



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

**ANDRÉA CRISTINA SANT'ANA**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO  
MUNICÍPIO DE BOA VISTA-RR**

**Boa Vista  
2006**

ANDRÉA CRISTINA SANT'ANA

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO  
MUNICÍPIO DE BOA VISTA-RR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT) da Universidade Federal do Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais.

ORIENTAÇÃO: Prof. Dr. Marcos José Salgado Vital

CO-ORIENTAÇÃO: Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva

Boa Vista  
2006

**ANDRÉA CRISTINA SANT'ANA**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO  
MUNICÍPIO DE BOA VISTA-RR**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora como requisito à obtenção do grau de Mestre em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, na área de concentração de Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas.

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Andréa Viviana Waichman**

**1º Examinador**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Karla Tereza Silva Ribeiro**

**2º Examinador**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria do Carmo Souza**

**3º Examinador**

---

**Prof<sup>º</sup>. Dr. Marcos José Salgado Vital**

**(Orientador - UFRR)**

---

**Prof<sup>º</sup>. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva**

**(Co-Orientador - UFRR)**

*A Geovane e Guilherme, dedico...*

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcos José Salgado Vital pela orientação e amizade.
  - Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva, pela co-orientação e apoio nos momentos mais difíceis.
  - Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT.
  - À CAPES e ao CNPQ, pelo apoio.
  - À Prof<sup>a</sup>. Dra. Lucília Pacobahyba, pelo apoio, preocupação, carinho e amizade.
  - À Prof<sup>a</sup>. Doutoranda Nádia Magalhães da Silva Freitas, pela amizade sempre presente, mesmo à distância.
  - À amiga Mestranda Neucely, pelo apoio no Laboratório de Águas.
  - Ao químico Francisco Panero por sua generosidade ao distribuir seus conhecimentos.
  - Ao amigo Márcio, pelo apoio logístico e pelo carinho a mim dispensado durante as coletas.
  - Aos bolsistas do Laboratório de Microbiologia Iran, Eloísa, Marcela, Ítalo e Andréia, por toda a ajuda que puderam me dispensar.
  - Aos amigos Mestrandos Ozimar, Leonildo, Gladys, Rosa e Rosy, pela amizade sincera e palavras de apoio.
  - Às amigas Raime, Diane e Úrsula, fontes constante de força e estímulo, sem os quais eu não teria conseguido terminar.
  - Aos meus colegas de trabalho, principalmente a amiga Elisângela Moura Ponchet, que foi meu alicerce dentro do Instituto de Criminalística, durante esses dois anos de mestrado.
  - A todos os amigos dos quais me afastei, deixando de lhes dar a atenção devida, durante esse processo.
- E, em especial:
- Aos meus pais Osvaldo e Ionice, minha avó Isaura, meus irmão Silvio e Sandro, e meu sobrinho Alexandro, pelo grande amor que nos une e me dá forças para continuar sempre.
  - A minha “irmã” Gil, por me amar como tal, mesmo não o sendo biologicamente.
  - A minha grande amiga Mestranda Arlene Oliveira Souza, sempre comigo me reerguendo, me incentivando, me ouvindo... Palavras não são suficientes para te agradecer.
  - Ao meu amor Geovane... meu conforto durante os prantos, minha paciência durante o desespero, meu apoio durante as quedas, minha multidão em meio à solidão.

Entre o sono e o sonho,  
Entre mim e o que em mim  
É o quem eu me suponho  
Corre um rio sem fim.

Passou por outras margens,  
Diversas mais além,  
Naquelas várias viagens  
Que todo o rio tem.

Chegou hoje onde habito  
A casa que hoje sou.  
Passa e eu me medito;  
Se desperto, passou.

E quem me sinto e morre  
No que me liga a mim  
Dorme onde o rio corre –  
Esse rio sem fim.

Fernando Pessoa,  
11-9-1933.

## **RESUMO**

A cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima, está localizada na Amazônia setentrional, extremo norte do Brasil. Ocupa uma área de aproximadamente 5.711 km<sup>2</sup>, o que representa 2,26% da área total do Estado, e possui uma população de aproximadamente 242.179 habitantes. Encontra-se inserida à margem direita do rio Cauamé e à margem direita do rio Branco, este último formado pela junção dos rios Tacutu e Uraricoera, e cortada pelos igarapés

Grande, Caxangá, Mirandinha e Caranã, sendo estes corpos d'água nosso objeto de estudo. O surgimento da cidade se deu a partir da margem direita do rio Branco e seu posterior crescimento em direção aos afluentes daquele rio, fez com que atividades antrópicas interferissem sobremaneira na conformação natural dos mesmos, como retirada da mata ciliar, despejo direto de efluentes domésticos e canalização de seus leitos. A partir dessa constatação verificou-se a necessidade da avaliação da qualidade da água superficial do município de Boa Vista, com o intuito de auxílio à gestão. Para tanto, utilizou como ferramenta multivariada a Análise por Componentes Principais – PCA, e Análise Hierárquica de Cluster – HCA, bem como o cálculo do Índice de Qualidade da Água - IQA. As análises foram realizadas em 18 pontos de coleta, distribuídos nos corpos hídricos supracitados, com periodicidade mensal, de janeiro a junho de 2006 (período seco), sendo utilizados como parâmetros físico-químicos, e microbiológicos de qualidade: demanda bioquímica de oxigênio, cloreto, nitrato, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, alcalinidade, pH, temperatura, turbidez e coliformes termotolerantes. As análises multivariadas mostraram nitidamente, uma separação entre pontos de coleta, em dois grupos: os “menos poluídos” situados fora do ambiente urbano da cidade; e os “mais poluídos” inseridos no ambiente urbano. As variáveis responsáveis por esta separação, foram demanda bioquímica de oxigênio, condutividade, sólidos totais dissolvidos, nitrato, cloreto e coliformes termotolerantes, nessa ordem de prioridade. Tais informações podem auxiliar de forma eficiente na verificação das causas da poluição, bem como no planejamento de medidas que mitiguem os problemas encontrados. Espera-se que, a partir desse trabalho, o poder público passe a adotar a análise multivariada como suporte a gestão.

Palavras Chave: Boa Vista; Amazônia; Qualidade de Água; IQA; PCA; HCA.

## ABSTRACT

Boa Vista city, capital of Roraima State is located in Amazon, extreme north of Brazil. It occupies an area of about 5.711 km<sup>2</sup>, which means 2,26% of total State area, and a population of about 242.179 inhabitants. It is located on the right margin of Cauamé river and on the right margin of Branco river, this last constituted by the joint of Tacutu and Uraricoera rivers, and it

is crossed by Grande Brook, Caxangá, Mirandinha and Caranã brooks, being these water streams the object of our study. The city developed from the right margin of White River and its later development toward the tributary streams of that river, caused the human activities to interfere greatly in their natural formation, like removing the ciliar woods along the brooks, pouring non treated domestic dejections into them and canalization of their river beds. From this finding out, it was verified to be necessary to evaluate the superficial water quality in Boa Vista, aiming to help its management. In order to obtain this, it was used as multivariate tool the Principal Components Analysis – PCA and Hierarchic Cluster Analysis- HCA, as well as Water Quality Indicator calculation were accomplished in 18 collecting points, distributed through water streams mentioned before, monthly, from January to June 2006 (dry season), being used physical – chemical parameters e microbiological for quality: biochemical demand on oxygen, chloride, nitrate, total solved solids, electric conductivity, solved oxygen, alkalinity, pH, temperature, turbidity and thermo tolerant coli forms. The multivariate analysis showed clearly, a separation among collect points in two groups: the “less polluted” situated out of urban area, and the “most polluted”, inserted in urban area. The variables responsible for this separation were biochemical demand on oxygen, conductivity, total solved solids, nitrate, chloride and thermo tolerant coli forms, in this order of priority. This information may efficiently help to verify the causes of pollution, as well help to plan procedures to diminish the problems found. It is expected, from this work on, that the government will adopt the multivariate analysis as a support for water management.

Key-words: Boa Vista; Amazon; water quality; IQA; PCA; HCA.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de urbanização no Brasil e suas regiões no período de 1950 ao ano 2000.....	24
--	----

Tabela 2 – Crescimento proporcional da população urbana e rural no Brasil e suas regiões no período de 1940 a 2000.....	24
Tabela 3 – Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal.....	25
Tabela 4 – População do estado de Roraima nas áreas urbanas e rurais no período de 1950 a 2000.....	28
Tabela 5 – Taxa de crescimento populacional no estado de Roraima do ano de 1998 ao ano 2005.....	29
Tabela 6 – Principais aspectos dos recursos hídricos nas bacias de rios do Brasil, segundo Tucci (2001).....	37
Tabela 7 – Níveis de qualidade da água de acordo com as faixas de variação do Índice de Qualidade da Água (IQA).....	62
Tabela 8 – Valores obtidos para a variável coliformes termotolerantes, verificada por meio do cálculo do Número Mais Provável por 100 mL (NMP/100mL).....	81
Tabela 9 – Avaliação da balneabilidade nos pontos situados no rio Cauamé e igarapé Água Boa situados no município de Boa Vista-RR.....	83
Tabela 10 – Índice de Qualidade de Água – IQA e seus respectivos níveis de qualidade dos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.....	84
Tabela 11 – Resultado da Variância e Variância Acumulada para todas as Componentes Principais.....	86
Tabela 12 – Coeficientes da estrutura da PCA para a qualidade físico-química da água nos 18 pontos de amostragem. Em negrito estão as variáveis que mais contribuíram para a separação dos grupos.....	87
Tabela 13 – Resultados gerais obtidos por meio da utilização do IQA, PCA e HCA nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do estado de Roraima na região Norte e no Brasil.....	27
Figura 2 - Recursos hídricos do estado de Roraima.....	35
Figura 3 – Vista aérea da cidade de Boa Vista – RR, mostrando o rio Branco em primeiro plano.....	47
Figura 4 - Ponto P1 – Rio Tacutu - N 03° 01' 35,5"; W 60° 29' 3,77". Ponto no rio Tacutu situado 100m a montante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do rio Branco.....	48
Figura 5 - Ponto P2 – Rio Uraricoera - N 03° 01' 56,9"; W 60° 29' 04,5". Ponto no	

rio Uraricoera situado 100m a montante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do rio Branco. ....	48
Figura 6 - Ponto P3 – Rio Branco (igreja)- N 03° 00' 22,9"; W 60° 29' 54,4". Ponto no rio Branco situado 100m a jusante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do mesmo.....	48
Figura 7 - Ponto P4 – Rio Branco (projeto de rizicultura) - N 02° 55' 26,1"; W 60° 31' 59,5". Localizado no rio Branco, na área de influência do projeto de rizicultura.	49
Figura 8 - Ponto P5 – Foz do rio Cauamé - N 02°50' 42,3"; W 60° 38' 29,7". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, na foz do rio Cauamé.....	49
Figura 9 - Ponto P6 – Foz do igarapé Mirandinha - N 02° 50' 07,5"; W 60° 39' 03,6". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, na foz do rio Mirandinha.....	48
Figura 10 - Ponto P7 – Ponto a montante da Foz do igarapé Caranã no rio Cauamé/Balneário - N 02° 51' 39,0"; W 60° 43' 19,8". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.....	49
Figura 11 - Ponto P8 – Rio Cauamé – Balneário da Ponte - N 02° 52' 10,6"; W 60° 41' 45,6". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.....	50
Figura 12 - Ponto P9 – Rio Cauamé – Balneário do Curupira - N 02° 52' 16,8"; W 60° 40' 24,6". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.....	50
Figura 13 - Ponto P10 – Rio Branco (captação de água da CAER) - N 02° 49' 30,5"; W 60° 39' 28,4". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, junto ao sistema de bombeamento de água da CAER.....	50
Figura 14 - Ponto P11 – Rio Branco (bairro Caetano Filho) - N 02° 48' 37,4"; W 60° 40' 12,0". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, a jusante do Bairro Caetano Filho.....	50
Figura 15 - Ponto P12 – Foz do igarapé Caxangá - N 02° 48' 37,8"; W 60° 40' 12,2". Localizada em frente à cidade de Boa Vista, na foz do igarapé Caxangá.....	51

Figura 16 - Ponto P13 – Foz do igarapé Caranã no rio Cauamé - N 02° 51' 39,0"; W 60° 43' 19,8". Localizado na cidade de Boa Vista.....	51
Figura 17 - Ponto P14 – Igarapé Mirandinha - N 02° 50' 33,4"; W 60° 39' 42,2". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.....	51
Figura 18 - Ponto P15 – Igarapé Caxangá – Elevatória de esgoto da CAER - N 02° 25' 19,4"; W 60° 40' 03,0". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.....	51
Figura 19 - Ponto P16 – Igarapé Grande - N 02° 47' 19,9"; W 60° 42' 40,5". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.....	52
Figura 20 - Ponto P17 – Igarapé Água Boa/Ponte na BR174 - N 02° 42' 42,4"; W 60° 48' 22,5". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.....	52
Figura 21 - Ponto P18 – Igarapé Água Boa /Balneário - N 02° 43' 33,2"; W 60° 48' 41,4". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.....	52
Figura 22 – Localização dos pontos de coleta de água no município de Boa Vista- RR.....	53
Figura 23 – Valores médios da variável Temperatura na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	67
Figura 24 – Valores médios encontrados para a variável oxigênio dissolvido na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	69
Figura 25 – Valores médios encontrados para a variável demanda bioquímica de oxigênio da água nos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	71
Figura 26 – Valores médios encontrados para a variável turbidez na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	72
Figura 27 – Valores médios encontrados para a variável pH da água nos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	74
Figura 28 – Valores médios encontrados para a variável alcalinidade na água dos	

18 pontos de coleta no município de Boa Vista – RR.....	75
Figura 29 – Valores médios encontrados para a variável nitrato na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	76
Figura 30 – Valores médios encontrados para a variável cloreto na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	77
Figura 31 – Valores médios encontrados para a variável sólidos totais dissolvidos na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.....	79
Figura 32 – Valores médios encontrados para a variável condutividade elétrica na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista – RR.....	80
Figura 33 – Gráfico de <i>scores</i> mostrando a separação dos pontos de coleta em menos poluídos (GI) e mais poluídos (GII).....	87
Figura 34 – Gráfico de <i>loadings</i> mostrando os parâmetros que mais influenciaram para a separação dos pontos de coleta.....	87
Figura 35 – Dendrograma obtido por meio da Análise Hierárquica de Cluster (HCA), apresentando agrupamento por semelhança dos 18 pontos de coleta.....	88

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°	Grau

'	Minuto
''	Segundo
°C	Grau Celsius
μS	Microsimens
Ag <sup>+</sup>	Íon Prata
Cl <sup>-</sup>	Íon Cloreto
cm	Centímetro
CrO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Íon Cromato
GI	Grupo I
GII	Grupo II
h	Hora
H <sup>+</sup>	Íon Hidrogênio
KCl	Cloreto de Potássio
Km	Quilômetro
Km <sup>2</sup>	Quilômetro Quadrado
Log.	Logaritmo
M	Molar
m <sup>3</sup> /s	Metro Cúbico por Segundo
mg/L	Miligrama por Litro
ml	Mililitro
mm/ano	Milímetro por Ano
N	Nitrogênio
NTU	Unidade Nefelométrica
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OH <sup>-</sup>	Íon Hidroxila
P1, P2, P3,...P18	Pontos de Coleta
pH	Potencial Hidrogeniônico

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL	Atlântico Sul
AM	Amazônia
ANA	Agência Nacional das Águas
ANNE	Atlântico Norte/Nordeste
APHA	American Public Health Association
AS	Atlântico Sul/Sul
CAER	Companhia de Águas
CEMAT	Conselho Estadual do Meio Ambiente e Tecnologia
CETESB.	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FECOMÉRCIO	Federação do Comércio do Estado de Roraima
GPS	General Position System
Hab	Habitantes

HCA	Análise Hierárquica de Cluster
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ig	Igarapé
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade de Água
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidade Nefelométrica
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Ponto
PC	Componente Principal
PCA	Análise por Componentes Principais
STD	Sólidos Totais Dissolvidos

## SUMÁRIO

### RESUMO

### ABSTRACT

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE SIMBOLOS

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
1.1 Ambiente natural e crescimento urbano.....	21
1.1.1 Qualidade ambiental nas cidades.....	23
1.2 A urbanização como realidade .....	23
1.2.1 O Brasil urbano .....	23
1.2.2 O crescimento urbano na Amazônia.....	25
1.2.3 Roraima: ocupação e ambiente.....	26
1.2.4 Boa Vista: ambiente hídrico envolvido pelo crescimento urbano.....	29
1.3 Recursos hídricos: uma caracterização.....	31
1.3.1 Recursos hídricos no Brasil.....	32
1.3.2 Recursos hídricos na Amazônia.....	33
1.3.3 Recursos hídricos no estado de Roraima.....	34
1.4 Usos múltiplos dos recursos hídricos .....	36
1.5 Poluentes hídricos e suas principais fontes.....	38
1.6 Gestão dos recursos hídricos .....	39
1.6.1 Monitoramento: um processo essencial para gestão dos recursos hídricos.....	40
1.6.2 Políticas públicas auxiliando a gestão.....	41
1.6.2.1 A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil .....	41
1.6.2.2 A gestão dos recursos hídricos no estado de Roraima .....	43
1.6.2.3 A gestão dos recursos hídricos no município de Boa Vista .....	44
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>46</b>
2.1 Objetivo geral.....	46
2.1 Objetivos específicos.....	46
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>

3.1	Área de estudo.....	47
3.1.1	Pontos de amostragem.....	48
3.2	Coletas das amostras.....	54
3.3	Parâmetros físico-químicos.....	54
3.3.1	Determinações de campo.....	54
3.3.1.1	pH.....	54
3.3.1.2	Condutividade elétrica.....	55
3.3.1.3	Sólidos totais dissolvidos .....	55
3.3.1.4	Temperatura .....	56
3.3.1.5	Oxigênio dissolvido.....	56
3.3.2	Determinações em laboratório.....	57
3.3.2.1	Turbidez.....	58
3.3.2.2	Alcalinidade .....	58
3.3.2.3	Cloreto.....	59
3.3.2.4	Nitrato.....	59
3.3.2.5	Demanda bioquímica de oxigênio.....	59
3.4	Análises microbiológicas.....	60
3.5	Índice de qualidade de água.....	61
3.6	Análise por componentes principais.....	63
3.7	Análise hierárquica de cluster.....	65
3.8	Tratamento dos dados.....	66
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
4.1	Análises físico-químicas e microbiológicas.....	67
4.1.1	Temperatura.....	67
4.1.2	Oxigênio dissolvido.....	68
4.1.3	Demanda bioquímica de oxigênio.....	70
4.1.4	Turbidez.....	72
4.1.5	pH.....	73
4.1.6	Alcalinidade.....	75
4.1.7	Nitrato.....	76
4.1.8	Cloreto.....	77
4.1.9	Sólidos totais dissolvidos.....	78
4.1.10	Condutividade elétrica.....	79
4.1.11	Coliformes termotolerantes.....	81
4.2	Balneabilidade.....	82
4.3	Índice de qualidade de água.....	84
4.4	Análise por componentes principais.....	86
4.5	Análise hierárquica de Cluster.....	88
4.6	Comparação entre os métodos de análise multivariada utilizados.....	89
4.6	Pontos Críticos: igarapés urbanos.....	90
4.8	Dificuldades enfrentadas: a coleta de dados.....	92
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>96</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na natureza, a permanência da quantidade hídrica em termos de regime de vazão decorre de mecanismos naturais de controle desenvolvidos ao longo do processo evolutivo da paisagem. Segundo Santos e Romano (2005), essa condição natural, de forma equilibrada, vem sendo constantemente alterada pelo homem. Precisamente, por meio de desmatamento, da expansão da agricultura, da abertura de estradas, da urbanização e de vários outros processos de transformação da paisagem, que alteram o ciclo da água.

