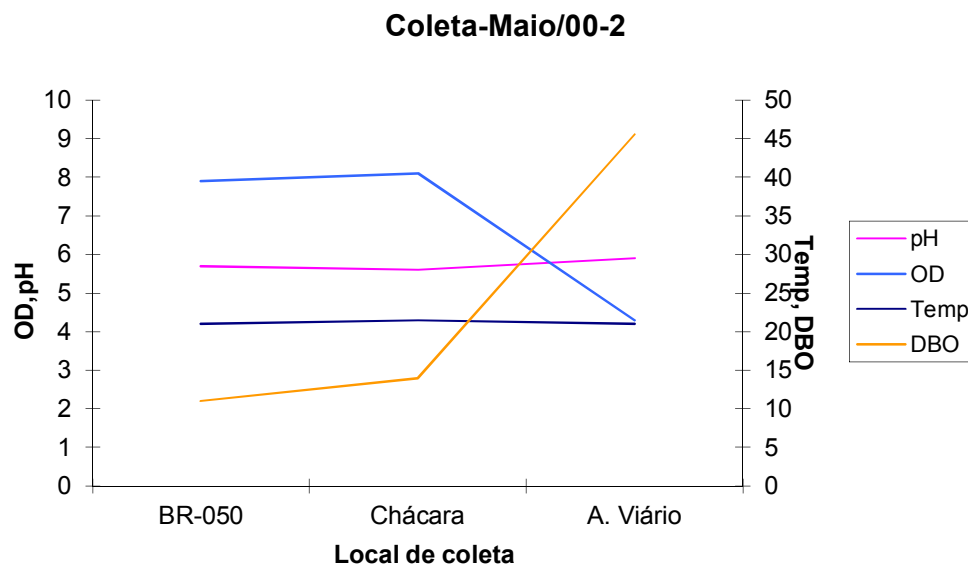


FIGURA 13 – Gráfico de variação espacial de pH, temperatura, OD e BDO relativo à campanha de coleta de maio de 2000-2

TABELA 12 – Temperatura do ar e precipitação parciais de 1999 e 2000 – Estação Climatológica da UFU

	Temperatura do Ar			Precipitação	
	Média Mensal	Extremas		Total Mensal	Máxima em 24 horas
		Máxima	Mínima		
Fev./99	24,8	34,0	18,0	185,1	44,0
Mar./99	23,9	34,0	17,5	184,7	42,4
Maio/99	20,0	30,0	6,0	9,2	9,2
Jun./99	20,8	31,0	8,3	8,8	8,8
Jul./99	21,3	32,0	13,4	0,0	0,0
Set./99	23,4	34,5	12,9	69,7	19,6
Out./99	24,5	35,0	11,2	45,8	26,2
Fev./00	24,0	31,8	19,0	288,0	40,6
Mar./00	23,3	31,4	18,4	532,6	90,8
Abr./00	23,0	31,2	11,8	72,8	47,2
Maio/00	21,1	29,4	9,3	0,0	0,0