Nas últimas décadas, o Brasil vem passando por esse intenso processo de intervenção antrópica, primeiramente no sul e sudeste, que hoje concentram imensos contingentes habitacionais em grandes centros urbanos. O processo de urbanização nessas duas regiões atingiu seu auge na década de 1950. Nas décadas seguintes, porém, começou a migrar para outras regiões do país, como o Nordeste e o Centro-Oeste, intensificando-se por derradeiro na Região Norte, onde conforma atualmente um crescimento demográfico superior ao verificado nas demais regiões do país (LUCKMANN, 1989; IBGE, 2000).

No estado de Roraima a curva de crescimento populacional acentuou-se na década de 1940, quando da criação do então Território Federal de Roraima, devido à descentralização político-administrativa do governo que se instaurava. Nas décadas seguintes ocorreu em situações isoladas, graças a projetos de assentamentos agrícolas implementados pelo Governo Federal (BARROS, 1995; FREITAS, 1996). A explosão do crescimento no estado, no entanto, deveu-se à intensa onda migratória ocorrida no áureo período do garimpo. Esse período encerrado no início da década de 1990, apresentou taxas de crescimento populacionais superiores a 10% ao ano (IBGE, 1991). Atualmente, mesmo sofrendo a atenuação de crescimento, o que vem ocorrendo, também, no restante do País, o estado de Roraima vem mantendo índices menores de crescimento, porém, ainda significativos (IBGE, 2000).

Trançando um perfil dos indivíduos que migraram para Roraima, advindos de todas as partes do território nacional, nota-se que eram geralmente de baixa renda á procura do seu “eldorado”. Fixaram-se, principalmente, em bairros periféricos da cidade de Boa Vista, capital do estado. Tal ocupação acabou por causar um “inchaço” que, de certa forma, foi empurrando a cidade em direção à paisagem natural, conformando-se, desta forma, o cenário urbano.

Hoje, percorrendo a capital, pode-se constatar as conseqüências trazidas pela ocupação desordenada. Bairros periféricos praticamente tomados por população de baixa renda, alocada em casas simples, com infra-estrutura precária e condições sanitárias

duvidosas. Tudo isso acabou convergindo num emaranhado de problemas sociais, que como num ciclo, provocaram uma gama de problemas ambientais. Por muitos anos, porém, não se tomou nenhum tipo de atitude realmente relevante, no que tange ao planejamento de ocupação e uso do solo, principalmente próximos aos diversos corpos d'água que cortam a cidade. A abundância hídrica proporcionou comodismo, tanto por parte da população, quanto por parte do poder público. Tal fato incentivou a utilização pura e simples desse recurso natural, sem maiores preocupações com a escassez ou mesmo com a poluição (SANT'ANA, 2003).

O crescimento urbano vem, ao longo do tempo, mudando tais conceitos, e iniciando conflitos entre usos e usuários. Levando-se em conta a população atual de Boa Vista e seu crescimento nos próximos anos, pode-se inferir que os impactos ambientais decorrentes da transformação do ambiente podem imprimir uma ameaça à qualidade e quantidade de seus recursos hídricos, já tidos, outrora, como inesgotáveis.

A realização de levantamento de dados acerca da qualidade atual dos recursos hídricos pertencentes ao perímetro do município de Boa Vista, é de fundamental importância para que os mesmos possam ser preservados. Para tanto optou-se pela análise multivariada, por meio do Índice de Qualidade de Água – IQA, Análise por Componentes Principais – PCA e Análise Hierárquica de Cluster – HCA, a qual apresenta os dados obtidos em laboratório de forma clara e simplificada, auxiliando os gestores na visualização rápida dos problemas existentes, e posterior tomada de decisões.

### **1.1 Ambiente natural e crescimento urbano**

O espaço urbano não deve ser entendido apenas como o que há de concreto, isto é, o espaço construído – edificações e infra-estrutura. Posto que é parte integrante da produção social e das teias de relações que aí se estabelecem entre pessoas e destas com o ambiente natural. Para Oliveira e Herrmann (2001), o conceito de ambiente traz em sua etimologia à noção de envoltório que serve à sustentação dos seres vivos. Para que haja ambiente, é necessário, portanto, que haja seres vivos que possam ser envolvidos. Logo, não existe ambiente sem seres, assim como não existe ambiente urbano sem seres humanos.

De acordo com Orth (2001), o meio ambiente é o habitat dos seres vivos, ou o espaço físico que envolve e demarca as relações dos seres vivos e não vivos, podendo ser natural ou não natural, conforme interações antrópicas. Assim sendo, as cidades fazem parte do meio ambiente criado pelo homem e são as paisagens alteradas, derivadas do ambiente natural.

Na visão de Pradini e Nakasawa (1994), a expressão ambiente natural é colocada como sendo criação do universo; um espaço físico simultaneamente envoltório e habitat dos seres vivos. Ambiente natural é associado ao conceito de recurso natural, pois fornece os recursos para os seres vivos definirem o seu habitat. Os seres humanos definem seu habitat por meio da transformação da natureza, portanto é fundamental que o conceito de habitat, e não necessariamente o de natureza, seja enfatizado.

Conforme Oliveira e Herrmann (2001), antes de conhecer a natureza, para preservá-la, o fundamental é o discernimento que nos permita utilizar e transformar nosso ambiente sem precisar destruí-lo, pois as cidades são os espaços nos quais a natureza se transforma em habitat humano. Uma questão também importante para os autores, diz respeito a preocupação em preservar e conservar o tipo de habitat que queremos para as cidades brasileiras. A questão urbana coloca de forma clara as oposições provenientes da falta de reflexão de nossa sociedade sobre o meio ambiente.

Segundo Morin (1998), o meio ambiente é social e historicamente construído. Sua edificação se faz com a interação contínua entre uma sociedade em movimento e um espaço físico particular que se modifica permanentemente. O ambiente é simultaneamente passivo e ativo, suporte geofísico condicionado e condicionante de movimento. Ao ser alterado, torna-se condição para novas mudanças, transformando assim, a sociedade. A sociedade é um agente transformador do ecossistema natural, ela cria por meio da civilização urbana um meio ambiente urbano, um novo ecossistema, um ecossistema urbano. De acordo com este autor, o meio ambiente urbano só difere do não urbano ou natural pela maior intensidade com que os processos sociais se dão em seu âmbito, implicando, em correspondente adensamento de pessoas e de artefatos (edificações, vias, dentre outros).

Na mesma direção pode-se inferir que, não se pode compreender o meio ambiente urbano apenas como uma implantação física, mas sim como um entrelaçado conjunto de dimensões culturais, políticas, espaciais, dentre outras, por caracterizar-se como produto concreto das relações sociais de uma comunidade. Entretanto, a dimensão espacial retrata as demais, é por meio da implantação física que se reconhece às características econômicas, sociais e culturais de uma população. O cenário urbano ao mesmo tempo é o resultado da inter-relação de todas estas dimensões, é também quem aponta e provoca novos ciclos de relações (ORTH, 2001).

### **1.1.1 Qualidade ambiental nas cidades**

Atualmente nas cidades, a expressão qualidade ambiental significa: qualidade do habitat; qualidade da infra-estrutura à disposição dos cidadãos; qualidade do ar e das águas usadas; e qualidade da paisagem. Neste contexto e de acordo com SECOVI (2000), nas paisagens em que o sítio natural preservado expressar boa qualidade ambiental, deve haver maior cuidado na construção do ambiente urbano para evitar maiores impactos sobre os meios físico e biótico. Por outro lado, em relação ao meio antrópico enfatiza-se a importância de observar a dinâmica urbana da área, identificando os processos de organização do espaço habitável e seus principais agentes (ação do poder público, investimentos em infra-estrutura, implantação de equipamentos e melhoria de seus serviços). Assim, verifica-se a qualidade ambiental resultante e as principais tendências de transformação da área.

A qualidade de vida urbana e ambiental está diretamente relacionada ao crescimento populacional, que vem evoluindo de forma significativa. Se o planejamento não for periodicamente atualizado, este crescimento sobrecarrega ainda mais os centros urbanos, agravando os problemas neles já existentes. O estudo ambiental, por meio de uma análise da situação real, é um instrumento necessário à preservação e gerenciamento dos recursos, pois fornece indicativos para a racionalização do seu uso e manejo (SILVA, 2002).

O meio antrópico, conforme as prioridades dos seus elementos, produz uma qualidade ambiental que pode ser maléfica ou benéfica para a população e para seus recursos naturais. Assim, entendemos por boa qualidade ambiental urbana a associação dos parâmetros físicos, químicos, biológicos, sociais, políticos, econômicos e culturais. Certamente, tal entendimento permitirá o desenvolvimento harmonioso entre a cidade e o ambiente.

## **1.2 A urbanização como realidade**

### **1.2.1 O Brasil urbano**

A urbanização da sociedade brasileira, já acentuada na década de 1940, intensificou-se cada vez mais no pós-guerra, passando de uma taxa inferior a 40%, em 1950, para uma superior a 80%, em 2000 (IBGE, 2006). De fato, nas últimas seis décadas os movimentos migratórios inter-regionais foram complementados com fortes movimentos migratórios intra-regionais, de natureza rural-urbana, em todas as regiões brasileiras, em função da atração provocada pelo crescimento industrial, pelos serviços urbanos e pelas transformações

estruturais na agricultura. O resultado foi um rápido crescimento urbano, não só nas regiões dinâmicas como também nas metrópoles das regiões “atrasadas” (DINIZ, 2000). A tabela 1, a seguir, mostra qual o percentual desse crescimento em todas as regiões do país.

Tabela 1 – Taxa de urbanização no Brasil e suas regiões no período de 1950 ao ano 2000.

REGIÃO	TAXA DE URBANIZAÇÃO POR ANO (%)						
	1950	1960	1970	1980	1991	1996	2000
Brasil	36,2	44,7	55,9	67,6	75,5	78,4	81,2
Norte	31,5	37,4	45,1	51,7	57,8	62,4	69,9
Nordeste	26,4	33,9	41,8	50,5	60,6	65,2	69,1
Sudeste	47,6	57,0	72,7	82,8	88,0	89,3	90,5
Sul	29,5	37,1	44,3	62,4	74,1	77,2	89,9

Fonte: IBGE (2006)

Em todas as regiões, mesmo onde a densidade populacional se mostrava mais baixa, como na Região Norte, evidencia-se uma crescente taxa de urbanização. E, em 1980, conforme apresentado na tabela 1, mais da metade da população era urbana.

Na tabela 2, se evidencia ainda mais o esvaziamento rural e a crescente urbanização. Mesmo a Região Norte, que até 1991 constituía-se como exceção, já apresenta, no período 1991/2000, decréscimo da população rural.

Tabela 2 – Crescimento proporcional da população urbana e rural no Brasil e suas regiões no período de 1940 a 2000

REGIÃO	1940/50 (%)		1950/60 (%)		1960/70 (%)		1970/80 (%)		1981/91 (%)		1991/2000 (%)	
	urbana	rural	urbana	rural								
Brasil	45,8	17,0	66,7	16,9	66,4	5,9	54,4	-6,1	37,8	-6,6	24,3	-11,1
Norte	43,1	19,6	64,9	26,9	69,8	23,3	86,7	43,8	95,3	52,2	52,5	-5,4
Nordeste	40,3	19,7	58,4	10,9	56,4	11,6	49,5	5,4	46,6	-3,1	27,9	-11,7
Sudeste	48,2	6,4	62,9	11,4	65,9	-17,3	47,9	-18,3	28,7	-15,6	18,7	-8,7
Sul	45,4	33,4	88,5	33,7	67,5	24,4	62,6	-22,2	38,0	-20,0	23,9	-16,4
C. Oeste	56,4	33,0	137,8	47,4	142,0	36,2	109,8	-7,8	49,6	-27,4	31,7	-12,5

Fonte: IBGE (2006)

Esse movimento, que socialmente pode indicar a busca por melhoria nas condições de emprego e renda, e potencial de desconcentração regional, do ponto de vista ambiental pode significar um desequilíbrio urbano que pode ter trazido como consequência o aumento de degradação dos recursos naturais, pelo uso da mata, de agentes químicos e dos corpos

d'água.

### 1.2.2 O crescimento urbano na Amazônia

A Amazônia Brasileira detém a maior área de florestas tropicais contínuas e preservadas do mundo. Dados recentes de desmatamento na Amazônia são verificados na tabela 3.

Tabela 3 – Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal.

ESTADOS\ANO	2000 (Km <sup>2</sup> /ano)	2001 (Km <sup>2</sup> /ano)	2002 (Km <sup>2</sup> /ano)	2003 (Km <sup>2</sup> /ano)	2004 (Km <sup>2</sup> /ano)	2005 (Km <sup>2</sup> /ano)
Acre	547	419	727	903	771	656
Amazonas	612	634	1016	1582	1207	751
Amapá	----	7	----	5	18	32
Maranhão	1065	958	1330	993	755	977
Mato Grosso	6369	7703	7578	10409	11814	6900
Pará	6671	5237	8697	6772	8494	6046
Rondônia	2465	2673	3605	3609	3833	3147
Roraima	253	345	54	438	311	138
Tocantins	244	189	259	156	158	253
<b>Amazônia Legal</b>	<b>18226</b>	<b>18165</b>	<b>23266</b>	<b>24871</b>	<b>27362</b>	<b>18900</b>

Fonte: INPE (2006)

Estes valores alertam para a frequência e intensidade das mudanças no uso e cobertura do solo da região que conduzem a inúmeras questões ambientais tais como a conservação da biodiversidade da região, e alterações no balanço de carbono e no ciclo hidrológico, com sérios efeitos sobre as mudanças climáticas globais (GASH et al., 2001). Estas questões ambientais tornaram-se objeto de estudo da comunidade científica e foco das atenções das organizações preservacionistas e da opinião internacional.

Paralelamente à evolução da preocupação ambiental, ao longo das três últimas décadas, a região amazônica tem experimentado as maiores taxas de crescimento urbano do Brasil. Em 1970, a população urbana correspondia a 35,5% da população total. Esta proporção aumentou para 44,6% em 1980, para 58% em 1991, 61% em 1996 e 70% em 2000 (IBGE, 2006).

A diversificação das atividades econômicas e as mudanças populacionais resultantes

reestruturaram e reorganizaram a rede de assentamentos humanos na região. A visão da Amazônia no início do século 21 apresenta padrões e arranjos espaciais de uma Amazônia diferente: em meio à floresta tropical um tecido urbano complexo se estruturou, levando a criação e o uso do termo "floresta urbanizada" pelos pesquisadores que estudam e acompanham o processo de ocupação da região (BECKER, 1995).

Contudo, o crescimento da população urbana na Amazônia não foi acompanhado da implementação de infra-estrutura para garantir condições mínimas de qualidade de vida. Baixos índices de saúde, educação e salários aliados à falta de equipamentos urbanos, denotam a baixa qualidade de vida da população local (COELHO, 2001).

A condição de vida nas cidades e nos assentamentos urbanos constitui um dos maiores e piores problemas ambientais na Amazônia. O processo histórico de ocupação humana e urbanização dessa região não se deram linearmente, o contexto político e econômico ao longo do tempo foram determinantes destas flutuações. Atualmente, a urbanização da região encontra-se em fase de estruturação, caracterizando-se ainda como uma região de "fronteira", onde a dinâmica das cidades ainda é muito intensa e instável, incluindo sempre o surgimento de novos assentamentos urbanos (BECKER, 1995).

### **1.2.3 Roraima: ocupação e ambiente**

O estado de Roraima está localizado no extremo setentrional do Brasil abrangendo uma extensão total de 224.298,980 km<sup>2</sup> (IBGE, 2006). Assim sendo, o mesmo ocupa 2,63% da superfície do País e 5,82% da região norte. A região está representada na sua totalidade pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Para, Rondônia, Roraima, Tocantins, perfazendo, esta região, 3.853.327,229 km<sup>2</sup>, ou seja, 45,26% do território nacional (figura 1).

Roraima, com localização na direção norte/sul em 6° 41' 00'' (FREITAS, 1996), apresenta os seguintes extremos geográficos (RORAIMA, 2005): norte, Monte Caburaí, nas nascentes do rio Ailã, fazendo fronteira com a Venezuela e República Cooperativista da Guiana; sul, foz do rio Branco, fazendo fronteira com o estado do Amazonas; leste, na interseção das duas linhas geodésicas que formam os limites orientais com o Pará e meridionais com o Amazonas, fazendo fronteira com a República Cooperativista da Guiana e o estado do Pará e; oeste, na curva do Serro Machiati, próximo às nascentes do rio Anaris, fazendo fronteira com o estado do Amazonas e Venezuela.