FONTE: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos/IGEO-UFU

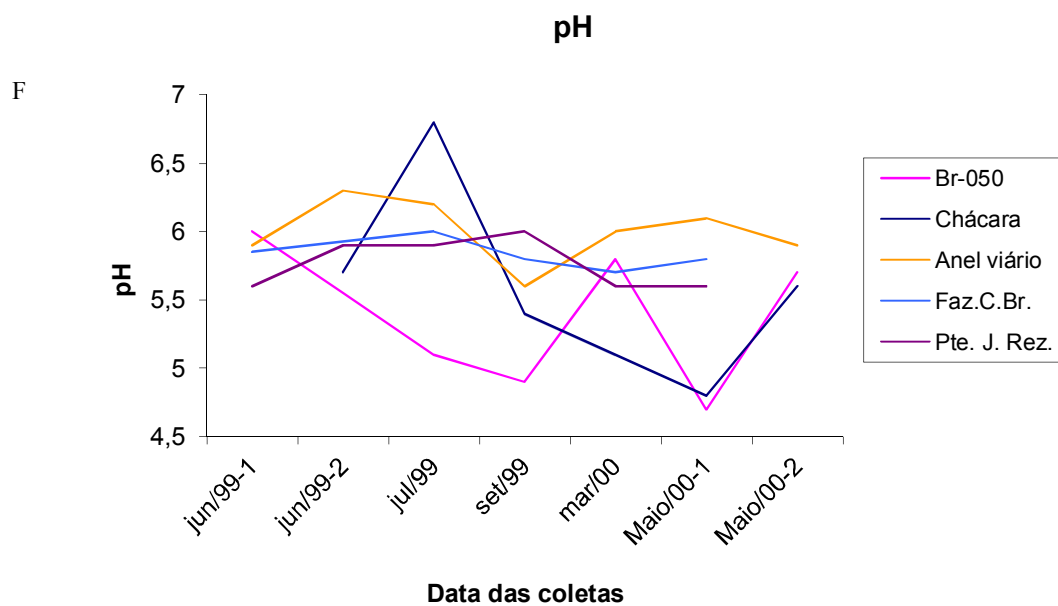


FIGURA 14 – Gráfico de variação temporal de pH, em todas as estações de coleta

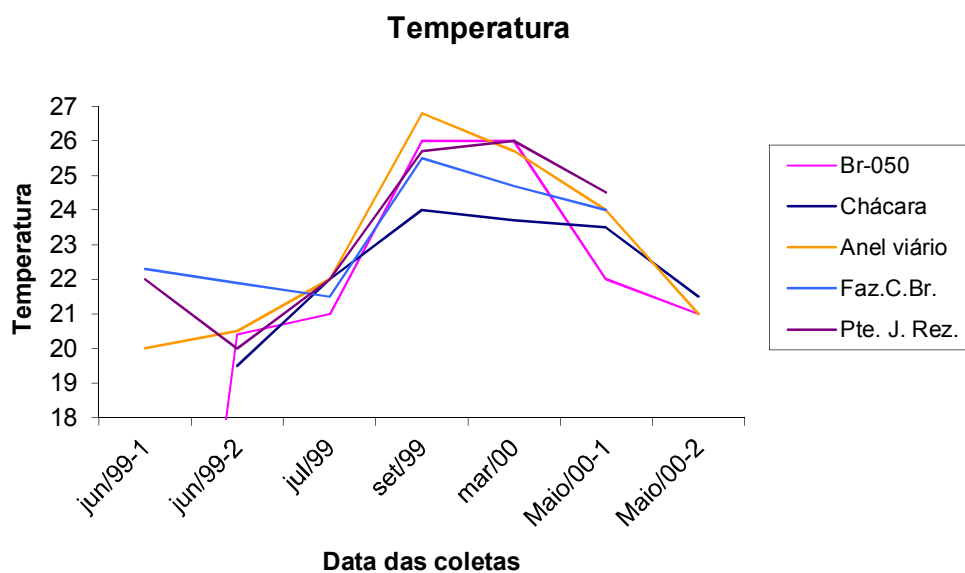


FIGURA 15 – Gráfico de variação temporal de temperatura, em todas as estações de coleta

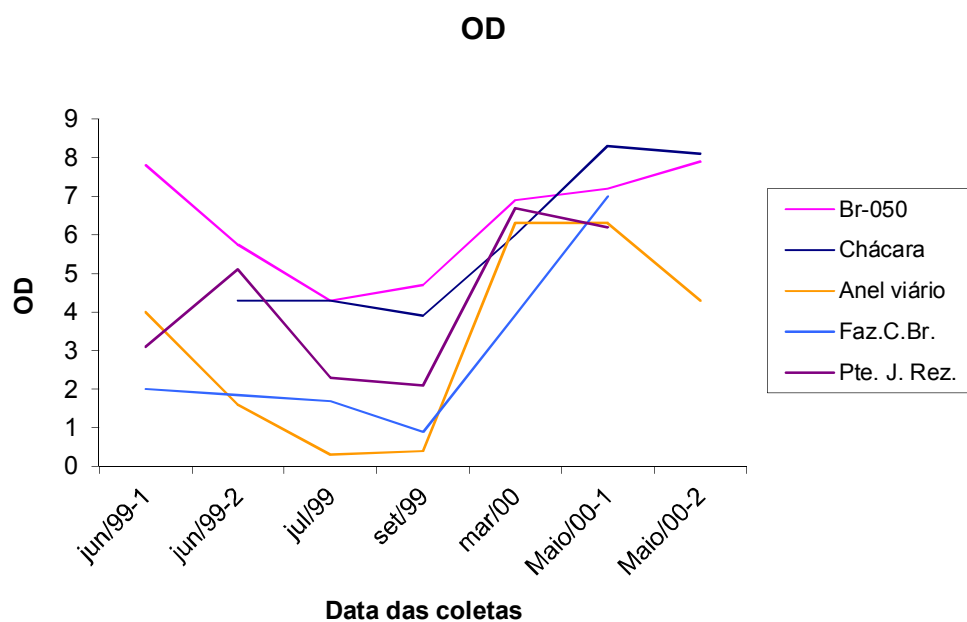


FIGURA 16 – Gráfico de variação temporal de OD, em todas as estações de coleta.

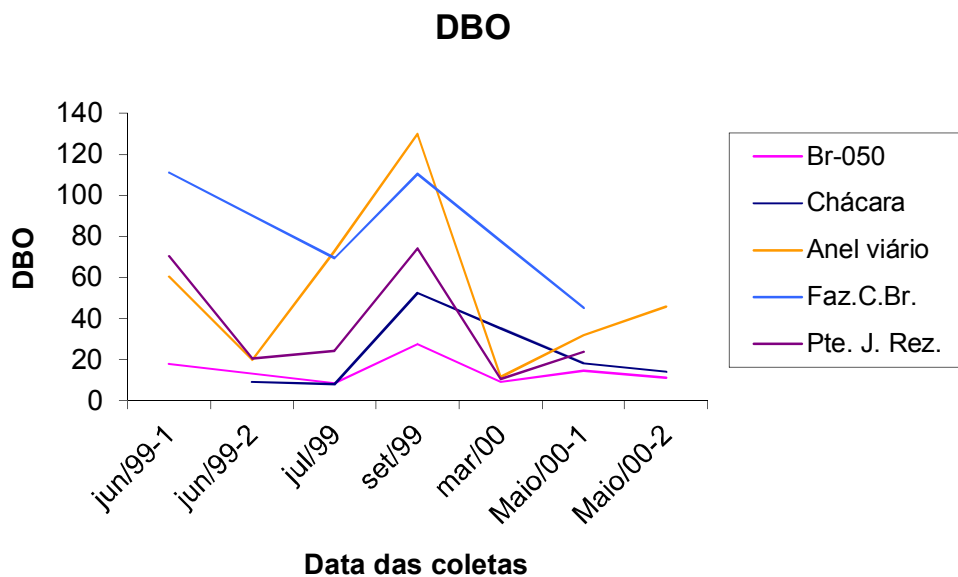


FIGURA 17 – Gráfico de variação temporal de DBO, em todas as estações de coleta

6 – DISCUSSÃO

6.1 – Parâmetros físico-químicos

Os valores de pH apontam para uma água levemente ácida, com médias temporais variando de 5,36 a 6,00 e mínimo *minimorum* de 4,7 (BR-050), a máximo *maximorum* de 6,8 (Chácara) em observações de 03/04 de maio de 2000 e de julho de 1999, respectivamente. Há uma certa constância dos valores observados em cada campanha de coleta, ao longo de toda a pesquisa, denotada pelos valores do desvio padrão calculado para o conjunto de dados de cada campanha, sendo o maior valor do desvio padrão –de 0,668– aquele correspondente às coletas de 3 e 4 de maio/00. (FIGURAS 7 a 13 e TABELA 8).