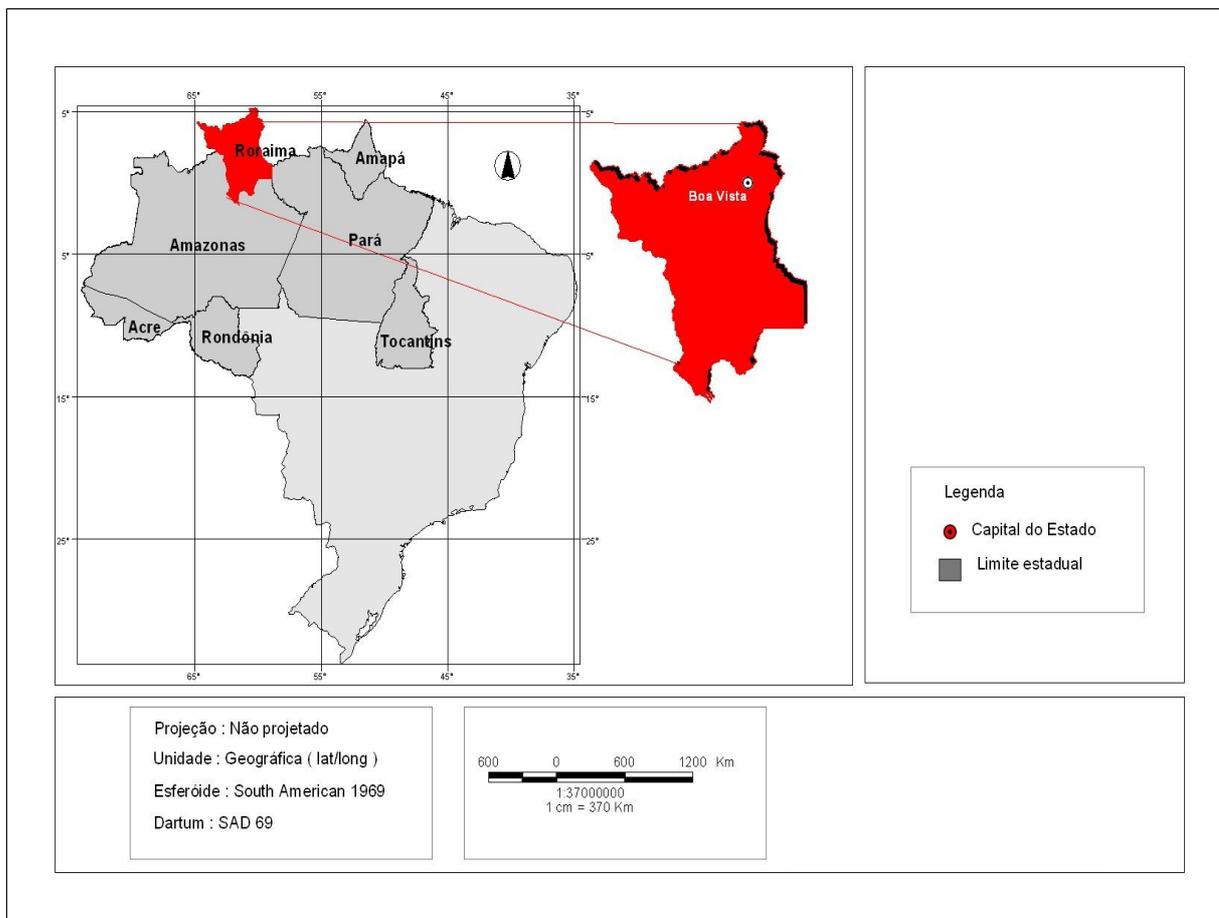


Figura 1 - Localização do estado de Roraima na região Norte e no Brasil.

Fonte: Base ISA

A área do estado, praticamente em sua totalidade, coincide com a bacia do rio Branco. Apenas as partes mais ao sudeste do Estado, comparativamente menores e acessíveis à mobilidade pioneira advinda da abertura das BRs 174 e Perimetral Norte, é que são drenadas por outros dois rios, o rio Jauapery e o rio Jatapu, que correm direto para o rio Negro/Amazonas. Estes dois últimos cursos d'água não são navegáveis e este fato desestimulou o uso dos mesmos como vias de penetração de fluxos demográficos (BARROS, 1995).

O rio Branco foi a via de acesso usada pelos missionários para estabelecerem os aldeamentos de índios nos séculos 17 e 18; pelas tropas portuguesas que estabeleceram a fronteira colonial nos limites da sua bacia no fim do século 18 e estabeleceram as primeiras fazendas (Fazendas Reais ou do Governo); e pelos pecuaristas que fundaram mais e mais fazendas nas savanas (campos do rio Branco) nos meados do século 19 até a segunda década do século 20 para fornecer gado vivo ao vale amazônico então no auge da borracha, fato que criou a funcionalmente articulada “idade de ouro da pecuária nos campos do rio Branco”

(FREITAS, 1996).

Com a chegada da crise da coleta da borracha no restante do país, muitas pessoas foram atraídas pela possibilidade de mineração de ouro e diamantes nas áreas de fronteira do Brasil com Venezuela e com a Guiana. Assim, a mineração em Roraima se expandiu, tendo seu auge em dois períodos (décadas de 1930/1960 e décadas de 1980/1990), atraindo mais pessoas para a área norte de Boa Vista, capital do Estado, sendo o rio Branco a base da comunicação com o restante do país (LUCKMANN, 1989).

Foi também o rio Branco a via de chegada dos colonos agrícolas nas décadas de 1940, 1950 e 1960, e da massa em geral dos imigrantes vindos para as obras federais em Boa Vista, tendo o rio emprestado o seu nome ao Território Federal - do Rio Branco - de 1943, quando foi criado, a 1962 quando mudou a sua denominação para Território Federal de Roraima (BARROS, 1995). A partir da década de 1980, com o auge da mineração, Roraima passou a ter uma área de ocupação onde o maior núcleo urbano era Boa Vista, aumentando o contraste com as áreas rurais, (FREITAS, 1996), conforme verificado na tabela 4.

Tabela 4 – População do estado de Roraima nas áreas urbanas e rurais no período de 1950 a 2000.

<b>ANO</b>	<b>POPULAÇÃO TOTAL (hab.)</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA (hab.)</b>	<b>POPULAÇÃO RURAL (hab.)</b>
1950	18.116	5.132	12.984
1960	28.304	12.148	16.156
1970	40.885	17.481	23.404
1980	79.159	48.374	30.425
1991	217.583	140.818	76.765
1996	247.131	187.294	59.837
2000	324.397	247.016	77.381

Fonte: IBGE (2006)

Atualmente, o estado de Roraima possui 15 municípios com 391.317 habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), o qual resulta numa densidade demográfica de 1,74 hab/Km<sup>2</sup>. Cerca de 62% da população está concentrada na capital Boa Vista. Na tabela 5, a seguir, tem-se a série correspondente ao período de 1998 a 2005 referentes à população e variação percentual, respectivamente.

Tabela 5 – Taxa de crescimento populacional no estado de Roraima do ano de 1998 ao ano 2005.

ANO	POPULAÇÃO (hab)	VARIAÇÃO (%)
1998	260.705	....
1999	266.922	2,4
2000	324.397	21,5
2001*	337.237	4,0
2002*	346.871	2,9
2003*	357.302	3,0
2004*	381.896	6,9
2005*	391.317	2,5

Fonte: IBGE

\*Estimativa (2006)

Assim, o crescimento urbano acabou por tornar Boa Vista uma grande cidade, margeando o rio Branco e envolvendo seus igarapés contribuintes. E assim, trouxe consigo os problemas causados pelo crescimento desordenado, falta de saneamento básico, rede de drenagem eficiente, fiscalização ambiental, entre outros.

#### 1.2.4 Boa Vista: ambiente hídrico envolvido pelo crescimento urbano

Através de uma retrospectiva histórica do processo de desenvolvimento do núcleo urbano do município de Boa Vista, é possível visualizar como se deu o seu crescimento, inicialmente à margem direita do rio Branco, posteriormente às margens de igarapés que desaguavam em seu centro histórico, como o Caxangá, e, acabando por envolver diversos corpos d'água afluentes do referido rio (SANT'ANA, 2003).

De acordo com o exposto por Guerra (1957), na década de 40 a cidade era dividida em 4 bairros:

- Porto Olaria – localizado à margem direita do rio Branco, tendo sua denominação advinda de ser o local onde anteriormente se instalava uma olaria mecânica. Neste bairro, algumas casas eram construídas sobre estacas para evitar a alagação provocada pela cheia do rio;
- Rói-Couro – bairro que surgiu com a construção de algumas barracas nos anos de 1944 a 1946, também localizado na margem direita do rio Branco, nele se concentrava o maior número de olarias da cidade. O autor caracteriza-o como

tendo um grande predomínio de casas de taipa cobertas com palha de buritis, todavia já começavam a aparecer algumas construções em alvenaria;

- Caxangá – bairro residencial localizado junto ao igarapé de mesmo nome, a noroeste do bairro central;
- Centro – bairro onde estavam localizadas as casas de comércio, sendo o bairro mais importante da cidade.

A cidade de Boa Vista, à época chamada de Boa Vista do Rio Branco, tinha uma população urbana de apenas 1.398 habitantes, contra uma população rural de 10.736 habitantes (IBGE, 2005), o que vem salientar a característica rural do Estado.

A expansão urbana da Capital continuou de forma tímida nas décadas de 50 e 60, ainda tendo a população rural como predominante. Somente na década de 80 a população urbana de Boa Vista começou a ampliar-se, se sobrepondo a rural.

Em meados da década de 70 a cidade apresentava 12 bairros: Centro, São Vicente, São Pedro, 13 de Setembro, São Vicente industrial, Mecejana, São Francisco, 31 de março, Aparecida, Canarinho, Estados e Jardim Floresta. Segundo Sant'Ana (2003), nesta época o igarapé Caxangá já se encontrava totalmente em área urbana.

Com a abertura da BR-174, a taxa de ocupação urbana de Boa Vista aumentou consideravelmente, dando um salto na década de 80 e início da década 90, com o auge do garimpo. Isso fez com que a cidade inchasse na direção contrária à margem direita do Rio Branco, englobando diversos corpos d'água afluentes do rio Branco.

Um estudo realizado pelo IBGE em 1996 demonstra esse crescimento através do levantamento da população urbana boavistense em número de habitantes por bairro. Enquanto na década de 70 a cidade possuía 12 bairros e 17.481 habitantes (área urbana), em 1996 esse número era igual a 31 bairros e 150.442 habitantes (área urbana).

Apesar do “boom” de crescimento causado pelo garimpo ter cessado no início da década de 90, a população urbana da capital de Roraima continuou avançando pelo lavrado. No último censo, realizado em 2000 a área urbana de Boa Vista passou a apresentar 48 bairros e 200.568 habitantes (IBGE, 2006).

A Capital ocupa uma área de aproximadamente 5.711 km<sup>2</sup>, o que representa 2,26% da área total do Estado e possui uma população de aproximadamente 242.179 habitantes (IBGE, 2005). É cortada por uma rede de igarapés, que foram inseridos no ambiente antrópico devido ao crescimento urbano, os quais são afluentes do rio Branco. Dentre os referido corpos d'água destacamos o igarapé Caranã, o igarapé Caxangá, o igarapé Mirandinha e o igarapé Grande, os quais fazem parte do universo amostral deste trabalho.

### 1.3 Recursos hídricos: uma caracterização

A água, substância mais abundante na Terra vem tendo sua qualidade fortemente alterada com as mudanças demográficas, a globalização e o desenfreado desenvolvimento sócio econômico impulsionado pelo avanço tecnológico. Tais fatores segundo Biswas (1999), estão sendo vistos como preponderantes para o aumento da demanda sobre os recursos hídricos, refletindo na sua escassez e deterioração dos mananciais. Assim, este recurso natural passou a ser preocupação crescente, não apenas no que se refere à quantidade utilizável, mas, principalmente, em relação à sua qualidade o que pode vir a causar restrições nos seus diversos usos.

Apesar da importância inegável da água para a manutenção dos ciclos de vida das sociedades, apenas uma restrita fração da massa líquida do Planeta é própria para consumo humano. Recorde-se que cerca de 97,5% das águas do planeta, correspondendo à massa líquida dos oceanos, mares e lagos salgados, são impróprias para consumo humano direto. Apenas os 2,5% restantes correspondem a águas doces. Entretanto, deste total, 68,9% constitui água das geleiras, neves eternas e sob a forma de gelo encarcerado nas calotas polares, principalmente na Antártida e na Groenlândia. Este conjunto é virtualmente inacessível ou oferece seqüelas ambientais ao serem minerados. Outros 29,9% constituem água doce alojada no subsolo; 0,3% encontram-se presentes em rios, lagos e pântanos e 0,04% são encontrados na atmosfera (UNESCO, 2005).

A distribuição da água doce nas diferentes regiões do planeta está limitada pela dinâmica do ciclo hidrológico, na qual a água presente na superfície dos mares, rios e lagos, sob o efeito da energia solar, está em constante evaporação. A transferência da água para a atmosfera ocorre também através da transpiração dos seres vivos. Na atmosfera, a água esfria progressivamente formando vapores d'água, dando origem as nuvens. Essa massa de água precipita-se sob forma de chuva, neblina e neve. Uma parte deságua em lagos e rios naturais, outra se infiltra no solo. O tempo de subida da água à atmosfera e o retorno para a terra, gira em torno de duas semanas (SILVEIRA, 1993).

A grande parte dos recursos de água doce está concentrada nas zonas climáticas temperadas e no trópico úmido, sendo repartidos da seguinte forma: zona inter-tropical, ocorre cerca de 50% do escoamento total das águas; zonas temperadas, cerca de 48% e nas zonas áridas e semi-áridas, apenas 2%. Assim, quanto à disponibilidade dos recursos hídricos, pode-se identificar dois grupos de nações. O primeiro deles corresponde a países de clima tropical e situado no Hemisfério Sul, que não devem apresentar stress hídrico antes de 2025.

Este seria o caso do Brasil, Papua-Nova Guiné, Venezuela, Colômbia e Zaire. Um outro bloco de países, de clima frio e situado no Hemisfério Norte, dispõe de grandes reservas hídricas congeladas. É o caso da Groenlândia, da Islândia, da Rússia, do Canadá e dos Estados Unidos (Alasca). No entanto, a exploração destas reservas pode comprometer ainda mais as dinâmicas climáticas da Terra, inviabilizando, na prática, esta proposta (REBOUÇAS, 2002).

A desigualdade na distribuição da água doce está ligada à variação da precipitação, que vem se agravando ao longo do tempo, tornando-se muitas vezes escassas em muitas regiões do mundo. Porém deve-se levar em conta também, as diferentes atividades humanas que modificam o ciclo da água, e em consequência a distribuição desse recurso natural, como o desmatamento, a mudança do uso da terra, a expansão de áreas pavimentadas, a construção de hidroelétricas, represas e canais de irrigação e drenagem e todas as atividades antrópicas que influenciam no equilíbrio do ciclo hidrológico (UNESCO, 2005).

A degradação ambiental, nas suas mais diferentes formas de manifestação, é um poderoso elemento gerador ou acentuador da escassez, afetando em larga escala as águas doces, tanto as estocadas no próprio meio natural quanto às represadas por objetos espaciais. Este tem sido um dos motivos do problema da escassez qualitativa de água para consumo humano em muitas grandes cidades, devendo ainda ser ressaltado o impacto negativo para a saúde pública, para a economia e ao ambiente em geral (REBOUÇAS, 2002).

### **1.3.1 Recursos hídricos no Brasil**

O Brasil pode ser considerado um país privilegiado em relação à quantidade de recursos hídricos. Destaca-se no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, com uma disponibilidade da ordem de 1.777.900 m<sup>3</sup>/s, considerando somente a captação do território nacional, e mais 73.100 m<sup>3</sup>/s, levando-se em conta a vazão da Amazônia Internacional. Este potencial hídrico representa 53% da produção de água doce do continente Sul Americano e 12 % do total mundial (UNESCO, 2005).

Segundo Rebouças (2002), cada brasileiro teria em média 34 milhões de litros de água a sua disposição. Assim, para a maioria das pessoas, esses altos valores passam a caracterizar a abundância hídrica, o que tem influenciado o desperdício e à não realização dos investimentos necessários ao seu bom uso e proteção. Assim, já existem muitas cidades brasileiras, sofrendo com a escassez e a má qualidade da água doce.

Essa escassez de água é evidenciada, quando se verifica que a densidade de

população dominante é de menos de 2,0 hab./Km<sup>2</sup> na Região Amazônica, onde a produção hídrica – Amazonas/Tocantins – é de 78 % do total nacional; a densidade demográfica varia entre 5 e 25 hab./Km<sup>2</sup> na bacia do rio São Francisco, com apenas 1,7% do total, e é da ordem de 6,0% na bacia do rio Paraná, cuja densidade de população dominante varia entre 25 e mais de 100 hab./Km<sup>2</sup> (ABEAS, 2001). Constata-se assim, que o que falta no Brasil não é água, mas uma melhor distribuição de sua coleção hídrica. As formas desordenadas de uso e ocupação do território nacional favorecem imensamente o desperdício e à degradação da qualidade da água. Com isso, pode-se verificar sérios problemas de escassez no sudeste e nordeste e grande abundância na região norte onde encontramos a bacia Amazônica, considerada o maior e mais complexo sistema de água doce no mundo.

### **1.3.2 Recursos hídricos na Amazônia**

Com aproximadamente 7.000.000 Km<sup>2</sup> de área de drenagem, incluindo o rio Tocantins, a Bacia Amazônica possui 58% de sua extensão localizada no Brasil, 16% no Peru, 10% na Bolívia e o restante na Colômbia, no Equador e na Venezuela. Seus limites são a oeste: os Andes; ao norte: o escudo das Guianas; ao sul: o Maciço Central Brasileiro; a leste: o Oceano Atlântico. No Brasil, abrangem os Estados do Amazonas, Pará, Amapá, Acre, Roraima, Rondônia e Mato Grosso. O principal sistema fluvial, o Rio Amazonas, nasce na região Andina e percorre 6.771 km até a sua foz no Pará. Este rio possui uma descarga média de 175.000 m<sup>3</sup>, ou seja, 20% do total de água doce do mundo que chega aos oceanos (BARTHEM, 1992; FERRAZ, 1994).

Embora seja de longe o maior rio do mundo em volume de água, o rio Amazonas geralmente não é considerado o mais longo. No entanto, levando-se em conta o período de cheia, ele se estende mar adentro, tornando-se provavelmente, o mais longo. É um rio de planície, possuindo baixa declividade. Sua largura média é de 4 a 5 km, mas, em alguns trechos, alcança mais de 50 km. Navios oceânicos de grande porte podem navegar até Manaus, capital do estado do Amazonas, enquanto embarcações menores com até seis metros de calado, podem alcançar a cidade de Iquitos, no Peru, distante 3.700 km do oceano Atlântico (FERRAZ, 1994; ABEAS, 2001).

As várzeas (áreas inundadas de águas brancas) e igapós (áreas inundadas de águas pretas) são uma das características mais peculiares dos rios da Amazônia. Vastas extensões de florestas são invadidas anualmente pelas águas dos rios, ocupando uma área de pelo menos

100.000 km<sup>2</sup>, e talvez mais 50.000 km<sup>2</sup>, se sua extensão ao longo de milhares de pequenos igarapés for considerada. Embora as matas inundadas correspondam a apenas 2% do total da área de florestas da Amazônia, isso representa uma área maior que a da Inglaterra (RIBEIRO, 2001).

Apesar de ficar inundada por até 10 m de profundidade durante 5 a 7 meses por ano, a vegetação das várzeas e igapós é sempre exuberante. Além das árvores, os animais, desde os diminutos invertebrados, até os peixes, anfíbios, répteis e mamíferos também desenvolveram incríveis adaptações para viverem nessas áreas inundadas. Como a maioria das árvores da várzea frutifica durante as inundações, para um grande número de espécies, principalmente os peixes, o igapó é um pomar natural. Diferente de qualquer outra parte do mundo, frutos e sementes são os principais alimentos de cerca de 200 espécies de peixes da Amazônia, que invadem as várzeas e os igapós todos os anos (ABEAS, 2001).

Assim, os rios amazônicos, com suas praias, restingas, igarapés, matas inundadas, lagos de várzea, igapós e matupás<sup>1</sup>, bem como o estuário, são colonizados por uma enorme diversidade de plantas e animais. Através de tais informações pode-se ter uma idéia da imensa quantidade de espécies que os rios e igarapés da Amazônia armazenam, explicitando, desta forma, a necessidade imprescindível de preservação e conservação desse patrimônio biológico.