Entretanto, ao se analisar a variação desse parâmetro ao longo do período de coleta (FIGURA 14), nota-se que enquanto o pH das estações Anel Viário, Fazenda Capim Branco e Ponte João Rezende permanecem em torno do valor 6 ± 1 , na BR-050 e Chácara/DMAE-Bom Jardim, há uma oscilação maior (4,7 a 6,0 na BR-050 e 4,8 a 6,8 em Chácara/DMAE-Bom Jardim). Essa relativa estabilização do pH ocorre justamente após a descarga de esgotos da cidade, levando a supor-se que exista uma correlação entre esse lançamento e um efeito de tamponamento do curso. De fato, Branco (1986) descreve essa situação do efeito tampão da

mistura ácido carbônico-carbonato sobretudo em águas carbonatadas, em que o pH é determinado pela relação entre os íons H^+ da dissociação do H_2CO_3 e os íons OH^- da hidrólise dos bicarbonatos. O ácido carbônico envolvido na dissociação seria formado a partir do gás carbônico, em reação com a água, que por sua vez teria origem no ar atmosférico, no húmus resultante da decomposição da matéria orgânica do solo e na atividade metabólica dos organismos heterotróficos, ao oxidarem a matéria orgânica presente no efluente. Essa hipótese não foi verificada, podendo vir a compor o escopo de um trabalho posterior que busque confirmá-la.

A temperatura da água tem uma variação bem definida pela variação sazonal (FIGURA 15), acompanhando também a variação da temperatura do ar. Apresenta uma oscilação muito pequena quando analisada espacialmente; a maior variância se verifica em jun/99-1, com mínima de 19,8 e máxima de 22,3 (FIGURAS 7 a 13 e TABELA 9).

A temperatura da água interfere diretamente na capacidade de dissolução do oxigênio na água: uma amostra de água a 20 °C, ao nível do mar conterá 9,08 mg/L de O_2 . Reduzindo-se a temperatura dessa amostra para 5 °C, esse teor passará para 12,77 mg/L (BRANCO, 1986). É sabido também que a energia sob a forma de calor é um importante regulador dos processos vitais (VOLLERTSEN; ALMEIDA; HVITVED-JACOBSEN, 1999). A lei de Van't Hoff postula que sempre que a temperatura é elevada de 10 °C, as reações químicas têm sua velocidade aumentada de 2 ou 3 vezes (BRANCO, op. cit.). Se por um lado a elevação da temperatura atua positivamente nos processos de degradação biológica da matéria orgânica e na reprodução de algas fotossintetizantes, por outro, ao reduzir dissolução de O_2 na massa hídrica, passa a ser um fator prejudicial, demandando um suprimento mais efetivo de oxigênio do que em condições de menor temperatura.

A variação espacial dos teores de OD e DBO se mostram coerentes, ocorrendo uma elevação de DBO para cada depressão de OD na amostra correspondente. Apenas na coleta de maio/00-1 não se observa essa correspondência exata (FIGURA 12); no entanto, a curva de variação mostra-se coerente, com a elevação da DBO nas estações Anel Viário e Fazenda Capim Branco e redução na Ponte João Rezende, com o teor de OD se reduzindo a partir da contribuição dos esgotos, em relação à montante da cidade.

Cotejando-se os gráficos de variação temporal de OD e DBO (FIGURAS 16 e 17, respectivamente), percebe-se também esse tipo de correspondência, porém com uma discrepância na(s) amostra(s) de jun/99-1 e jun/99-2 do Anel Viário e da BR-050 (ver também FIGURAS 18 e 20).

A variação dos parâmetros de OD e DBO também é bastante afetada pela sazonalidade (v. TABELA 12), quando nos períodos de seca a vazão se reduz para até 1/3 da vazão de cheia na BR-050 e para relação 1:2 na Ponte João Rezende, entre junho/99 e maio/00.

O teor de oxigênio dissolvido, de acordo com o gráfico de variação temporal da FIGURA 16, sofre uma redução de julho/setembro, crescendo nos meses de cheia.

Observando-se o gráfico da FIGURA 15, de variação temporal da temperatura, observa-se um comportamento bem definido desse parâmetro em todas as estações de coleta. De setembro a março/maio as temperaturas observadas são mais elevadas, em torno de 25°C, enquanto que em junho/julho de 1999 elas se situam em torno de 21 °C. Essa variação, no entanto parece não interferir significativamente no comportamento do OD (FIGURA 16).

Nesse caso, o fator que comanda o aumento do OD na massa d'água deve ser uma combinação entre efeito da vazão que proporciona melhor capacidade de diluição da demanda de oxigênio e da insolação mais intensa que atua diretamente na produção fotossintética de

oxigênio. Branco e Rocha (1977) e Branco (1986) citam a atividade fotossintética como um fator fundamental na reoxigenação. Ansa-Asare, Marr e Cresser (2000) relatam experimento acompanhando ciclo de variação de pH e OD em lago por até 160 horas, e constata um ciclo definido de variação diária. No caso do OD, foram testadas diferentes cargas orgânicas. Guazelli (1999) destaca, ainda, a troca atmosférica como responsável por cerca de 35% do OD na água.

Analisando-se os dados de DBO sob tratamento estatísticos básico, percebe-se que este apresenta uma dispersão de dados das amostras. As campanhas de jun/99-1, jul/99 e set/99 apresentam as maiores variâncias entre estações de coleta, justamente no período de baixa vazão do rio. Em outras palavras, confirma-se, como no teor de oxigênio dissolvido, o papel representado pela variação da vazão e da insolação no comportamento da demanda bioquímica de oxigênio, além do aumento da temperatura que promove uma maior atividade microbiana, atuando positivamente na degradação da matéria orgânica.