### **1.3.3 Recursos hídricos no estado de Roraima**

Inserido no contexto amazônico, o Estado de Roraima possui como principal rio o Branco (figura 2), que é o afluente mais importante da margem esquerda do rio Negro. Seu curso d'água inicia-se na confluência dos rios Uraricoera e Tacutu a aproximadamente 30Km acima da cidade de Boa Vista, capital do estado (BARROS, 1995).

O Rio Uraricoera, por sua vez, nasce na serra de Pacaraima e possui mais de 650km de extensão, seus principais afluentes são os rios Amajari e Parimé, ambos na margem esquerda de seu baixo curso. O rio Tacutu nasce na serra Acarai e tem  $\frac{3}{4}$  do seu curso na direção norte sul, o equivalente a 600Km. Tem como principais afluentes os rios Maú e Surumu, este último é o principal afluente do rio Cotingo, que nasce no Monte Roraima. Ao receber o rio Maú, descreve um “cotovelo” e toma a direção nordeste-sudoeste, até alcançar o rio Uraricoera (FECOMÉRCIO, 2003).

---

<sup>1</sup> - Ihas de vegetação aquática.

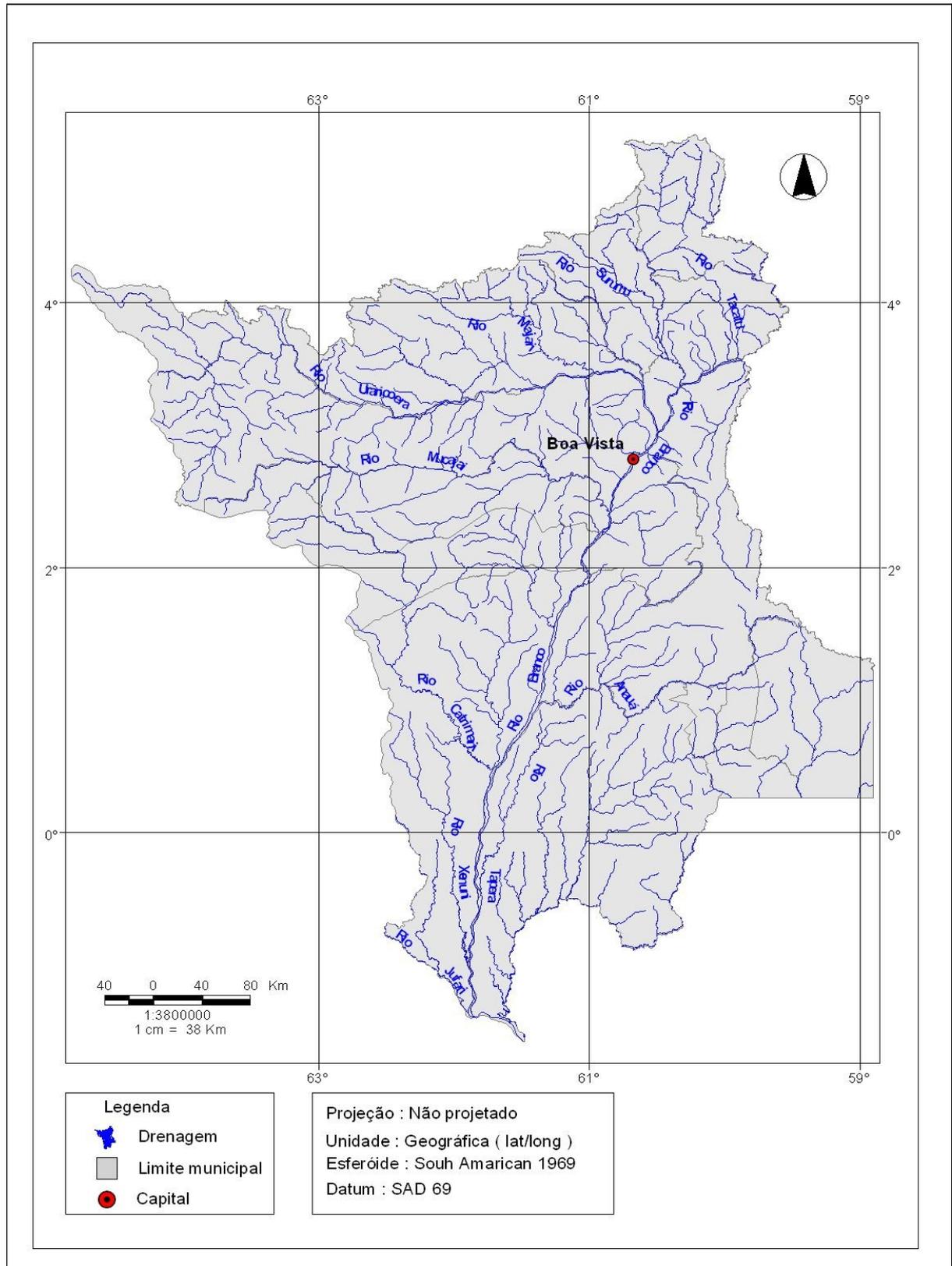


Figura 2 - Recursos hídricos do estado de Roraima.

Fonte: PROBIO/MMA

O rio Branco possui uma extensão de 548km e uma área total de 204.640Km<sup>2</sup>. Seus

principais afluentes são os rios Anauá, Catrimani, Mucajaí e Cauamé, dos quais somente o primeiro se encontra na margem esquerda. Têm seu curso dividido em três segmentos: alto rio Branco (172km), da confluência do Uraricoera com o Tacutu até as corredeiras do Bem Querer; médio rio Branco que se inicia nas corredeiras do Bem Querer indo até Vista Alegre, numa extensão de 24km, onde encontramos a cidade de Caracarái, e finalmente o baixo rio Branco, que inicia-se em Vista Alegre indo até sua desembocadura no rio Negro, com uma extensão de 386Km (BARROS, 1995).

O regime hidrográfico da bacia do rio Branco é definido por um período de cheia, nos meses de março a setembro, sendo a maior enchente no mês de Junho. No período seco, outubro a fevereiro, as águas baixam consideravelmente. A navegabilidade definida pelo regime pluviométrico é realizada somente nos baixos cursos dos formadores e principais afluentes, durante o período de maior precipitação (FREITAS, 1996).

#### **1.4 Usos múltiplos dos recursos hídricos**

Diversos setores da sociedade utilizam os recursos hídricos como insumo básico para suas atividades. À medida que esta foi se tornando mais desenvolvida economicamente, os usos da água foram se tornando mais diversificados. Tal diversificação torna a gestão das águas uma tarefa especializada e de alto valor técnico, pois hoje, se faz necessário otimizar os usos múltiplos, de modo a utilizar a água de forma o mais sustentável possível.

De acordo com Tundisi e Tundisi (2005), a intensa urbanização ocorrida em escala mundial, trouxe novas demandas, desperdício e contaminação de águas onde, as grandes concentrações humanas necessitam de água tratada em volumes imensos e também produzem resíduos em grande escala, que poluem e contaminam águas subterrâneas, rios, lagos e represas. O principal conjunto de atividades que utilizam os recursos hídricos é: agricultura, abastecimento público, hidroeletricidade, usos industriais, recreação, turismo, pesca, aquíicultura, transporte e navegação, mineração, usos estéticos.

Simultaneamente, muitas dessas atividades são desenvolvidas, causando inúmeros problemas relativos à demanda. Quanto mais diversa for à atividade econômica e o desenvolvimento social, maior será o número de usos e, potencialmente, de conflitos. São conflitantes, por exemplo, a recreação e o turismo com o uso industrial, se a água estiver contaminada, por resíduos industriais, causando ameaças à saúde. São conflitantes o abastecimento doméstico e os efluentes domésticos despejados “*in natura*”, pois podem

prejudicar gravemente a qualidade da água para consumo (ABEAS, 2001).

De acordo com o explanado por Tucci, Hespanhol e Monteiro (2000), os usos múltiplos da água no Brasil são bastante diversificados e variam de região para região. Aproximadamente 90% dos recursos hídricos no país são usados na produção agrícola, produção industrial e consumo humano. O conjunto de atividades em que se utilizam os recursos hídricos no Brasil está assim elencado: abastecimento público em áreas urbanas; abastecimento em áreas rurais; irrigação; usos industriais; navegação; turismo; recreação; produção de hidroeletricidade; pesca; aquicultura; agricultura. Assim, são inúmeros os aspectos dos recursos hídricos nas bacias do Brasil, quer seja pelos usos acima citados, quer seja por seus impactos. Tucci (2001) idealizou uma tabela onde mostra uma síntese espacial desses principais aspectos, conforme verificado a seguir (tabela 6).

Tabela 6 – Principais aspectos dos recursos hídricos nas bacias de rios do Brasil, segundo Tucci (2001).

<b>USOS DA ÁGUA</b>									
	<b>AM</b>	<b>TO</b>	<b>ANNE</b>	<b>SF</b>	<b>AL</b>	<b>PR</b>	<b>PA</b>	<b>UR</b>	<b>AS</b>
Abastecimento de Água	2	2	1	1	2	1	1	1	1
Irrigação	3	1	1	1	2	3	2	1	1
Energia Elétrica	2	1	-	1	3	1	3	1	3
Navegação	1	1	-	2	-	2	1	2	1
Recreação/Turismo	1	3	1	3	1	2	1	2	1
<b>IMPACTO DOS USOS DA ÁGUA</b>									
	<b>AM</b>	<b>TO</b>	<b>ANNE</b>	<b>SF</b>	<b>AL</b>	<b>PR</b>	<b>PA</b>	<b>UR</b>	<b>AS</b>
Efluentes urbanos domésticos	2	2	1	1	1	1	2	2	1
Efluentes industriais	-	1	2	1	1	1	2	1	1
	<b>AM</b>	<b>TO</b>	<b>ANNE</b>	<b>SF</b>	<b>AL</b>	<b>PR</b>	<b>PA</b>	<b>UR</b>	<b>AS</b>
Navegação	2	3	-	3;	-	3	1	3	2
Energia elétrica (barragem)	2	2	-	2	3	2	2	1	3

Legenda: AM-Amazônia; TO-Tocantins; ANNE - Atlântico Sul – Norte/Nordeste; SF – São Francisco; AL – Atlântico Sul – Leste; PR – Paraná; PA – Paraguai; UR – Uruguai; AS – Atlântico Sul – Sul.

Avaliação: 1 – destacado; 2 – secundário; 3 – citado com pouco destaque; - não citado.

Os dados apresentados constituem uma boa orientação preliminar para gestores, pois lhes fornecem subsídios iniciais para caracterização e priorização das atividades locais ligadas aos recursos hídricos.

### **1.5 Poluentes hídricos e suas principais fontes**

As variedades de poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupadas em duas grandes classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor. Já as fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambiental (RIBEIRO, 2004).

Conforme definido por Esteves (1998), os poluentes de maior representatividade incluem: material orgânico que causa a deficiência de oxigênio nos corpos d'água; nutrientes, que provocam o excessivo crescimento de algas nos lagos, reservatórios, rios e mares; os organismos patogênicos; material em suspensão; metais pesados; material orgânico tóxico e calor.

O material orgânico é definido como qualquer composto que pode ser oxidado no corpo receptor com consumo do oxigênio molecular. Este material é geralmente composto por matéria orgânica biodegradável, mas inclui certos compostos inorgânicos. O consumo de oxigênio dissolvido (OD) é uma ameaça às formas de vida aquática que dependem do oxigênio para viver. Os níveis críticos de oxigênio variam entre espécies mais exigentes, como as trutas que requerem cerca de 7,5mg/L de OD, até as menos exigentes, como as carpas e cascudos que podem sobreviver com até 3,0mg/L (BENETTI e BIONDE, 1993; ESTEVES, 1998; RIBEIRO, 2004).

O nitrogênio e o fósforo, presentes nos rios e lagos, constituem dois nutrientes básicos que dão suporte à cadeia alimentar. Os problemas advindos do aumento dessas concentrações refletem na proliferação de algas, no efeito tóxico da amônia nos peixes e nos déficits de oxigênio consumido nesse processo. A severidade da poluição é governada pela intensidade dos poluentes e pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, que dependem das condições físicas, químicas e biológicas (RIBEIRO, 2004).

A presença de microrganismos de origem fecal, como os coliformes totais e termotolerantes, está relacionada ao potencial de contaminação da água por patógenos. Essas bactérias não são normalmente patogênicas, mas são organismos de presença obrigatória, em grande número, nos intestinos humanos, e, portanto, na matéria fecal, sendo, assim, utilizadas como organismos indicadores de contaminação fecal. A severidade da poluição não é

determinada apenas pela intensidade desses poluentes, mas pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, que dependem das interações entre condições físicas, químicas e biológicas desse ambiente (BENETTI e BIONDE, 1993).

Assim, a ação antropogênica sobre o meio aquático tem se despontado como uma das maiores responsáveis por suas alterações, considerando que, principalmente os rios, vêm sendo, ao longo dos anos, utilizados como depositários de rejeitos. Os esgotos domésticos contribuem com elevadas cargas orgânicas, as indústrias com uma série de compostos sintéticos e metais pesados e as atividades agrícolas respondem pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes na água. Segundo Branco (1986), as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

## **1.6 Gestão dos recursos hídricos**

Num passado próximo, a idéia de gestão dos recursos hídricos tinha como objetivos principais o controle e o aproveitamento da água e, baseava-se principalmente no planejamento, projeto, construção e operação de obras hidráulicas para satisfazer demandas múltiplas de água, com a finalidade de contribuir para o desenvolvimento social e econômico da população que deles utilizavam. Tais ações destinavam simplesmente a controlar a quantidade das descargas das bacias e satisfazer as demandas.

Como os distintos usos da água quase sempre são competitivos, estes acabaram por originar conflitos que levaram ao questionamento do enfoque controlar para utilizar. Surgiu, então, o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas, que procura coordenar e desenvolver harmonicamente os usos da água de uma bacia, envolvendo outros processos de desenvolvimento tanto dentro como fora da bacia. Ele extrapola o âmbito dos recursos hídricos para incluir a maior parte dos outros recursos, bem como muitos aspectos de planejamento sócio-econômico ou regional (UNESCO, 1987).

Assim, a gestão dos recursos hídricos passou a ser o operador conceitual através do qual se confrontam os objetivos de desenvolvimento econômico e de organização territorial, bem como aqueles relacionados à conservação da natureza ou à manutenção ou recuperação da qualidade ambiental. Isso porque a poluição resultante das atividades humanas, em suas diversas formas, requer que o controle e o tratamento sejam feitos em conjunto, de modo integrado, com enfoque interdisciplinar (MACHADO, 2001).

### **1.6.1 Monitoramento: um processo essencial para gestão dos recursos hídricos**

Segundo Magalhães Jr. (2000), o monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implementação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamento das medidas efetivadas, atualização dos bancos de dados e o direcionamento das decisões. Este mesmo autor ressalta que uma sólida base de dados é imprescindível aos instrumentos de gestão, sob pena de tentar-se gerenciar o que não se conhece.

É essencial que a estrutura, implementação e interpretação dos dados relativos aos sistemas monitorados sejam conduzidos com referência ao uso final da informação para propósitos específicos (FREIRE, PAULINO E ALMEIDA, 2001). Segundo Porto (1991), a definição dos objetivos de um programa de monitoramento geralmente está associada à avaliação da qualidade da água e sua adequação para os usos requeridos/ propostos e à indicação da necessidade da implementação de projetos especiais relativos à identificação anterior de problemas específicos. A partir destes dois cenários, os programas de monitoramento podem ser classificados, de acordo com o uso que se pretende dar aos dados gerados, como de planejamento ou de controle.

Straskraba e Tundisi (2000) delimitaram que de acordo com o horizonte temporal, pode-se distinguir três tipos de gerenciamento: i) gerenciamento corretivo: caracterizado pela implementação de ações corretivas que visam melhorar as condições existentes em um curto espaço de tempo; ii) gerenciamento preventivo: direcionado para a prevenção do aparecimento de problemas dentro de um horizonte de médio prazo; iii) gerenciamento auto-sustentado: baseado em medidas de longo prazo focalizadas para a garantia de disponibilidade do recurso água para as gerações futuras. Estes mesmos autores recomendam que os horizontes de médio e longo prazo sejam priorizados. O gerenciamento sustentado dos recursos hídricos baseia-se na adoção de um conjunto de práticas destinadas a garantir as demandas atuais sem comprometer as necessidades das gerações futuras, medidas para atingir esse grau de desenvolvimento estão diretamente relacionadas ao equacionamento de interações complexas envolvendo problemas de natureza biogeofísica, social e econômica, geralmente com a adoção de ações de longa duração.

Os aspectos quantitativos e qualitativos nunca deverão estar dissociados em uma rede de monitoramento. No caso dos aspectos qualitativos, a implementação de um programa de

monitoramento propiciará o conhecimento e a identificação de relações causa-efeito entre os usos e atividades humanas e seus impactos sobre a qualidade da água, tornando-se um dos componentes mais importantes para uma gestão ambiental integrada (MAGALHÃES JR., 2000).

### **1.6.2 Políticas públicas auxiliando a gestão**

O Brasil vem realizando nos últimos anos uma notável evolução no campo da legislação e organização institucional da gestão dos recursos hídricos. Essa evolução só não é mais evidente porque os resultados, nesse campo, são lentos, pois a gestão efetiva dos recursos hídricos exige a participação de toda a sociedade, em especial dos grandes usuários de água, envolvendo inclusive, complexas mudanças culturais (VITAL, 2004). A seguir, faremos uma breve sinopse acerca da evolução da legislação referente aos recursos hídricos em nosso país.

#### **1.6.2.1 A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**

A primeira experiência brasileira na gestão de recursos hídricos teve início na década de 30 e estava vinculada à questão agrícola. Neste período surgiu o Código de Águas, estabelecido pelo Decreto 24.643, de 10.07.34 que, como outros instrumentos legais que disciplinam as atividades do setor, provêm de um modelo de gerenciamento de águas orientado por tipos de uso. Trata-se da etapa da administração dos recursos hídricos no Brasil denominada modelo burocrático. Nessa fase, a administração pública tinha como objetivo predominante cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre águas. Apesar de reconhecimento internacional, o caráter burocrático do Código apresentava uma estrutura em que o processo decisório estava centralizado, não levava em conta questões regionais e objetivava apenas o cumprimento das leis, o que resultou no agravamento de conflitos referentes ao uso e proteção das águas (BORSOI e TORRES, 2006).

A criação do Código teve grande impacto sobre o setor elétrico, que foi visivelmente privilegiado através de incentivos legais e econômicos, o que deu início à polarização da gestão de águas, do setor de agricultura, para o setor de geração de energia. (FRARE, 2003). Foram deixadas em segundo plano todas as outras questões relativas à gestão

de recursos, como preocupações ambientais e sociais. A esse momento denominou-se modelo econômico financeiro, que apesar de não apresentar uma superação do modelo burocrático, permitiu a inserção de estratégias administrativas mais eficientes, como planejamento estratégico da bacia e a canalização de recursos financeiros (BORSOI e TORRES, 2006).

A centralidade de decisões no setor elétrico e a Constituição de 1967, que passou à União o direito de legislar sobre as águas, deixou aos Estados pouco espaço de manobra, no que se refere à gestão de recursos hídricos. Isso resultou a estes um papel secundário: o de legislar sobre questões ambientais. Apesar da falta de mecanismos previstos na Constituição Federal, para gestão social e ambiental, a posição de atuação dos Estados juntamente com o movimento ecológico que crescia, resultou no passo inicial para discussões relativas à gestão das águas, no que tange à qualidade, quantidade, usos múltiplos e outros. (FRARE, 2003).

Com a promulgação da Lei 6.662/79, que estabelecia Política Nacional de Irrigação, emergiu um conflito em âmbito legal entre o Ministério do Interior (a quem foi dada a responsabilidade de uso das águas) e o Setor Elétrico, que detinha esse poder através do Ministério de Minas e Energia. O conflito expandiu-se para diversos setores, como o da agricultura, por exemplo, agravando problemas relativos à quantidade e qualidade de água, e de decisões nos níveis Estadual e Federal (BARTH, 1999).

A partir dos anos 1980, começaram as discussões em torno dos pontos críticos da gestão dos recursos hídricos na Brasil. Em 1984, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) finalizou o diagnóstico sobre as bacias hidrográficas e no mesmo ano foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Em 1986, o CONAMA estabeleceu a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o território brasileiro, em nove classes, segundo seus usos preponderantes por meio da Resolução 20/86 - CONAMA.

Mas somente a partir da promulgação da Constituição de 1988, foram criadas as condições iniciais para inaugurar a terceira etapa da gestão de recursos hídricos, denominada modelo sistêmico de integração participativa (BORSOI e TORRES,2006). Assim, se permitiu a possibilidade de criação de um novo modelo de gestão hídrica. A nova Constituição apresentou aspectos importantes e inovadores no que tange a gestão de recursos hídricos e sua administração. O Código das Águas de 1934, no entanto foi pouco modificado, destacando-se, porém, a extinção do domínio privado da água, tornando todos os corpos d'água de domínio público (FRARE, 2003).

Durante os anos 1990, face à dramática realidade e situações nas qual a água está inserida, o governo brasileiro equacionou algumas medidas com o objetivo de minorar os

problemas já existentes. Em dezembro de 1996 o Congresso Nacional aprovou o Projeto que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sancionado no ano seguinte pelo Presidente da República, sendo instituída então a Lei nº 9.433/97, dotando o Brasil dos instrumentos legais e institucionais necessários ao ordenamento das questões referentes à disponibilidade e ao uso sustentável de suas águas.

Os principais instrumentos dessa Política são: os Planos de Recursos Hídricos, elaborados por bacia hidrográfica e por Estado; o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga de direito de uso; e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Para a gestão e a implementação de tais instrumentos, foi criada, através da Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000, a Agência Nacional de Águas (ANA), o órgão gestor dos recursos hídricos de domínio da União. Trata-se de uma agência gestora de um recurso natural e não uma agência reguladora da prestação de serviços públicos, o que a diferencia fundamentalmente das agências já instaladas para outros setores, como o de eletricidade e de telefonia.

No mesmo ano a normalização que regia a qualidade de Balneabilidade dos corpos d'água para recreação de contato primário, foi desvinculada da Resolução 020/86 – CONAMA, promulgando-se a Resolução 274/2000 – CONAMA, ressaltando maior especificidade dos parâmetros de análise. E, no ano de 2005, promulgada a Resolução 357/05 – CONAMA, que revogou a Resolução 020/86 – CONAMA, dando maior autonomia as instituições de pesquisa, respeitando os aspectos naturais de cada região e instituindo de forma indireta o monitoramento.

#### **1.6.2.2 A gestão dos recursos hídricos no estado de Roraima**

No âmbito dos estados-membros da federação, as constituições promulgadas nos anos seguintes, refletiram a mesma sensibilidade presente na Constituição Federal em relação aos recursos hídricos, incluindo entre seus preceitos artigos e até capítulos direta ou indiretamente ligados à problemática da água, a seus usos e prioridades e a sua participação nos recursos naturais e no meio ambiente.

A Constituição do estado de Roraima, promulgada em 1991, estabeleceu normas gerais de defesa e gestão ambiental, tratando do tema no Capítulo “Do Meio Ambiente”, especificamente em seus artigos 166 e seguintes, onde reafirma o que preceitua a Constituição

Federal, trazendo o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito de todos, sendo dever do Estado, dos Municípios e da coletividade defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras, garantindo-se a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais.

Em 1994, através da Lei Complementar nº. 007, foi instituído o Código de proteção ao meio ambiente para a administração da qualidade ambiental, proteção, controle e desenvolvimento do meio ambiente e uso adequado dos recursos naturais do estado de Roraima. Nele é criado o Sistema Estadual do Meio Ambiente – SEMA, que tem como princípios a descentralização, o planejamento integrado e a participação representativa da comunidade. O Conselho é formado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente e Tecnologia – CEMAT, órgãos da administração direta e indireta, Ministério Público Estadual, Instituições de ensino superior e organizações ambientalistas.

O Código de Proteção ao Meio Ambiente guarda um capítulo próprio destinado à água, onde é feita a classificação, as medidas de controle e os critérios de emissão de efluentes líquidos. Entretanto, não traz, ainda, a preocupação com os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, e em particular com a Bacia Hidrográfica como unidade de gestão, e os meios para a cobrança sobre uso dos recursos hídricos.

### **1.6.2.3 A gestão dos recursos hídricos no município de Boa Vista**

No Plano Municipal a matéria é regulada pela Lei Orgânica do Município de Boa Vista, promulgada em 1992, que estabelece, em consonância com as Constituições Federal e Estadual, diretrizes gerais para assegurar ao cidadão o direito ao meio ambiente saudável e equilibrado.

A Lei nº. 513/2000, regulamentada pelo decreto nº. 79/2000 instituiu a Política de Proteção e da Conservação do Meio Ambiente e da melhoria da qualidade de vida do Município de Boa Vista. É criado, através da sobredita Lei, o Sistema Municipal do Meio Ambiente - SISMMA, formado pelos órgãos e entidades do Município de Boa Vista, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público Municipal, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

É ponto comum com a legislação estadual: a classificação das águas e os padrões de lançamento de efluentes. Traz como uma das linhas de ação da Gestão Municipal Ambiental, em acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, a formação de

Consórcios de Bacias Hidrográficas, sendo este um ponto de grande relevância.

## **2 OBJETIVOS**

## **2.1 Objetivo geral**

Determinar a qualidade de águas superficiais (rios e igarapés), situados dentro do perímetro do município de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, por meio de análise multivariada, visando o auxílio à gestão dos recursos hídricos locais.

## **2.1 Objetivos específicos**

2.1.1 Realizar análises físico-químicas e microbiológicas nas amostras de água dos 18 pontos de coleta.

2.1.2 Caracterizar os pontos de coleta situados no rio Cauamé e igarapé Água Boa quanto a balneabilidade, de acordo com o estabelecido na Resolução 274/00 – CONAMA.

2.1.3 Calcular o Índice de Qualidade de Água – IQA para cada um dos 18 pontos de coleta.

2.1.4 Submeter os resultados obtidos à Análise por Componentes Principais – PCA, verificando a semelhança, entre os pontos de coleta e o peso da influência de cada parâmetro estudado dentro dessa classificação.

2.1.5 Verificar semelhança de qualidade de água dos 18 pontos de coleta por meio da Análise Hierárquica de Cluster - HCA.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

A cidade de Boa Vista (figura 3), capital do estado de Roraima, ocupa uma área de aproximadamente 5.711km<sup>2</sup>, o que representa 2,26% da área total do Estado e possui uma população de aproximadamente 242.179 habitantes (IBGE, 2006).



Figura 3 – Vista aérea da cidade de Boa Vista – RR, mostrando o rio Branco em primeiro plano.

Fonte: SEPLAN (2006).

Encontra-se localizada na zona climática tropical, sem que haja estação extremamente seca, nem temperatura mensal inferior a 18°C. Trata-se, pois, de um clima tropical do tipo “A”, subtipo “AW”, caracterizado como chuvoso, quente e úmido, com temperatura média anual em torno de 27,4°C. A precipitação média é de 1.750mm/ano e a umidade relativa do ar é de 75%. Predomina na capital, superfície plana (90%), tendo relevo ondulado (10%), incluindo planície fluvial inundável. O solo predominante é o latossolo amarelo, que aparece com frequência nas áreas de lavrado. Encontra-se inserida à margem direita do rio Cauamé e margem direita do rio Branco, sendo cortada pelos igarapés Grande, Caxangá, Mirandinha e Caranã, (FECOMÉRCIO, 2003), nossos objetos de estudo.

### 3.1.1 Pontos de amostragem

Foram utilizados os 18 pontos de amostragem, já determinados pelo Projeto de

Monitoramento da Qualidade da Água de Roraima, os quais foram escolhidos de acordo com a rede de drenagem principal do município de Boa Vista. Estes pontos estão localizados nos ambientes de confluência de afluentes com o rio Branco, e, nos casos da drenagem na área urbana, em pontos onde os rios e igarapés que já tiveram sido amostrados anteriormente mais de uma vez (VITAL, 2004).

As características dos pontos, bem como a sua delimitação sob coordenadas geográficas feitas utilizando-se Global Position System-GPS (Garmin), são apresentadas abaixo:

Figura 4 - Ponto P1 – Rio Tacutu - N 03° 01' 35,5"; W 60° 29' 3,77". Ponto no rio Tacutu situado 100m a montante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do rio Branco.



Figura 5 - Ponto P2 – Rio Uraricoera - N 03° 01' 56,9"; W 60° 29' 04,5". Ponto no rio Uraricoera situado 100m a montante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do rio Branco.

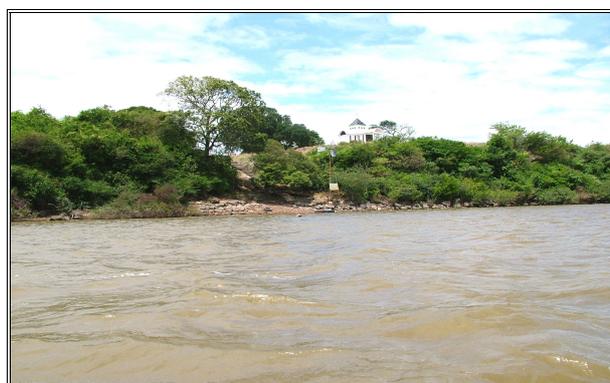


Figura 6 - Ponto P3 – Rio Branco (igreja)- N 03° 00' 22,9"; W 60° 29' 54,4". Ponto no rio Branco situado 100m a jusante da confluência dos rios Tacutu e Uraricoera, formadores do mesmo.



Figura 7 - Ponto P4 – Rio Branco (projeto de rizicultura) - N 02° 55' 26,1"; W 60° 31'



59,5". Localizado no rio Branco, na área de influência do projeto de rizicultura.



Figura 8 - Ponto P5 – Foz do rio Cauamé - N 02° 50' 42,3"; W 60° 38' 29,7". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, na foz do rio Cauamé.



Figura 9 - Ponto P6 – Foz do igarapé Mirandinha - N 02° 50' 07,5"; W 60° 39' 03,6". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, na foz do rio Mirandinha.



Figura 10 - Ponto P7 – Ponto a montante da Foz do igarapé Caranã no rio Cauamé/Balneário - N 02° 51' 39,0"; W 60° 43' 19,8". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.



Figura 11 - Ponto P8 – Rio Cauamé – Balneário da Ponte - N 02° 52' 10,6"; W 60° 41' 45,6". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.

Figura 12 - Ponto P9 – Rio Cauamé – Balneário do Curupira - N 02° 52' 16,8"; W 60° 40' 24,6". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem e importante balneário.



Figura 13 - Ponto P10 – Rio Branco (captação de água da CAER) - N 02° 49' 30,5"; W 60° 39' 28,4". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, junto ao sistema de bombeamento de água da CAER.



Figura 14 - Ponto P11 – Rio Branco (bairro Caetano Filho) - N 02° 48' 37,4"; W 60° 40' 12,0". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, a jusante do Bairro Caetano Filho.



Figura 15 - Ponto P12 – Foz do igarapé Caxangá - N 02° 48' 37,8"; W 60° 40' 12,2". Localizada em frente à cidade de Boa Vista, na foz do igarapé Caxangá.



Figura 16 - Ponto P13 – Foz do igarapé Caranã no rio Cauamé - N 02° 51' 39,0"; W 60° 43' 19,8". Localizado na cidade de Boa Vista.



Figura 17 - Ponto P14 – Igarapé Mirandinha - N 02° 50' 33,4"; W 60° 39' 42,2". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.



Figura 18 - Ponto P15 – Igarapé Caxangá – Elevatória de esgoto da CAER - N 02° 25' 19,4"; W 60° 40' 03,0". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.



Figura 19 - Ponto P16 – Igarapé Grande - N 02° 47' 19,9"; W 60° 42' 40,5". Localizado em frente à cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.



Figura 20 - Ponto P17 – Igarapé Água Boa/Ponte na BR174 - N 02° 42' 42,4"; W 60° 48' 22,5". Localizado na cidade de Boa Vista, constituindo parte de sua rede de drenagem.

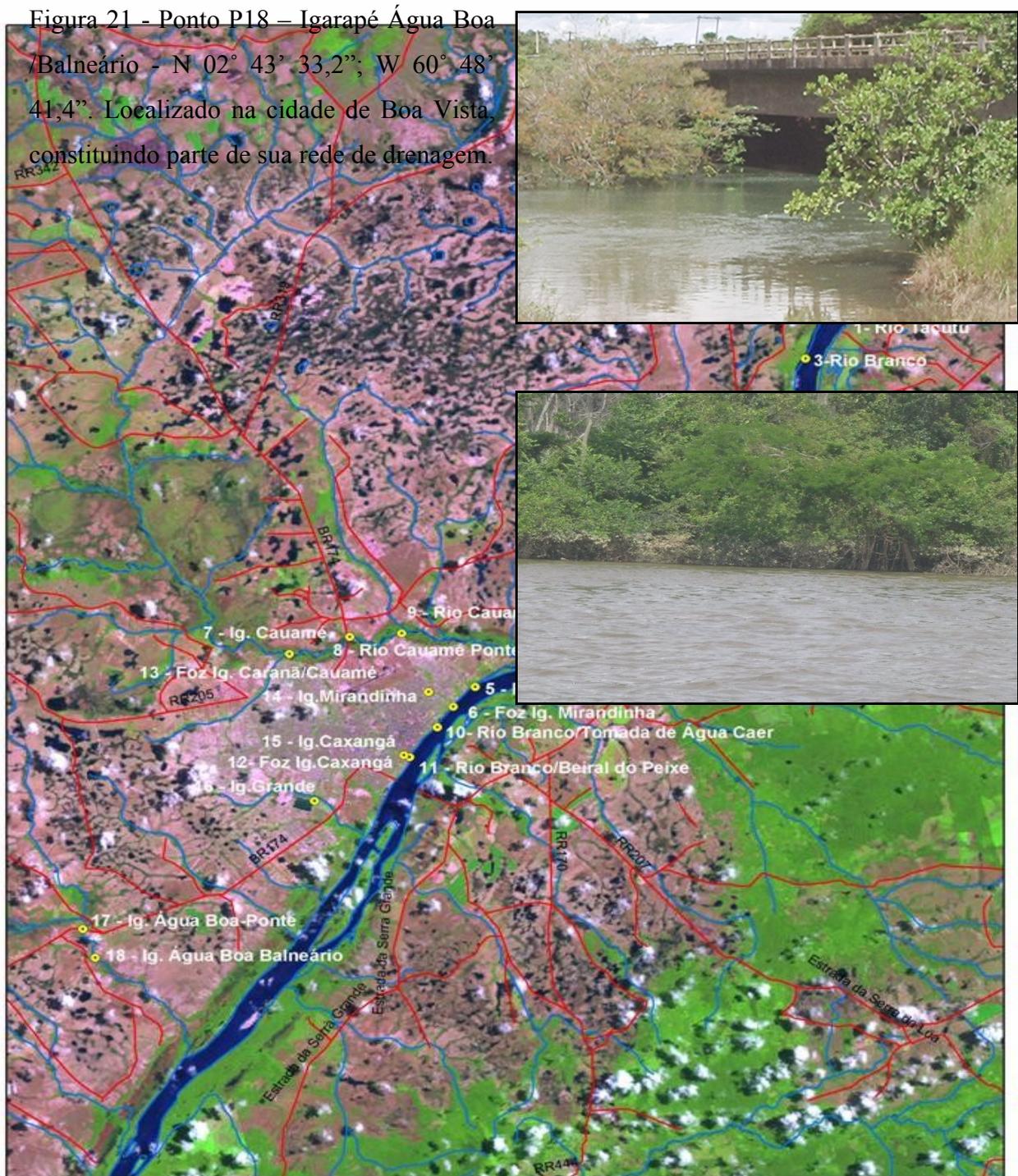


IMAGEM UTILIZADA 232\_58 LANDSAT 7  
DATA DA IMAGEM: 22/12/2003

ESCALA: 1:220.000



DIRETORIA DE MONITORAMENTO  
E CONTROLE AMBIENTAL - FEMACT

Figura 2 – Localização dos pontos de coleta de água no município de Boa Vista – RR.

Figura 22 – Localização dos pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

### **3.2 Coletas das amostras**

Por se tratar de um número elevado de pontos amostrais, estes foram divididos em dois grupos conforme a via de acesso: água e terra. Desta forma, as coletas nos pontos de acesso terrestre eram realizadas em uma semana e as coletas nos pontos de acesso fluvial na semana posterior. Assim, foram coletadas amostras de água superficial com periodicidade mensal, no período de janeiro a junho de 2006 (estação seca), totalizando 5 campanhas de campo, e um total de 90 amostras coletadas. Todas as coletas foram realizadas no período da manhã e a metodologia de coleta, transporte, armazenamento e conservação das amostras seguiram o preconizado no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999).

### 3.3 Parâmetros físico-químicos

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Águas da Universidade Federal de Roraima - UFRR, seguindo o preconizado por APHA (1999).

#### 3.3.1 Determinações de campo

##### 3.3.1.1 pH

pH, termo usado para expressar a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio.

$$pH = - \log [H^+]$$

O pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Em geral, nas águas naturais o pH é alterado pelas concentrações de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH e das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

A aferição do pH foi realizada com instrumento pHmetro, modelo Handylab 1 – Schott, o qual possui um eletrodo íon-seletivo de vidro, previamente calibrado com solução padrão de pH 4,00 e 7,00, respectivamente, para que as medidas encontrem-se dentro da faixa de resposta confiável do equipamento.

##### 3.3.1.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta em conduzir a corrente elétrica. Esteves (1998) salienta que esta variável é de grande importância, visto que pode fornecer informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como da produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores), como sobre outros fenômenos que ocorram na sua bacia de drenagem. Isso permite identificar os íons mais diretamente responsáveis pelo aumento da condutividade nas águas. Alguns fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água, como a geologia da bacia e o regime das chuvas. A condutividade detecta, ainda, as fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes.