Os gráficos a seguir, mostrados nas FIGURAS 18 a 22, apresentam a variação temporal da DBO e do OD em cada estação de coleta. Aqui se pode visualizar melhor a análise feita acima, em relação aos dois parâmetros.

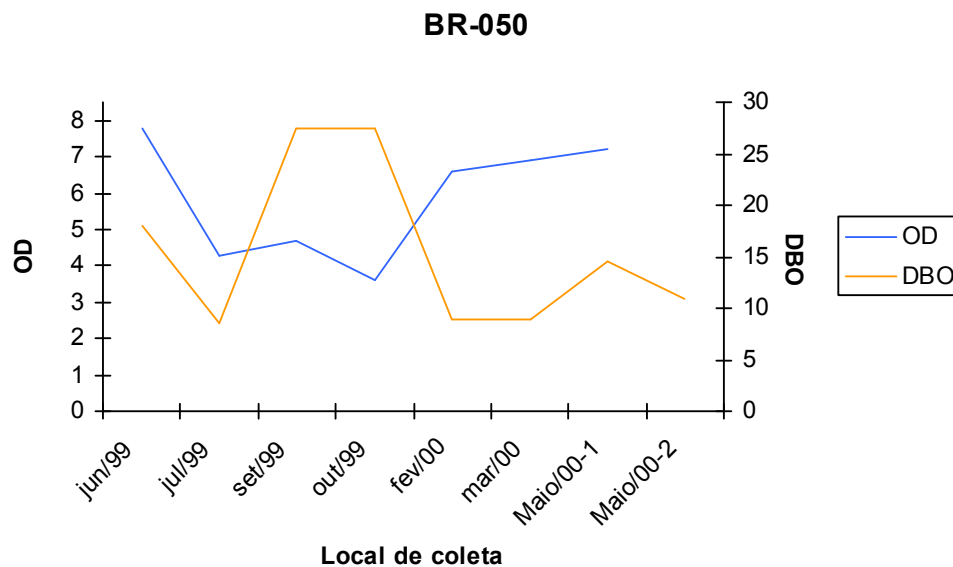


FIGURA 18 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta BR-050.

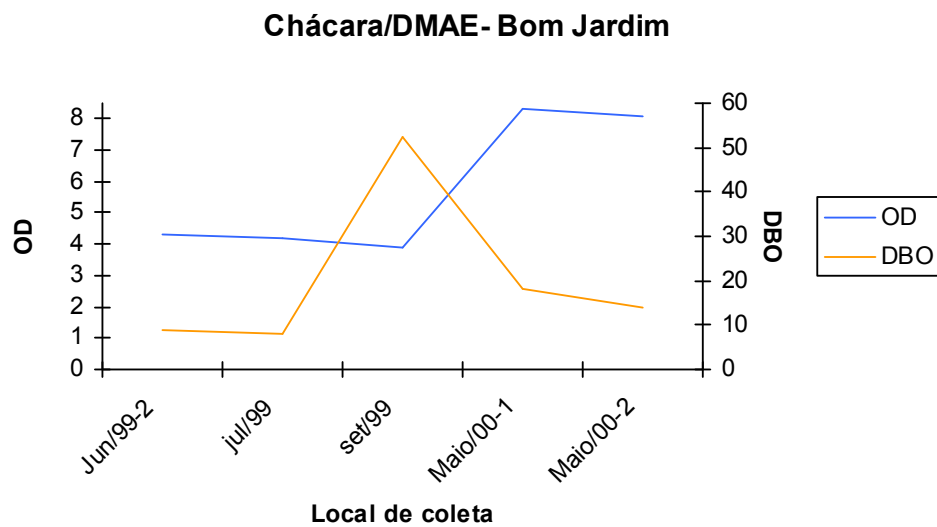


FIGURA 19 – Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Chácara/DMAE-Bom Jardim.

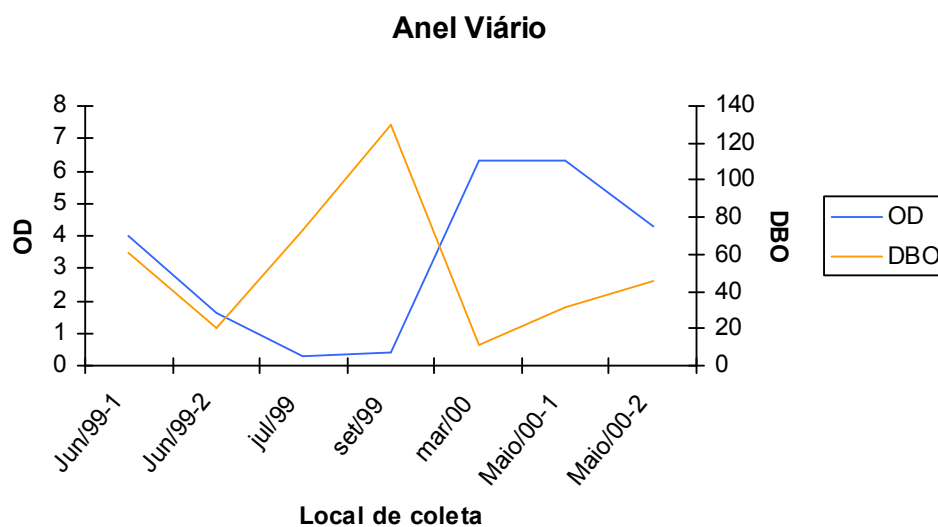


FIGURA 20 - Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta Anel Viário.

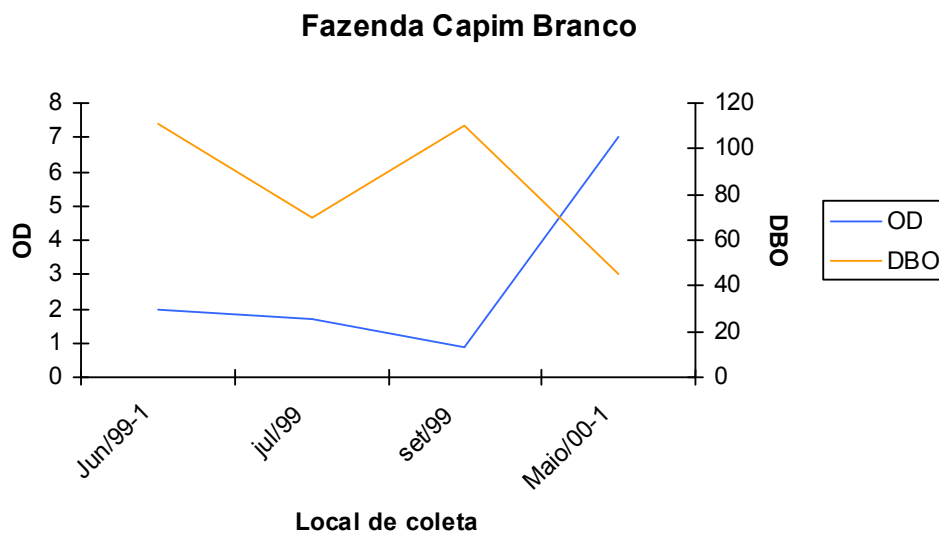


FIGURA 21 - Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta fazenda Capim Branco.

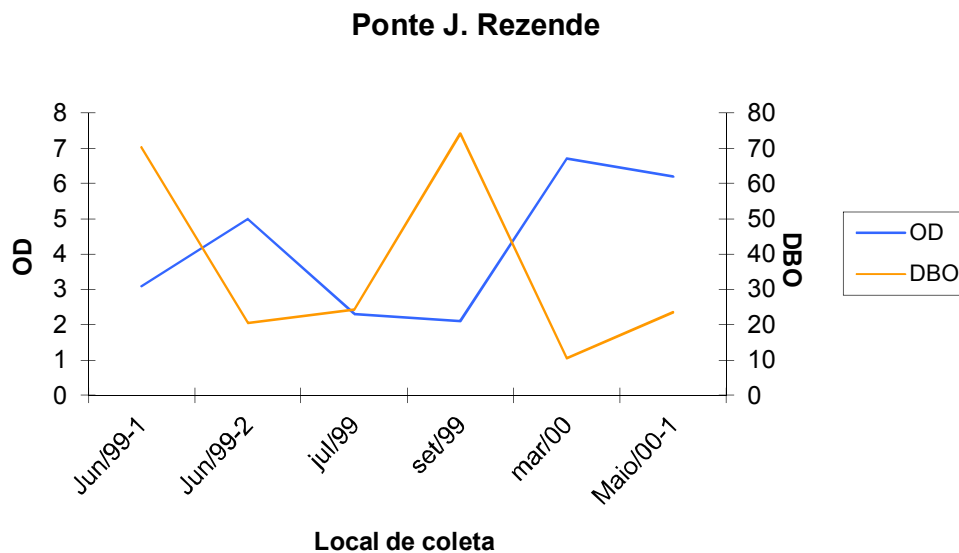


FIGURA 22 - Gráfico de variação temporal de OD e DBO na estação de coleta ponte José Rezende.

Os gráficos apresentados nas FIGURAS 7 a 13 mostram a variação da DBO e do OD ao longo do trecho estudado no rio. Pode-se constatar que:

- Ocorre uma elevação no teor de oxigênio dissolvido na água, de montante para jusante, a partir do lançamento do esgoto da cidade.
- Ocorre uma redução na DBO, de montante para jusante, a partir do lançamento do esgoto da cidade.

Como estaria se processando essa redução da DBO?

6.2 – Autodepuração ou diluição da carga orgânica?

Os dados apresentados nos gráficos das FIGURAS 7 a 13 mostram inequivocamente que o valor da DBO no rio Uberabinha sofre um aumento a partir do Anel Viário, quando praticamente toda a contribuição do esgoto da cidade já se encontra misturada às águas do rio, reduzindo-se até atingir a Ponte João Rezende, distante 20,5 km a jusante.

A questão que se coloca é se estaria ocorrendo um certo grau de autodepuração responsável pela depressão observada de DBO, ou simplesmente estaria ocorrendo uma diluição da carga orgânica, em decorrência do aumento da vazão proporcionado pelos tributários a jusante?

O rio Uberabinha, na área de estudo situa-se na unidade denominada de área de relevo intensamente dissecado. São freqüentes as corredeiras e quedas d'água decorrentes dos afloramentos do basalto da formação da Serra Geral e de rupturas de declives, que conferem à região situações de belezas cênica ímpares, com grande potencial de aproveitamento turístico, completamente inexplorado. Além disso, esse tipo de relevo contribui para a autodepuração dos cursos d'água. De acordo com Salati, Lemos e Salati (1999), poucos são os trabalhos que abordam detalhadamente e quantitativamente a autodepuração dos rios brasileiros, no que diz respeito tanto às cargas pontuais quanto difusas, efetuando um balanço de massa adequado.

A autodepuração é a denominação genérica de um processo natural de neutralização da matéria poluidora, através da degradação biológica.

A degradação biológica da matéria orgânica pode ser processada por duas categorias de microorganismos: aeróbios e anaeróbios. Eles obtêm a energia necessária para seus processos vitais através da oxidação de substâncias de estrutura complexa (matéria orgânica), portanto dotadas de muita energia potencial. Este fenômeno é também denominado respiração. Os primeiros consomem o oxigênio livre presente no meio nos processos de respiração. Os

segundos prescindem do oxigênio livre, utilizando o oxigênio combinado presente na própria matéria orgânica. No processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica, pode-se distinguir duas fases: a liquefação e a gaseificação. Na primeira fase, partículas relativamente grandes, sedimentáveis, através da hidrólise da matéria orgânica em suspensão, transformam-se em substâncias solúveis, ou pelo menos, em um estágio intermediário, finamente dividido. A celulose e o amido são transformados em formas solúveis de açúcares; as proteínas são decompostas em seus aminoácidos, enquanto que as gorduras permanecem inalteradas. Em consequência da metabolização da matéria pelas bactérias, depois de dissolvida e absorvida, há a formação de grande quantidade de ácidos, que em muitos casos podem ser responsáveis por rebaixamento do pH do meio (BRANCO, 1986).