A determinação da condutividade elétrica foi feita por meio do condutivímetro – Handylab LF 513T/LF 613T – Schott, o qual foi previamente calibrado com KCl a 0,01 M.

### **3.3.1.3 Sólidos totais dissolvidos**

São todas as partículas presentes em suspensão ou em solução, sedimentáveis ou não, orgânicas ou minerais. A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra é denominada de sólidos totais (DI BERNARDO; DI BERNARDO e CENTURIONE FILHO, 2002). Conforme o exposto por Branco (1986), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, os quais podem ser classificados pelas suas características físicas (suspensos e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos).

Segundo o mesmo autor, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral. Entretanto, a APHA (1999) salienta que as determinações de sólidos fixos e voláteis não se distinguem exatamente entre materiais orgânicos e inorgânicos porque a perda de peso pelo aquecimento não se limita ao material orgânico, incluindo, também, perda por decomposição ou volatilização de alguns sais minerais como: carbonatos, cloretos, sulfatos, sais de amônio, entre outros.

A determinação dos sólidos totais dissolvidos foi feita através do condutivímetro – Handylab LF 513T/LF 613T – Schott, o qual foi previamente calibrado com KCl a 0,01 M.

### **3.3.1.4 Temperatura**

A temperatura da água pode influir no retardamento ou aceleração da atividade

biológica, na absorção de oxigênio e precipitação de compostos. Quando se encontra ligeiramente elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrio ecológico (SPERLING, 1993).

A determinação da temperatura foi feita com o instrumento Oxímetro – Oxical SL – Schott. A profundidade para cada determinação foi de aproximadamente 30 cm abaixo da lâmina d'água.

### **3.3.1.5 Oxigênio dissolvido**

É um índice expressivo da sua qualidade sanitária. Águas superficiais devem apresentar-se saturadas de oxigênio. A concentração de oxigênio dissolvido na água é função da altitude (pressão atmosférica menor) e da temperatura. O oxigênio dissolve-se na água, daí o termo oxigênio dissolvido. O ar que respiramos contém 20% de oxigênio, mas apenas uma pequena fração desse oxigênio pode ser retida pela água. Tanto que as concentrações de oxigênio dissolvido precisam ser medidas em partes por milhão (ou mg/L). O oxigênio dissolvido é o mais vital dos elementos necessários para a vida dos peixes e de qualquer organismo que respire nos viveiros como insetos, plâncton, bactérias, plantas aquáticas (PORTO, 1991).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ( $O_2$ ), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (SILVEIRA, 1993).

A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, como a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução e solubilidade de oxigênio na água (ESTEVES, 1998). Para se obter a saturação de oxigênio, que é expressa em porcentagem, deve-se sempre relacionar os teores absolutos de oxigênio dissolvido com a temperatura e pressão atmosférica. Entende-se por saturação de oxigênio como sendo a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura (REBOUÇAS, 2002).

Baseando nestas propriedades fica notório que os organismos aquáticos tropicais têm em princípio, menos oxigênio disponível do que os de lagos temperados. Esta constatação

assume importância, quando se considera que nos lagos próximos ao Equador, a temperatura pode atingir até 38°C (ESTEVEES, 1998). Sem o oxigênio dissolvido na água os peixes de cultivo e todos os outros organismos aquáticos não podem sobreviver.

A queda das concentrações de oxigênio podendo chegar até a sua total ausência, ocasião em que se instalam atividades fermentativas anaeróbicas, geralmente com forte exalação de maus odores – devidos principalmente à redução biológica de compostos sulfurosos – é motivada pelo consumo de matérias orgânicas por miríades de microrganismos que se alimentam e que, proporcionalmente, consomem oxigênio em sua respiração. Pode-se dizer que certa quantidade de matéria orgânica – ou mais precisamente matéria biodegradável, passível de ser decomposta biologicamente – constitui um potencial de redução química, provocando um consumo de oxigênio proporcional (REBOUÇAS, 2002).

A determinação do OD foi feita através do instrumento Oxímetro-Oxical SL –Schott, utilizando o método eletrométrico. A profundidade para cada determinação foi de aproximadamente 30 cm abaixo da lâmina d'água.

### **3.3.2 Determinações em laboratório**

A avaliação dos parâmetros determinados em laboratório foi realizada em triplicata, sendo utilizadas as médias e os desvios padrões para o cálculo dos valores finais.

#### **3.3.2.1 Turbidez**

Segundo Esteves (1998), turbidez da água é sua capacidade em dispersar a radiação, sendo expresso em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica, como a nefelométrica (NTU). Partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microrganismos e outros materiais impedem a passagem de luz através da água, desviando e absorvendo os raios.

A presença de partículas em suspensão, que causam a turbidez, ou de substâncias em solução, relativas à cor, pode concorrer para o agravamento da poluição. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. De acordo Branco (1986), a precipitação dessas partículas perturba o ecossistema aquático.

A determinação da turbidez foi realizada por meio do turbidimetria, utilizando um turbidímetro SL 2K – Alfakit.

### 3.3.2.2 Alcalinidade

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Embora muitos compostos possam contribuir para o incremento desse constituinte na água, a maior fração deve-se principalmente aos bicarbonatos. A alcalinidade da água não apresenta implicações para a saúde pública, sendo apenas considerada desagradável ao paladar.

As variáveis alcalinidade, pH e teor de gás carbônico encontram-se relacionadas entre si na natureza. O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou de outra solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. É essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água (ESTEVES, 1998).

A alcalinidade total foi determinada de pelo método volumétrico de determinação de alcalinidade total e alcalinidade devida a hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, através da titulação contra ácido padrão em águas minerais e de mesa.

### 3.3.2.3 Cloreto

A presença de cloretos tem origem na dissolução de minerais, contatos com áreas de sal, mistura com água do mar e introdução de águas residuárias domésticas ou industriais. O valor de referência deve ser dosado para que se possa estabelecer seu limite médio de concentração. Valores acima do limite médio indicam poluição ou tendência de poluição do recurso hídrico com efluentes de esgoto de origem humana, desta forma, o cloreto constitui um indicador químico de poluição principalmente de origem antrópica (HAMMER, 1979 apud VITAL, 2004).

A concentração de cloreto das amostras de água foi determinada através do método de volumetria de precipitação, método de Mohr, o qual está fundamentado na reação entre íons  $\text{Cl}^-$  e íons  $\text{Ag}^+$  a 0,1 M, na presença do íons  $\text{CrO}_4^{2-}$ , como indicador (APHA, 1999).

### **3.3.2.4 Nitrato**

As diferentes formas dos compostos de nitrogênio encontradas no meio aquático podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas. Vilella (1975), salienta que nitrogênio orgânico e amônia estão associados a efluentes e águas recém poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato. Conforme ressalta Sperling (1993), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota.

Neste trabalho foi realizada apenas a determinação de nitrato nas amostras, por meio do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 240nm e 360nm, respectivamente, em espectrofotômetro de absorção molecular UV/visível, modelo DR/4000 Hach - Hexis cuja curva analítica foi definida para seis pontos na faixa de concentração de 0 a 50mg/L (APHA, 1999).

### **3.3.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio**

Muitos materiais orgânicos são solúveis na água. Estes materiais podem ter origem natural ou serem resultantes de ação antrópica. Essa variável representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é convencionalmente usada, pois considera a medida a 5 dias, incubada a 20°C, associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos (SPERLING, 1993).

A determinação da DBO foi conduzida pela diferença entre a concentração do oxigênio dissolvido antes e depois da incubação das amostras a uma temperatura constante de 20 °C por 5 dias, método de Winkler de acordo com APHA (1999), através do qual obtém-se a demanda bioquímica de oxigênio exercida pela respiração de microrganismos.

## **3.4 Análises microbiológicas**

O controle bacteriológico da qualidade da água é de suma importância para prevenir a disseminação de doenças de transmissão hídrica (RIVIERA, HAZEN E TORANZOS, 1986). Segundo Cabelli et al. (1983), os melhores indicadores da presença de patógenos entéricos em fontes de poluição fecal devem ter as seguintes propriedades:

- Estarem presentes em águas contaminadas por material fecal em densidades mais elevadas que os patógenos;
- Serem incapazes de crescer em ambientes aquáticos, mas capazes de sobreviver por mais tempo que os microrganismos patogênicos;
- Serem facilmente enumerados por técnicas precisas;
- Estarem ausentes em águas não poluídas e serem associados exclusivamente, a despejos de fezes animais e humanas;
- Apresentarem densidade quantitativamente relacionada com o grau de contaminação fecal;

Desde 1946, o grupo coliforme vem sendo utilizado como indicador na avaliação bacteriológica da qualidade da água. Sua presença é considerada indicadora de risco potencial à saúde, devido a sua associação com microrganismos patogênicos excretados com as fezes (GELDREICH, 1978).

O grupo de bactérias coliformes, denominados coliformes totais, está constituído por vários gêneros da família *Enterobacteriaceae* (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia*) e são definidos como bastonetes Gram negativos, não formadores de esporos, anaeróbios facultativos e fermentadores de lactose em 24-48 horas com produção de ácido e gás (APHA, 1999).

Como o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, isto limita sua aplicação como indicador específico de contaminação fecal. O conhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes termotolerantes, os quais são diferenciados dos anteriores pela sua capacidade de fermentar lactose em temperaturas elevadas, cerca de 44,5°C. (CETESB, 2006).

Para a realização das análises microbiológicas, as amostras foram submetidas à técnica de tubos múltiplos, para a determinação do número mais provável de coliformes termotolerantes por 100mL de água (NMP/100mL), conforme orientação constante em APHA (1999) e Resolução 357/2005 – CONAMA. Para a determinação da balneabilidade nos pontos situados no igarapé Água Boa e rio Cauamé, foi seguido o preconizado pela Resolução

274/00 - CONAMA.

### 3.4 Índice de qualidade de água

Com intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade da água obtidas no monitoramento, de forma abrangente e útil, para especialistas ou não, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo – CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, adaptou o Índice de Qualidade de Água – IQA, tendo como determinante principal, a utilização desta para abastecimento público (FREITAS e REQUIÃO, 1994).

A adaptação do IQA pela CETESB baseou-se em pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem medidos, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresentam cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água propostos, foram selecionados 9: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez, turbidez e sólidos totais. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Porém, de acordo com Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004), os parâmetros utilizados pelo IQA, podem ser adaptados as características peculiares de cada região, mostrando, com isso, resultados mais próximos da realidade.

O IQA é calculado pela seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde: **IQA** = Índice de Qualidade de Água (um número entre 0 e 100); **qi** = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número de 0 a 100, obtido da respectiva “curva média da variação da qualidade”, em função da concentração ou medida e, **wi** = peso correspondente ao

i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Em que: **n** = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. Após o cálculo do IQA, os valores do índice, que variam entre 0 e 100, são enquadrados em níveis de qualidade, conforme tabela 7.

Tabela 7 – Níveis de qualidade da água de acordo com as faixas de variação do Índice de Qualidade da Água (IQA).

<b>ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA</b>	
<b>Nível de Qualidade</b>	<b>Faixa</b>
Excelente	90<IQA <=100
Bom	70<IQA <=90
Médio	50<IQA <=70
Ruim	25<IQA <=50
Muito Ruim	00<IQA <=25

Fonte: CETESBE (2006).

O IQA utilizado foi adaptado pelo Laboratório de Águas da Universidade Federal de Roraima para as condições naturais dos rios locais, previamente levantadas em monitoramento (ver gráficos no anexo C), e é determinado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes a parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, sólidos totais dissolvidos, nitrato, cloreto, alcalinidade, condutividade elétrica e turbidez. Os dados obtidos foram submetidos à planilha do Microsoft Office Excel produzida pelo laboratório supracitado.

### 3.5 Análise por componentes principais

A verificação efetiva de como se encontra um corpo d'água em relação ao processo

de poluição, e como se deram suas alterações químicas e biológicas ao longo do tempo são, em geral, obtidos a partir de pesquisas e de monitoramento da qualidade de sua água, que resultam na determinação de um grande número de variáveis, muitas vezes subtilizadas ou mesmo de difícil interpretação.

Tal problema vem sendo verificado em muitos órgãos que lidam com grande número de dados de natureza diversa, o que requer a utilização de métodos adequados que possibilitem a sua máxima exploração. Assim, na maioria dos casos, a utilização dos dados obtidos restringe-se a simples comparação com os padrões ambientais (VIDAL, LÓPEZ e SANTUALLA, 2000).

Atualmente pode-se verificar a crescente utilização de análises estatísticas multivariadas e exploratórias no tratamento de dados ambientais, como uma forma de reduzir a dimensionalidade do problema e facilitar a interpretação sem perda de informações importantes (VEGA, PARDO e BARRADO, 1998).

A base fundamental da maioria dos métodos modernos para o tratamento de dados multivariados é a Análise de Componentes Principais (PCA), do inglês, *Principal Components Analysis*. A PCA foi inicialmente utilizada por Karl Pearson em 1901, porém o tratamento formal do método é devido ao trabalho de Hotteling, na década de 30. Primeiramente começou a ser utilizada em trabalhos envolvendo as ciências sociais. Porém, vem sendo difundida dentro de outras ciências como a química, a física, a biologia (RIBEIRO, 2001).

A PCA se origina de uma matriz de covariância que descreve a dispersão dos múltiplos parâmetros medidos para obter autovalores e autovetores. As combinações lineares das variáveis originais e de autovetores resultam em novas variáveis chamadas componentes principais. (PARREIRA, 2003).

Segundo Ribeiro (2001), para que ocorra uma transformação dos dados complexos em informações mais importantes e relevantes se tornando mais fáceis de serem visualizadas, a matriz original  $\mathbf{X}$  de dimensão ( $\mathbf{n} \times \mathbf{m}$ ) que é uma tabela de dados multivariados onde os objetos são dispostos em  $\mathbf{n}$  linhas e as variáveis em  $\mathbf{m}$  colunas, é necessário que a matriz dessas variáveis (nesse caso as variáveis independentes) seja decomposta em uma soma de matrizes menores, que são oriundas de produtos vetoriais entre  $t_i$  (*scores*) e  $p_i$  (*pesos* ou *loadings*) e uma matriz residual.

Considerada uma das técnicas mais poderosas e comuns é usada para reduzir a dimensionalidade de grandes conjuntos de dados sem perda da informação. Matematicamente, pode ser definida como combinações lineares de variáveis aleatórias com propriedades

especiais em termo da variância. Essa técnica tem por objetivo identificar um novo conjunto de variáveis ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ) como combinações lineares das variáveis originais ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ), tal que os primeiros termos ( $Y_1, Y_2$  e no máximo  $Y_3$ ) expliquem grande parte da variação dos dados e tenham interpretação prática. Busca-se, nesse procedimento, a obtenção de novas coordenadas que tenham variância máxima e que não sejam correlacionadas entre si (BOLLMANN e MARQUES, 2000).

Ainda segundo Bollmann e Marques (2000), um dos objetivos iniciais da PCA é verificar se uns poucos componentes explicam a maior parte da variância dos dados. Se isso ocorrer, pode-se reduzir a dimensão dos dados, o que permite compreender melhor a aproximação dos mesmos (análise de agrupamento) e as correlações entre as variáveis para sua seleção e redução dos dados através de eixos explicativos e representação gráfica.

Sendo a PCA um método de quadrados mínimos, amostras anômalas influenciam fortemente os resultados. Desta forma, é essencial encontra-las e elimina-las ou corrigi-las antes de aplicar o método aos dados analisados (WOLD, 1987). Porém, antes mesmo disso, pode ser necessário um pré-processamento dos dados, com objetivo de adequar as amostras do conjunto de maneira a minimizar ou maximizar o efeito de certas variáveis no todo. É o caso, por exemplo, de diferentes unidades, com diferentes magnitudes, como as que estamos utilizando neste trabalho.

Para a realização da análise por componentes principais, foram utilizados 10 parâmetros entre físico-químicos e microbiológicos (*scores*) em 18 pontos de amostragem (*loadings*), o que proporcionou uma matriz 10 x 18. De acordo com Parreira (2003), é possível proceder ao pré-processamento dos dados de três maneiras: centrando-os na média, escalando-os pela variância ou autoescalando-os (centralização na média, e posterior escalamento pela variância). Neste trabalho, optou-se pelo auto-escalamento devido à alta diferença nos valores das variáveis utilizadas. Para a escolha da proximidade entre dois agrupamentos optou-se pela distância euclidiana, que segundo Norskov-Lauristsena e Burgi (2005) é a mais simples medida de similaridade entre pontos num conjunto de dados.

### **3.6 Análise hierárquica de cluster**

A Análise Hierárquica de Cluster - HCA, também chamada de método de identificação não supervisionado, engloba uma grande variedade de técnicas para análise exploratória dos dados. Um de seus principais objetivos é agrupar objetos (casos) dentro de

classes (grupos), sendo os objetos dentro de classes similares, mas diferentes daqueles de outras classes. As características das classes só são conhecidas posteriormente, a partir do estudo dos dados (VEGA, PARDO e BARRADO, 1998).

Existem duas grandes categorias utilizadas na análise de cluster: métodos hierárquicos e não-hierárquicos. O primeiro compreende uma forma seqüencial de agrupamento, iniciando com os mais simples pares de objetos até formar conjuntos (grupos) maiores, passo a passo. A similaridade entre duas amostras é geralmente dada pela distância euclidiana e essa distância pode ser representada pela diferença entre os valores analíticos de ambas as amostras (OTTO, 1998). Os métodos não-hierárquicos, não serão tratados neste trabalho.

Em qualquer um dos métodos, o processo de formação e junção dos agrupamentos é repetido até um simples cluster conter todas as amostras. O resultado pode ser visto a partir de um dendrograma que apresenta um resumo do processo de agrupamento e da proximidade dos grupos. Muitas aplicações de análises de cluster para avaliação da qualidade da água têm sido reportadas (BERZAS, GARCÍA e RODRÍGUEZ, 2000).

A HCA foi aplicada utilizando-se o método da distância euclidiana, com o objetivo de agrupar os pontos de amostragem que apresentavam características comuns, de acordo com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. O pré-processamento dos dados foi feito, por autoescalagem, para evitar o agrupamento errado, em virtude da diferença na magnitude e faixa de variação dos parâmetros analíticos.

### **3.8 Tratamento dos dados**

O tratamento preliminar dos dados obtidos: cálculos de médias aritmética (dados físico-químicos), média geométrica (dados microbiológicos), desvio padrão, coeficiente de variação e cálculo do IQA, foram realizados por meio do software Office Excel 2002 (1026142625) – Copyright© Microsoft Corporation. A curva analítica para o variável nitrato (anexo B), foi realizada com o auxílio do programa Origin 7.0 SRO, versão 7.0220 (B220), Copyright© 1991-2002. A análise por Componentes Principais e Análise Hierárquica de Cluster foi realizada por meio do software Ein Sighth 3.0 Série n° 9203E30B20, Copyright© , Infometrix, Seattle, WA, 1991.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a apresentação dos resultados das análises físico-químicas apresentadas a seguir, foram utilizadas médias de cada parâmetro, obtidas a partir das cinco amostragens realizadas em cada um dos 18 pontos de coleta. Dados mais completos, como valores máximos e mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados no anexo A.