De acordo com Imhoff e Imhoff (1986), relatando estudos efetuados em grandes rios nos EUA, a degradação da matéria orgânica presente nos rios segue as mesmas leis estabelecidas pelos químicos em relação à determinação da DBO. Ela se processa em dois estágios ao longo do tempo. No primeiro são metabolizados principalmente os compostos carbonáceos e no segundo, os compostos nitrogenados. O primeiro inicia de imediato e termina após cerca de 20 dias nas condições do ensaio de laboratório; o segundo estágio só se inicia após 10 dias prolongando-se por longo período de tempo, ou, no caso de algumas amostras de rios e lagos e de estações de tratamento biológico de baixa capacidade, pode iniciar-se no quinto dia, nas condições do ensaio.

Estudos realizados por Fair apud Imhof e Imhoff (op. cit.), estabeleceram correlações entre a DBO remanescente dia a dia, no primeiro estágio, em relação à DBO de cinco dias. Assim, a 20°C, em amostra contendo ar dissolvido, empregando-se como referência a DBO a

cinco dias, tem-se uma redução de 30% no primeiro dia, de 54% até o segundo dia, 73% até o terceiro, 88% até o quarto e 100% até o quinto dia.

Em outras palavras, havendo disponibilidade de oxigênio dissolvido, nos dois primeiros dias já ocorre uma remoção de cerca da metade da DBO₅.

Nos trabalhos de campo efetuados no decorrer da pesquisa, pôde-se constatar visualmente e pelo olfato, algumas diferenças entre os pontos de coleta Anel Viário, Fazenda Capim Branco e Ponte João Rezende. No primeiro, a água apresentava sempre uma coloração tendente para o marrom e pouco odor agressivo. Em Fazenda Capim Branco, o rio invariavelmente exalava um odor característico de esgoto séptico, agressivo e a coloração havia mudado, perdendo a tonalidade marrom observada no ponto a montante, tendendo para o cinza. Na Ponte João Rezende, a água, exceto no período de cheia, encontrava-se mais clarificada, com um odor, já nem sempre perceptível, de esgoto séptico. Estas observações remetem novamente para Branco (1986) e para Jureidini [19--], para quem, citando Suter e Whipple, existem quatro zonas de autodepuração ao longo de um rio que receba forte contribuição de esgoto: *zona de degradação*, *zona de decomposição ativa*, *zona de recuperação* e *zona de águas limpas*.

A zona de degradação corresponde ao ponto onde se dá o lançamento dos despejos. A decomposição ainda não tem início, havendo depósito de partículas no fundo. Há ainda oxigênio dissolvido em quantidade suficiente para a presença de muitos peixes que ali se alimentam. O teor de compostos nitrogenados complexos é elevado. Proteínas e outras formas de nitrogênio orgânico ainda existem mas são logo oxidados para amônia.

A zona de decomposição ativa apresenta água de coloração cinza e depósito de lodos escuros, no fundo, com ativo mau cheiro. O OD pode ser totalmente consumido por bactérias

e fungos, instalando-se a anaerobiose total ou parcial. O nitrogênio ainda é encontrado em grande quantidade na forma orgânica, predominantemente como amônia que pode iniciar sua oxidação a nitrito. À medida que a taxa de oxigênio cresce e atinge o patamar de 40% da saturação, inicia-se a zona seguinte.

A zona de recuperação apresenta uma seqüência inversa à zona de degradação. À medida que a demanda de oxigênio vai sendo satisfeita, com a degradação da matéria orgânica e vai ocorrendo a reincorporação e a produção endógena do oxigênio, via organismos fotossintetizantes, a concentração desse gás tende à taxa de saturação natural daquele curso. O nitrogênio predomina na forma de nitritos, embora a amônia possa ser ainda estar presente. Da mesma forma como os compostos nitrogenados, os de fósforo, enxofre oxidam-se para formas mais estáveis como fosfatos e sulfatos. É assim, uma zona de mineralização por excelência, rico em nutrientes que vão estimular a proliferação de vegetais fotossintetizantes, que por sua vez, vão contribuir na reoxigenação e entrar na cadeia alimentar daquele ecossistema.

Na zona de águas limpas, são restabelecidas as condições normais do curso, anteriores à perturbação pelo esgoto. Isto em termos de DBO, OD e índices bacteriológicos, pelo menos. Como encontram-se enriquecidas de minerais nutrientes para as algas e outras formas de vegetais, há o risco da instalação do fenômeno da floração, com a superpopulação das algas, tendo como consequência a eutrofização de corpos d'água a jusante. Predominam nesta zona as formas completamente oxidadas e estáveis dos compostos minerais como os fosfatos e nitratos.

Voltando à pergunta formulada anteriormente, estaria ocorrendo o fenômeno da autodepuração, na forma acima descrita? Analisemos a TABELA a seguir:

TABELA 13 – Carga orgânica em termos de kg de DBO em postos de coleta a jusante da cidade de Uberlândia

Local da medida	Data da medida	kg DBO A.Viár.	kg DBO F.Ca.Br.	kg DBO P.J.Rez.	kg OD A.Viár.	kg OD P.J.Rez.
BR-050	02/06/99	-	-	0,104		
	08/10/99	-	-	0,140		
	28/02/00	-	-	0,132		
	03/05/00	-	-	0,184		
Pte. J. Rezende	26/06/99	0,291	-	0,299	0,00233	0,0744
	30/09/99	1,432	1,218	0,819	0,0044	0,0231
	05/05/00	0,880	1,242	0,651	0,1739	0,1711

Os poucos dados obtidos durante a realização do presente trabalho indicam que há uma remoção da matéria orgânica no trecho estudado. A carga de DBO em Ponte João Rezende, para uma mesma data de coleta, é sempre menor que nos pontos a montante, mesmo considerando-se períodos extremos de vazão (set. e maio). Além disso, as observações de campo corroboram essa conclusão. Embora ainda haja uma carga orgânica remanescente considerável, há efetivamente uma parcela de remoção. O OD segue um padrão inverso, aumentando de montante para jusante.