### **4.1 Análises físico-químicas e microbiológicas**

#### **4.1.1 Temperatura**

Observando-se a figura 23, verificou-se que a temperatura da água nos pontos

estudados variou de 26,76°C no ponto P3 a 29,36°C no ponto P15.

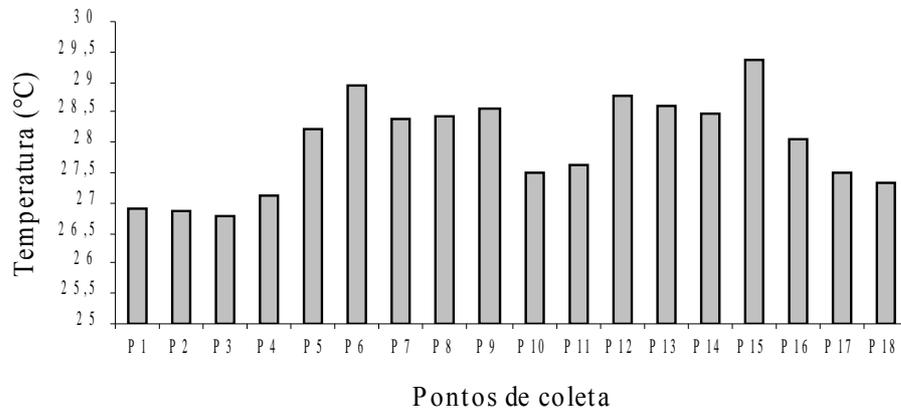


Figura 23 – Valores médios da variável Temperatura na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

As temperaturas correspondentes aos pontos de coleta localizados nos rios Tacutu, Uraricoera e Branco (variação média de 26,76°C a 27,68°C) e igarapé Água Boa (variação média de 27,48°C e 27,42°C), são as mais baixas observadas. Tais pontos amostrais estão caracterizados pela presença de mata ciliar próxima ao local de coleta. Esse fator aliado aos horários de coleta, compreendidos entre 8h e 9h, com menor incidência solar, podem justificar tal resultado.

Os pontos de coleta localizados mais próximos, ou dentro da zona urbana de Boa Vista, referentes ao rio Cauamé e igarapés Caranã, Grande, Mirandinha e Caxangá, apresentaram temperaturas variando de 28,04°C (P16 - igarapé Grande) a 29,36°C (P15 – foz do igarapé Caxangá), sendo estas as mais elevadas. Fatores contrários aos encontrados nos pontos com temperaturas menores, tais como ausência de mata ciliar, pequena lâmina d'água e coleta realizada 10h e 12h, com maior incidência solar, podem estar influenciando esse aumento na temperatura.

Tais afirmações podem ser corroboradas pelo exposto por CETESB (2006), quando afirma que as variações de temperatura fazem parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas, o que não se verifica

em nenhum ponto amostral.

Estudos realizados por Melo (2005), em rios de água urbana na cidade de Manaus – AM mostraram uma variação de temperatura de 23,1°C a 33,0°C. Os valores acima de 28°C são por ele, também relacionados à falta de mata ciliar, oxidação biológica de matéria orgânica e lançamentos de esgotos industriais e domésticos.

#### 4.1.2 Oxigênio dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O<sub>2</sub>), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos. É um índice expressivo da sua qualidade sanitária, assim águas superficiais devem apresentar-se saturadas de oxigênio (PORTO, 1991). A figura 24, a seguir expõe os resultados obtidos para a variável oxigênio dissolvido (OD), nos 18 pontos de coleta.

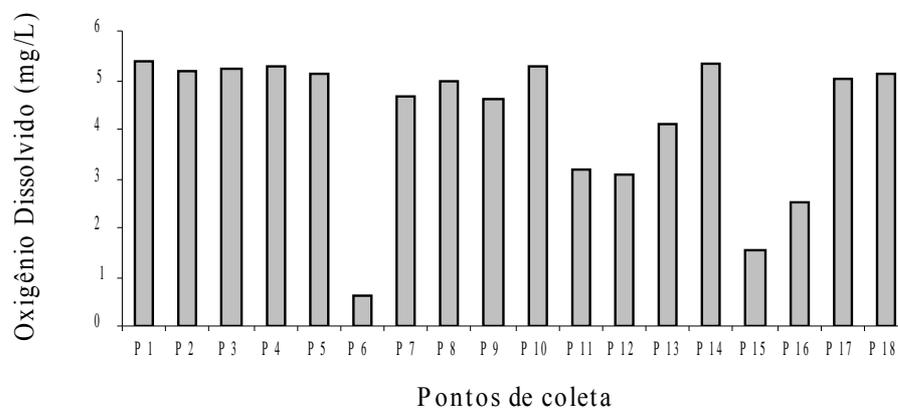


Figura 24 – Valores médios encontrados para a variável oxigênio dissolvido na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Os resultados médios obtidos para as análises realizadas nas amostras de água pertencentes aos pontos de coleta situados nos rios Tacutu (P1), Uraricoera (P2), Branco (P3, P4, P5 e P10), Cauamé (P8) e igarapé Água Boa (P17 e P18), apresentaram índices médios de oxigênio dissolvido variando entre 5,00 mg/L (P8) e 5,38mg/L (P1), todos estando dentro dos parâmetros estabelecidos para corpos d'água de Classe 2 pela resolução 357/2005 - CONAMA.

Com relação aos resultados médios obtidos para os pontos P7 e P9 (rio Cauamé) e P13 (igarapé Caranã), foi constatado valores variando de 4,12mg/L (P13) a 4,62mg/L (P9), estando estes de acordo com os parâmetros estabelecidos para corpos d'água de Classe 3 pela Resolução 357/2005 – CONAMA. Os pontos P11 e P12 (rio Branco) e P16 (igarapé Grande), apresentaram índices médios variando de 2,52mg/L (P16) a 3,20mg/L (P11), enquadraram-se dessa forma nos parâmetros estabelecidos para corpos d'água de Classe 4 pela Resolução 357/2005 – CONAMA.

Dentre todos os pontos amostrados, destacam-se os pontos P15 (igarapé Caxangá) e P6 (foz do igarapé Mirandinha), os quais apresentaram valores de 1,54mg/L e 0,64mg/L, respectivamente, estando estes abaixo dos preconizados pela Resolução 357/2005 – CONAMA. De acordo com Branco (1986), Zuccari (1992) e Silveira (1993), esses baixos valores no teor de oxigênio na água estão ligados ao aumento da temperatura. Fazendo-se uma relação entre a temperatura da água e a quantidade de oxigênio dissolvido, verifica-se que os pontos de coleta com maiores índices médios de temperatura, também apresentaram menores teores de oxigênio dissolvido.

Outro ponto importante que há de se considerar, conforme exposto por Rebouças (2002), é a afirmação que os corpos d'água tropicais, possuem naturalmente, menos oxigênio disponível do que os de lagos temperados. Esta constatação assume importância, quando se considera que nos lagos próximos ao Equador, a temperatura pode atingir até 38°C, proporcionando, naturalmente, menores teores de oxigênio dissolvido na água.

A determinação de OD também pode indicar capacidade dos corpos d'água de promover a autodepuração conforme afirmação de Conte e Leopoldo (2001). Assim, os baixos valores de OD obtidos nos igarapés inseridos na zona urbana da capital podem ser considerados como um sinal de que o nível da carga poluidora existente nos mesmos está acima da sua capacidade natural de autodepuração.

O acúmulo de agentes poluidores, principalmente de origem orgânica, pode de acordo

com o exposto por Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004), acarretar baixos índices de OD, pois ao entrarem em decomposição dentro do ambiente consomem oxigênio. Sperling (1993), infere ainda, que durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias presentes no corpo d'água fazem uso do OD nos processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Conforme a magnitude desse fenômeno pode vir a ocorrer a morte de diversos organismos aquáticos, inclusive de peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com a geração de maus odores, o que foi verificado com maior intensidade nos pontos P6 (foz do igarapé Mirandinha), P12 (foz do igarapé Caxangá), P15 (igarapé Caxangá) e P16 (igarapé Grande).

Diversos estudos realizados em corpos d'água situados em áreas urbanas verificaram baixos índices de OD, relacionando esses resultados a poluição orgânica, como é o caso de Horbe et al. (2005), em estudos realizados em rios situados na cidade de Manaus-AM, e Franca et al. (2006), em estudos realizados em corpo hídrico inserido em Juazeiro do Norte-CE.

#### 4.1.3 Demanda bioquímica de oxigênio

Essa variável representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos (SPERLING, 1993). Ao se analisar a figura 25, pode-se verificar o comportamento médio da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos 18 pontos de amostragem.

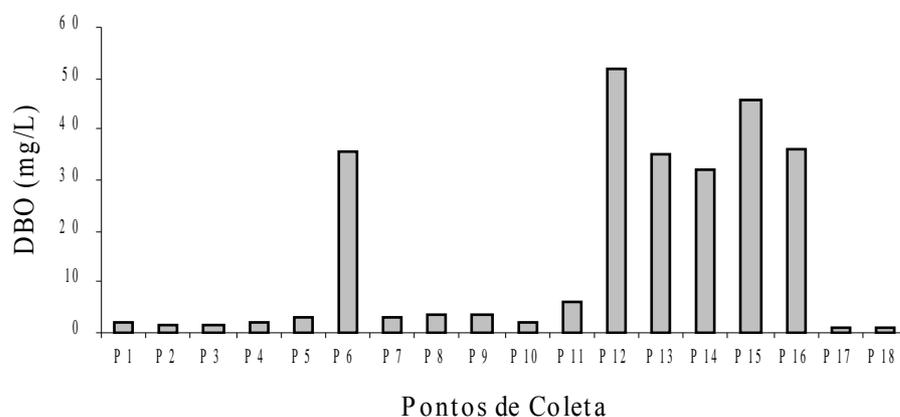


Figura 25 – Valores médios encontrados para a variável demanda bioquímica de oxigênio da água nos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Os valores médios obtidos nos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P10, P17 e P18, apresentaram DBO variando de 0,97mg/L (P17 e P18 – igarapé Água Boa) a 2,89mg/L (P5 – foz do rio Cauamé), enquadrando-se dentro do estabelecido para corpos d'água de Classe 1 pela resolução 357/2005 – CONAMA. Os pontos situados ao longo do rio Cauamé apresentaram índices médios de DBO variando de 3,2mg/L (P7) a 3,7mg/L (P8), enquadrando-se dentro do estabelecido para corpos d'água de Classe 2 pela resolução 357/2005 – CONAMA. O ponto P11 apresentou índices médios de DBO de 6,14mg/L enquadrando-se desta forma dentro do estabelecido para corpos d'água de Classe 3 pela resolução 357/2005 – CONAMA.

Destacamos, porém, os demais pontos de coleta sendo estes localizados nos igarapés Caxangá, Mirandinha, Grande e Caranã, os quais apresentaram índices médios de DBO variando de 32,03 mg/L (P14 – igarapé Mirandinha) a 51,77mg/L (P12 – foz do igarapé Caxangá), estando estes além dos limites estabelecidos pela resolução 357/2005 – CONAMA. De acordo com CETESB (2006), esses valores elevados de DBO num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Sperling (1993) reforça tal assertiva, confirmando que a DBO retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos corpos d'água, sendo portanto, uma indicação do potencial de consumo de OD. E ainda, que este é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. Tal afirmação pode ser empregada para os pontos estudados que apresentaram valores mais elevados de DBO e consequentemente baixos valores de OD, conforme já explanado.

Franca et al. (2006), verificou valores de até 244mg/L de DBO (período seco) em corpo d'água situado em área urbana da cidade de Juazeiro do Norte-CE. Da mesma forma, Conte e Leopoldo (2001), constataram valores acima do permitido pela legislação (Resolução 357/05 – CONAMA), também em corpos hídricos urbanos. E ainda, Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004) obtiveram valores de 263,1mg/L, 146,5mg/L e 118,4mg/L de DBO em corpos d'água influenciados por atividades antrópicas. Todos esses trabalhos possuem em comum a localização dos corpos d'água e os altos valores de DBO obtidos, constatando-se dessa forma, a influência antrópica no processo de poluição.

A influência antrópica também foi claramente evidenciada quando do processo

amostral deste trabalho. Notou-se que os maiores valores de DBO, foram encontrados nos pontos de coleta situados na área urbana da capital, os quais apresentaram, em vários trechos, despejo direto da matéria orgânica produzida por domicílios próximos, e a transformação de seus leitos e margens em depósitos de lixo diverso.

#### 4.1.4 Turbidez

Segundo Esteves (1998), a turbidez da água é sua capacidade em dispersar a radiação, sendo expresso em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica, como a nefelométrica (NTU). Partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microrganismos e outros materiais impendem a passagem de luz através da água, desviando e absorvendo os raios. A figura 26 apresenta os resultados médios obtidos para turbidez nos 18 pontos de coleta.

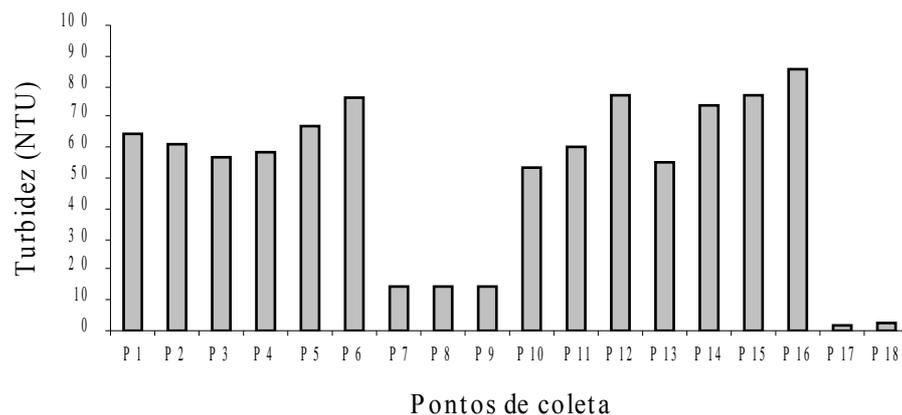


Figura 26 – Valores médios encontrados para a variável turbidez na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Os pontos amostrais localizados no rio Cauamé e igarapé Água Boa, apresentaram baixos índices de turbidez, variando de 2,0 NTU a 14,8 NTU, enquadrando-se nas águas de Classe 1 conforme Resolução 357/05 - CONAMA. Os demais pontos maiores valores, porém, foram verificados nos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P10, P11, P13, P14, P15, P16, variando de 53,8 NTU a 85,8 NTU, enquadrando-se dessa forma nas águas de Classe 2 da Resolução 357/05 - CONAMA. Nestes pontos de coleta encontramos os rios Tacutu, Uraricoera, Branco e os igarapés Mirandinha, Caxangá, Grande e Caranã. Valores semelhantes foram encontrados por Vital (2004) em análises realizadas nos mesmos pontos de coleta no ano de 2003.

Caldeiron (1992) caracterizou os rios Tacutu, Uraricoera e Branco como rios de águas brancas e CPRM (2002) caracterizou o rio Cauamé como sendo rio de água branca e o igarapé Água Boa como igarapé de águas claras. De acordo com Sioli (1968) as águas brancas

são oriundas de intensos processos erosivos nas regiões andinas e pré-andinas, com alta concentração de eletrólitos, apresentando grande quantidade de sedimentos em suspensão e pH próximo de 7, e as águas claras, colocados como intermediários entre os tipos anteriores, demonstrando uma grande heterogeneidade química. Com base nessas informações, pode-se coligir que os rios Tacutu, Uraricoera e Branco possuem tais valores de turbidez, devido a sua formação geológica.

Os índices encontrados nos igarapés urbanos podem, porém, estar sendo influenciados pela atividade antrópica, como erosão provocada pelas chuvas, ausência de mata ciliar, efluentes domésticos e industriais e carreamento de lixo. Trabalhos como o realizado por Zuccari, (1992) em corpos hídricos localizados na cidade de Botucatu-SP e Conte e Castro, Conte e Martins (1998) em rios de múltiplos usos em zona urbana demonstraram a ligação do aumento dos índices de turbidez nas zonas de maior intervenção antrópica. Salienta-se dessa forma a necessidade de uma verificação mais apurada quanto a real origem dos índices de turbidez apresentada por esses corpos d'água, se natural ou antrópica.

#### 4.1.5 pH

O termo pH é usado para expressar a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio  $H^+$ , e é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio (ESTEVES, 1998). De acordo com a figura 27, pode-se verificar os valores médios encontrados para o pH nos 18 pontos de coleta.

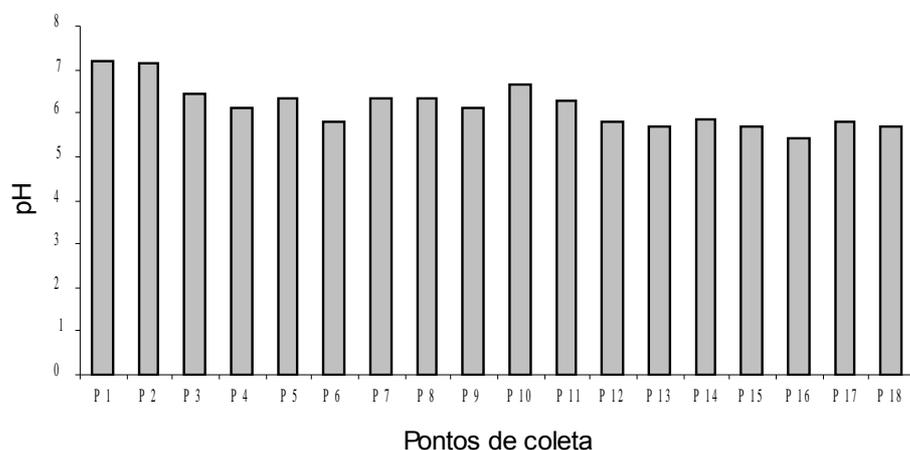


Figura 27 – Valores médios encontrados para a variável pH da água nos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P10, P11, apresentaram valores médios de pH variando de 7,18 (P1 - rio Tacutu) a 6,1 (P9 - rio Cauamé), os quais se apresentaram dentro da faixa de normalidade proposta pela Resolução 357/05 - CONAMA.

Esses valores de pH podem ser explicados pela formação geológica daqueles corpos d'água, pois segundo Junk (1983), os rios de água branca são de origem andina e pré-andina e contêm na sua maioria, material oriundo de sedimentos terciários ou cretáceos, alcalinos e relativamente ricos em sais minerais. Tal assertiva é corroborada por Fittkau (1971) *appud* CPRM (2002), quando afirma que as regiões andina e pré-andina são ricas em cálcio e magnésio, com alta carga de sedimentos, alto percentual de metais alcalino-terrosos e pH tendendo ao neutro. Outra informação que deve ser considerada, explanada pó CPRM (2002) é o fato de os ambientes fluviais de cabeceira na região do alto rio Branco, denominados rios formadores, representados pelos rios Surumu, Parimé, Tacutu e Uraricoera, se caracterizarem por apresentar águas com valores relativamente altos de pH tendendo ao neutro, correspondendo aos maiores valores médios quando comparados com as outras regiões.