7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após percorrer cerca de 20 km em área de relevo acidentado, verifica-se uma remoção da carga de poluição lançada no rio Uberabinha, caracterizando a instalação do fenômeno da autodepuração.

O elevado déficit de oxigênio na massa hídrica é um limitante para uma maior remoção da carga orgânica. Por outro lado, a degradação anaeróbica que estaria em contrapartida ocorrendo, sendo um processo menos eficiente de oxidação, já que há apenas uma oxidação parcial da matéria orgânica, resultando outros compostos tais como álcoois e ácidos carbônicos, é também um processo mais lento, cujos efeitos na remoção da DBO nos primeiros dias são reduzidos.

Em relação à elevação do teor de oxigênio dissolvido ao longo do curso, esta se dá por reincorporação do oxigênio na água, resultante principalmente do efeito de agitação, que promove um maior contato da massa hídrica com o ar atmosférico, como consequência do relevo mais acidentado a partir do médio curso do rio e por diluição de córregos tributários com teores mais elevados. Não se deve descartar a produção endógena, que, entretanto, não foi verificada, nem a confirmação da presença de algas e outros vegetais fotossintetizantes na água.

Recomendações são feitas para que estudos mais aprofundados sejam conduzidos no sentido de se avaliar o efeito das vazões adicionais dos tributários (8 pela margem direita e 5 pela margem esquerda) na elevação dos teores de OD, na redução da DBO pela diluição e o efeito da agitação na reoxigenação da água em decorrência do relevo, que passa de dissecado para intensamente dissecado na faixa em estudo, com a presença de corredeiras e pequenas quedas d'água em diversos pontos.

Recomendam-se também estudos mais detalhados para verificar as causas da ocorrência de valores relativamente baixos do teor de OD nas áreas a montante da cidade, quando seriam esperados valores maiores. Sugere-se um adensamento de pontos de coleta abrangendo um trecho significativo do rio, além de englobar também o ribeirão Bom Jardim no objeto da investigação.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR–
ABEAS. **Encontro Nacional: Recursos Hídricos e Desenvolvimento
Sustentável. Agenda 21 – Capítulo 18 – Relatório Final.** Brasília, ABEAS,
1996. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9251 – Águas –
Determinação de pH. Método eletrométrico.** Rio de Janeiro, ABNT, 5 p., fev.
1986.

_____. **NBR 9896 – Glossário de poluição das águas.** Rio de Janeiro, ABNT, 76p.,
ago. 1993.

_____. **NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos
receptores.** Rio de Janeiro, ABNT, 23 p., jun. 1987a.

_____. **NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e
corpos receptores.** Rio de Janeiro, ABNT, 34 p., jun. 1987b.

_____. **NBR 10357 – Águas – Determinação da demanda química de oxigênio (DQO). Método de refluxo aberto, refluxo fechado – titulométrico e refluxo fechado – colorimétrico.** Rio de Janeiro, ABNT, 11 p., jul. 1988.

_____. **NBR 10559 – Água – determinação de oxigênio dissolvido. Método iodométrico de Winkler e suas modificações.** Rio de Janeiro, ABNT, 11 p., dez. 1988.

_____. **NBR 12614 – Água – determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Método de incubação (20°C, cinco dias).** Rio de Janeiro, ABNT, 5 p., maio 1992.

ANGELO, Cláudio; MELLO, Mariana; VOMERO, Maria Fernanda. A era da falta d'água. **Superinteressante**, São Paulo, jul. 2000.

ANSA-ASARE, O. D.; MARR, I. L.; CRESSER, M. S. Evaluation of modelled and measured patterns of dissolved oxygen in a freshwater lake as an indicator of the presence of biodegradable organic pollution. **Water Research**, London, vol. 34, n.4, p.1079-1088, mar./2000.

BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 1, p.17-21, jun. 1989.

_____. **Estudos dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado – Uberlândia, MG.** São Paulo, 1990. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo – USP.

_____. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro – estudo preliminar. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 5/6, p. 37-42, jan./dez. 1991.

BARTH, Flávio Terra et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos.** São Paulo. Nobel, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 1987.

BATTALHA, Bem-Hur Luttembarck; PARLATORE, Antônio Carlos. **Controle da qualidade da água para consumo humano. Bases conceituais e operacionais.** São Paulo : CETESB, 1998, 2ª. reimp. 198p.

BRAILE, Pedro Márcio; CAVALCANTI, José Eduardo W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo : CETESB, 1979. 764 p. ilustr.

BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** São Paulo : CETESB/ASCETESB, 1986. 640 p. ilustr.

_____ e ROCHA, Aristides de Almeida. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo : Edgard Blücher/CETESB, 1977.

BRUCE, J. P. **Meteorology and hydrology for sustainable development**. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 1992.

CARVALHO, Adriana Rosa. Avaliação da qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o ecossistema terrestre em dois afluentes do rio Jacaré-Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina/SP). Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, da USP de São Carlos. 1996. 115p.

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº20 de 18 de Junho de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União-Executivo**. Brasília, 30/jul./1986. p. 11356.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Saneamento. Saúde e desenvolvimento social**. Departamento de Obras Públicas de Minas Gerais. 199-

DEL GROSSI, Suely Regina. **De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza** – Contribuição ao estudo da Geomorfologia Urbana. São Paulo, 1991.

Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo – USP.

_____. A dinâmica climática atual de Uberlândia e suas implicações geomorfológicas.

Sociedade & Natureza, Uberlândia, n. 9/10, p. 115-120, jan./dez. 1993.

GUAZELLI, Milo Ricardo. **Qualidade das águas: monitoramento e autodepuração.**

Apostila do V Curso Internacional sobre Controle da Poluição das Águas, São Paulo, CETESB, janeiro a março de 1999.

HANNA, Rosângela Abdala. Levantamento Sanitário das Fontes Agropastoris

Sociedade & Natureza Uberlândia, n.3, p.63-68, jun. 1990.

HOLANDA-FERREIRA, Aurélio Buarque de. **Novo Dicionário da língua**

Portuguesa. Rio de Janeiro : Editora Nova Fronteira. 1a Ed. 1975.

IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias.**

São Paulo : Edgard Blücher, 1986. 301p. ilustr.

JUREIDINI, Pedro. **Autodepuração e eutrofização: conceitos, causas e conseqüências**. Apostila do Curso de Poluição das Águas e Tratamento Biológico de Resíduos Orgânicos, São Paulo, Instituto de Biociências da USP, 19 -- .

LEROY, J. P.; MAIA, K. D.; GUIMARÃES, R. P. (orgs.). **Brasil Século XXI: Os Caminhos da Sustentabilidade Cinco Anos depois da Rio-92**. Rio de Janeiro, FASE, 1997, 504p.

LIMA, Samuel do Carmo. Meteorologia e Hidrodinâmica na Baía da Ribeira em Angra dos Reis. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 1, p. 23-28, jun. 1989.

LIMA, Samuel do Carmo; ROSA, Roberto; FELTRAN-FILHO, Antônio. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia-MG, através de imagens TM/LANDSAT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.2, p. 127-145, dez. 1989.

MACKAY, H. M. et al. The development of south african water quality guidelines for the natural aquatic environment. **Water Science Technology**. IAWQ, Great Britain , Vol. 32, No. 5-6, pp. 293-299, 1995.

NISHIYAMA, Luiz. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes.

Sociedade & Natureza, Uberlândia, n. 1, p. 9-16, jun. 1989.

OLIVEIRA, Roberto. Água potável tende ao esgotamento. **Folha de São Paulo**, São

Paulo, jul./1999. *Ano 2000, Água Comida e Energia*, n.º 4

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In REBOUÇAS,

Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito e TUNDISI, José Galizia (Orgs. e coords. cient.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São

Paulo : Escrituras Editora, 1999. p. 1-36.

RODRIGUES, Arlete Moysés. Desenvolvimento sustentável: a nova “roupagem” para

a velha questão do desenvolvimento. In GRAZIA, Grazia de. **Direito á Cidadania e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Fórum Brasileiro de Reforma Urbana, 1993. Pp. 12-20.

ROSA, Roberto; LIMA, Samuel do Carmo; ASSUNÇÃO, Washington Luiz.

Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 5/6, p. 91-108, jan./dez. 1991

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o século XXI. **Cadernos de**

Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, n. 1, p.131-135, 1994.

SALAS, Enrique Vallejos. Estudio de la contaminación del rio Aconcagua. Apost. mimeogr., 85p, Departamento de Recursos Hidraulicos, Corporacion de Fomento de la Produccion, Chile.

SALATI, Eneas; LEMOS, Haroldo Matos de; SALATI, Eneida. Água e o Desenvolvimento Sustentável. In REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Orgs. e coords. cient.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo : Escrituras Editora, 1999. p. 39-62.

SCHILLING, J. The management of available water resources as a basis for pollution control and rational use. In **Hydrological processes and water mangement in urban areas**. IAHS publ. No. 198, p. 83-88, 1990. Internatonal Association of Hydrological Sciences, Oxfordshire, UK.

SCHNEIDER, Marilena de Oliveira. **Transformações na organização espacial da cobertura vegetal no município de Uberlândia, MG : 1964 a 1979**. Rio Claro, 1982. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

_____. **Bacia do rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente.** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo – USP.

_____ e BATISTA, Ivone Tavares. Análise ambiental do córrego Buritizinho, Uberlândia, MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.13 e 14, p. 113-122, jan./dez. 1995.

SIEGLER, Ireneu Antônio. Avenida Rondon Pacheco, canal aberto ou fechado. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.1, p.35-38, jun. 1989.

SOUZA, Marco Antônio Almeida de. Relações entre as atividades ocupacionais e a qualidade da água. In: PINTO, Maria Novaes (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1990. p. 181-204.

SPERLING, Eduardo von; MÖLLER, Leila Margareth. Saneamento e Meio Ambiente. In BARROS, Raphael T. de V. *et al.* **Saneamento.** Belo Horizonte : Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2). p.33-49.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambientes Fluviais**. 2a.ed.
Florianópolis : Editora da UFSC : Editora da UFPR, 1990. 183p. : ilust.

TELLES, Dirceu D'Alkimim. Água na Agricultura e Pecuária. In REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito e TUNDISI, José Galizia (Orgs. e coords. cient.).
Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo :
Escrituras Editora, 1999. P. 305-337

TOMAZZOLI, Edison Ramos. A evolução geológica do Brasil Central. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 3, p. 11-29, jun. 1990.

TSIOMIS, Yannis. O meio ambiente e a questão urbana. **Cadernos de Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 1, p. 47-61, 1994.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Review of the Blackstone River Initiative**. Washington, março de 1998.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo :
McGraw-Hill do Brasil, 1975. ilust.

VOLLERTSEN, Jes; ALMEIDA, Maria do Céu; HVITVED-JACOBSEN, Thorkild.

Effects of temperature and dissolved oxygen on hydrolysis of sewer solids.

Water Research, London, vol.33, n.14, p3119-3126, oct./1999.