Os pontos P17 e P18, situados no igarapé Água Boa, apresentaram valores médios de pH de 5,68 e 5,8, respectivamente. Estes valores encontram-se fora da faixa de normalidade estabelecida pela Resolução 357/05 – CONAMA, porém, a mesma Resolução apresenta uma ressalva em relação aos corpos d'água que possuem pH mais ácido como condição natural, ressalva essa, que pode ser aplicada a esse igarapé, pois de acordo com CPRM (2002), o igarapé Água Boa possui águas claras, e seus estudos demonstraram pH natural chegando a 3,7. Os estudos efetuados por Vital (2004), trazem resultados semelhantes ao encontrados por este trabalho.

Os pontos P6, P12, P13, P14, P15 e P16, referentes aos igarapés Caxangá, Mirandinha, Grande e Caranã, apresentaram pH variando de 5,41 (P16 - igarapé Grande) a 5,82 (P6 - foz do igarapé Mirandinha). Estes valores de pH podem estar diretamente ligados à intervenção antrópica por meio de agentes poluidores. Melo (2005), verificaram pH variando de 3,2 a 5,6 em corpos d'água situados na zona urbana de Manaus-AM. Os autores atribuíram os baixos valores de pH a alterações provocadas por substâncias provenientes de despejos domésticos. Silva, (1986), em trabalho realizado em rios urbanos na região amazônica, também atribui valores baixos de pH à interferência antrópica.

#### 4.1.6 Alcalinidade

Alcalinidade é a medida total das substâncias presentes na água, capazes de neutralizar ácidos. Em outras palavras, é a quantidade de substâncias presentes na água que atuam como tampão. A seguir, serão apresentados, por meio da figura 28, os valores médios referentes ao parâmetro alcalinidade, nos 18 pontos de coleta.

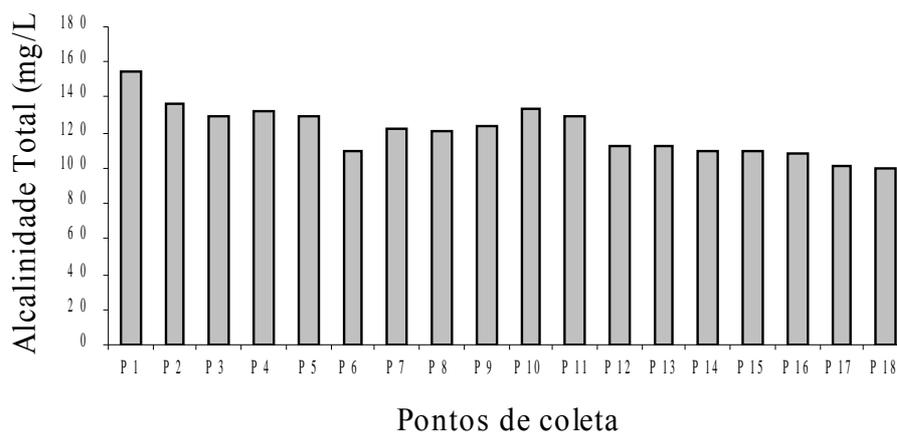


Figura 28 – Valores médios encontrados para a variável alcalinidade na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista – RR.

As análises verificaram apenas alcalinidade total. Os 18 pontos de coleta apresentaram valores médios de 90,0mg/L de carbonato de cálcio no ponto P6 (igarapé Mirandinha), a 155,0mg/L de carbonato de cálcio no ponto P1 (rio Tacutu). Vital (2004) obteve valores semelhantes para os mesmos pontos de amostragem.

Tais resultados estão provavelmente relacionados com a formação geológica da bacia pois segundo Junk (1983), os rios Tacutu, Uraricoera e Branco, tem suas águas classificadas como brancas, as quais são de origem andina e pré-andina e contêm na sua maioria, materiais alcalinos relativamente ricos em sais minerais. Tal assertiva é apoiada por Fittkau (1971) appud CPRM (2002), quando afirma que as regiões andina e pré-andina são ricas em Ca e Mg, com alta carga de sedimentos e alto percentual de metais alcalino-terrosos. E por Franca et al. (2006), que em estudos realizados em rio de zona urbana, encontrou valores médios de alcalinidade no período seco, variando de 154mg/L de carbonato de cálcio a 226,3 mg/L de carbonato de cálcio, atribuindo os mesmos a formação geológica de seu leito rica em cálcio.

#### 4.1.7 Nitrato

O nitrogênio, um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, possui uma química complexa, em virtude dos vários estágios que pode assumir, e impactos que a mudança seu estado de oxidação pode trazer sobre os organismos vivos, fenômeno melhor compreendido com o estudo do ciclo do nitrogênio (VILELLA,1975). Os valores médios de nitrato obtido nas análises de água dos 18 pontos de amostragem podem ser verificados na figura 29.

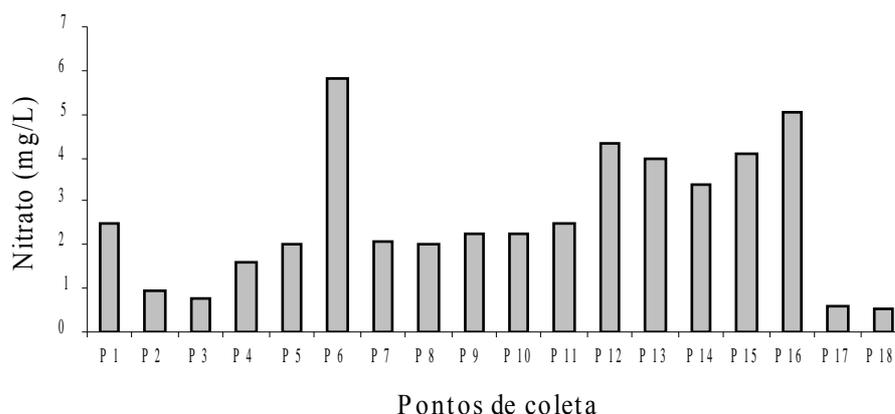


Figura 29 – Valores médios encontrados para a variável nitrato na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Todos os pontos de coleta apresentaram valores médios de nitrato dentro do limite estabelecido para águas de Classe 1, conforme Resolução 357/05 – CONAMA, com valores médios variando entre 0,52mg/L (igarapé Água Boa) a 5,84mg/L (foz do igarapé Mirandinha). Os menores índices foram estabelecidos pelos pontos P2, P3, P4, P17 e P18, sendo estes mais afastados na área urbana. Os valores mais altos foram verificados nos pontos P6, P12, P13, P14, P15 e P16, com valores de 3,38mg/L (P 14 - igarapé Mirandinha) a 5,84mg/L (P6 - igarapé Mirandinha). Destacamos os valores encontrados para o ponto P1 (rio Tacutu) que apresentou maiores índices que os pontos subsequentes (2,5mg/L), o que pode se dever a existência de atividades agrícolas ou fontes de efluentes anteriores a ele.

Pode-se ainda, constatar um aumento desse nutriente nas águas do rio Branco, conforme este se aproxima da cidade de Boa Vista, sendo nessa área que os igarapés urbanos estudados possuem suas fozes. Estudos realizados por Martins (1997), em rio urbano, comprovadamente contaminado por esgotos, apresentaram valores de nitrato variando de 0,5mg/L a 48mg/L, onde o autor relaciona os valores encontrados à poluição urbana.

Alaburda e Nishihara (1998) consideram que concentrações de nitrato superiores a

3,0 mg/L em amostras de água, são indicativas de contaminação por atividades antropogênicas. Seis pontos de coleta apresentaram valores de nitrato acima de 3,0 mg/L (P6, P12, P13, P14, P15 e P16), localizados nos igarapés Mirandinha, Caxangá, Grande e Caranã, todos situados em área urbana. Mesmo estando dentro de parâmetros estabelecidos para águas de classe 1, tais valores se tornam uma alerta quanto ao níveis de poluição apresentado pelos mesmos.

#### 4.1.8 Cloreto

O resultado médio obtido para a variável cloreto, a partir das análises realizadas nos 18 pontos de coletas é apresentados a seguir, na figura 30.

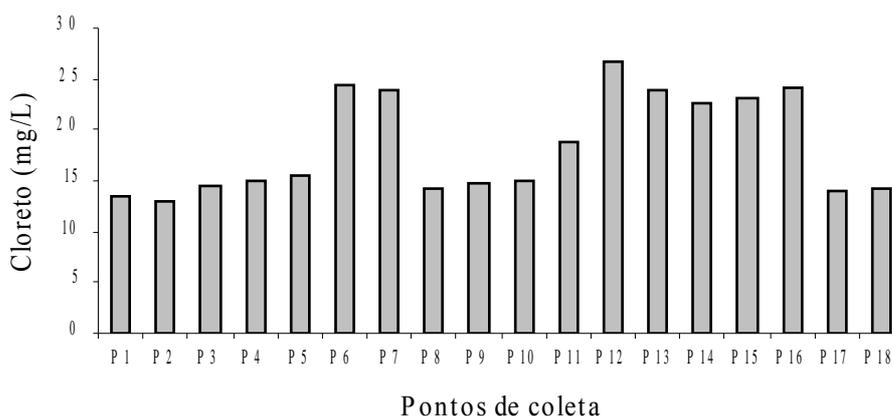


Figura 30 – Valores médios encontrados para a variável cloreto na todos os pontos amostrados apresentaram níveis de Cloreto compatíveis com água de Classe 1 conforme Resolução 357/05 – CONAMA. Os menores valores são referentes aos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P8, P9, P10, P11, P17 e P18, os quais variaram de 13,04 mg/L (P2 - rio Uraricoera) a 18,85 mg/L (P11 - rio Branco – Bairro Caetano Filho).

Nos pontos P6, P7, P12, P13, P14, P15 e P16, foram obtidos os maiores valores médios de cloreto que variaram de 22,59mg/L no ponto P14 (igarapé Mirandinha) a 26,63mg/L no ponto P12 (foz do igarapé Caxangá). Vital (2004), em análises realizadas em 2003 encontrou menores valores de cloretos para estes pontos de coleta. O que sugere um aumento da poluição nesses pontos nesse intervalo de tempo.

Mazzeo (1991) determinou valores de cloreto variando de 55 mg/L a 210mg/L, para o igarapé Tucunduba situado dentro da cidade de Belém – PA, onde foi evidenciado a despejo de efluentes domésticos e de curtume. Da mesma forma, estudos realizado por Ribeiro (2002)

apresentou valor de 13,5mg/L de cloreto em igarapé urbano da mesma cidade. E ainda, Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004), em estudos realizados em corpo d'água urbano em Minas Gerais encontrou valores de cloreto variando de 2,5mg/L a 13,5mg/L.

De acordo com CETESB (2006), nas águas superficiais são fontes importantes às descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Assim, Conforme o acima, exposto, pode-se coligir que os pontos com maiores valores para a variável em questão, estão sendo influenciados por agentes poluidores de origem antrópica, pois todos se encontram situados na área urbana da cidade.

#### 4.1.9 Sólidos totais dissolvidos

A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra é denominada de sólidos totais. (DI BERNARDO; DI BERNARDO e CENTURIONE FILHO, 2002). Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho - sólidos em suspensão e dissolvidos (CETESB, 2006). Neste estudo foram analisados apenas os sólidos totais dissolvidos (STD), com valores médios expressados na figura 31, para os 18 pontos de amostragem.

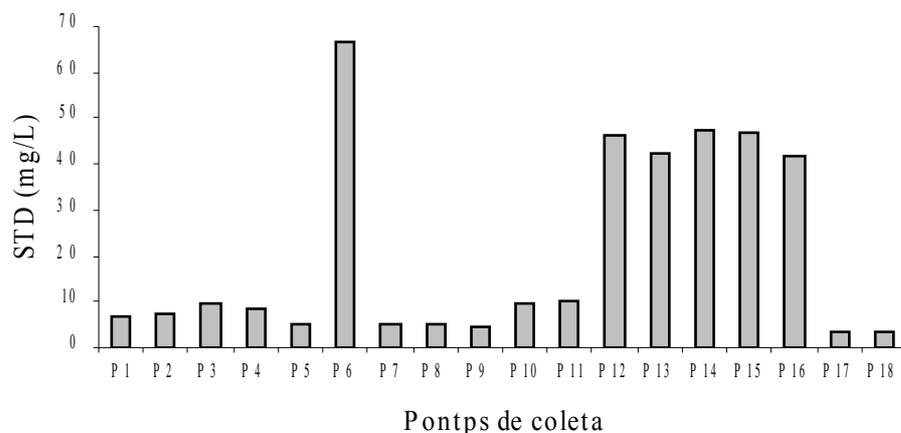


Figura 31 – Valores médios encontrados para a variável sólidos totais dissolvidos na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista-RR.

Todos os pontos de coleta apresentaram valores dentro do limite estabelecido para

corpos d'água de Classe 1 que é de 500mg/L (CONAMA, 2005). Os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P17 e P18, apresentaram os menores valores médios variando de 3,36mg/L (igarapé Água Boa) a 10,24mg/L (rio Branco-Bairro Caetano Filho).

Os pontos P6, P12, P13, P14, P15 e P16 apresentaram os valores médios mais altos variando de 42,8mg/L (igarapé Caranã) a 66,44mg/L (foz do igarapé Mirandinha). Tais valores podem estar relacionados a poluição antrópica como verificado Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004), que encontrou valores variando de 56mg/L a 482mg/L em águas atingidas por efluentes domésticos e industriais. De acordo com Di Bernardo; Di Bernardo e Centurione Filho (2002), de um modo geral, todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, têm sua origem nos sólidos incorporados a seu meio. Assim, esses maiores valores de STD, mesmo estando dentro dos limites da legislação são indícios de poluição de origem antrópica.

#### 4.1.10 Condutividade elétrica

De acordo com CETESB (2006), a condutividade elétrica (CE) fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Ao analisarmos a figura 32, pode-se constatar a condutividade média nos 18 pontos d

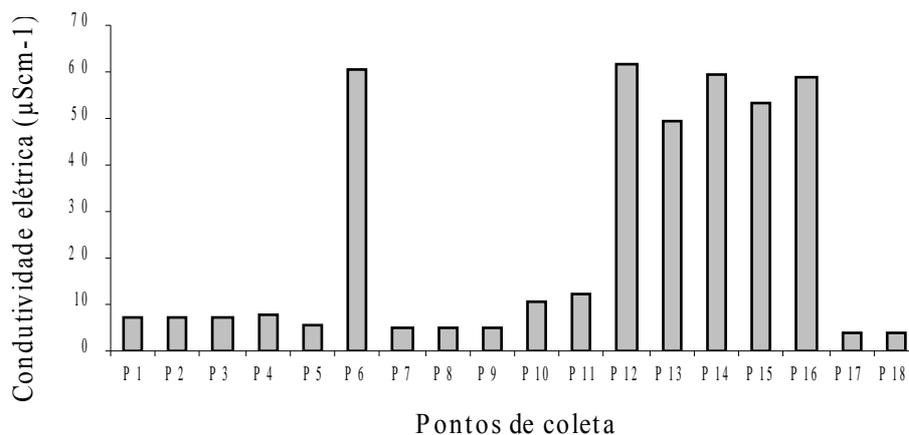


Figura 32 – Valores médios encontrados para a variável condutividade elétrica na água dos 18 pontos de coleta no município de Boa Vista – RR.

Os pontos P17 e P18 apresentaram os mais baixos valores de condutividade elétrica,

variando de 3,92  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no ponto P17 e 3,90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no ponto P18. Tais valores podem ser atribuídos as características naturais deste corpo d'água, sendo classificado como igarapés de águas claras por CPRM (2002), os quais possuem naturalmente uma menor quantidade de íons.

Os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P10 e P11 apresentaram valores médios de condutividade elétrica, variando de 5,10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no ponto P17 (rio Cauamé) a 12,20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no ponto P11 (rio Branco – Bairro Caetano Filho). Esses baixos valores se tornam atípicos quando nos reportamos às características desses corpos d'água, classificados como sendo de águas brancas segundo Sioli (1968). Porém, conforme exposto por CPRM (2002), rios como o Branco e Cauamé, possuem comportamentos distintos no período chuvoso e no período seco, apresentando características de águas brancas no primeiro, onde devido as chuvas há uma maior movimentação na coluna d'água e conseqüentemente maior carreamento de partículas e íons; e algumas características de águas claras no segundo, onde o movimento da coluna d'água é menor, o que provoca menor carreamento de partículas e íons e conseqüentemente, menor condutividade elétrica. Os pontos P17 e P18 apresentaram valores de condutividade elétrica de 3,92  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 3,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Tais valores são compatíveis com valores naturais de igarapés de águas claras como este foi classificado por CPRM (2002).

Os pontos P6, P12, P13, P14, P15 e P16, apresentaram os valores mais elevados de CE, variando de 49,48  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (igarapé Caranã) a 61,38  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (foz do igarapé Caxangá). Estudos realizados por Elias e Silva (2001), apresentaram valores de até 215  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e Melo (2005), encontrou valores variando de 134,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 267  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em igarapés situados na zona urbana de Manaus-AM. Zuccari (1992), verificou valores variando de 56,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 400,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em rios situados em área urbana de Botucatu. Ribeiro (2002), observou valores de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$  em canais interiores de Belém-PA, atribuindo o mesmo à poluição urbana.

Ressalta-se que a variação da CE verificada nos 18 pontos de amostragem, esta proporcionalmente ligada à quantidade de STD apresentadas pelos mesmos. E, mesmo ainda estando abaixo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valor expressado por CETESB, 2006, como limite para indicação de ambientes impactados, como esses valores mais elevados de CE nos igarapés inseridos no perímetro urbanos da cidade de Boa Vista, torna-se um sinal de alerta para a poluição a que os mesmos estejam sendo acometidos.

#### **4.1.11 Coliformes termotolerantes**

Atualmente uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se bastante significativo. A determinação da concentração das mesmas assume grande importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2006). Verifica-se na tabela 08, o comportamento médio do Número Mais Provável de Coliformes por 100 mL de amostra de água (NMP/100mL.).

Tabela 8 – Valores obtidos para a variável coliformes termotolerantes, verificada por meio do cálculo do Número Mais Provável por 100 mL (NMP/100mL).

PONTOS DE COLETA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)				
	MÉD <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup>	MÁX.	MÍN.
P1. Rio Tacutu	2,50E+01	3,31	13,20	3,0E+01	2,1E+01
P2. Rio Uraricoera	2,70E+01	5,41	20,30	3,4E+01	2,1E+01
P3. Rio Branco – Igreja	2,90E+01	2,48	8,50	3,3E+01	2,6E+01
P4. Rio Branco – Rizicultura	3,10E+01	6,19	20,40	4,0E+01	2,1E+01
P5. Rio Branco – Foz cauamé	1,16E+02	17,43	15,20	1,4E+02	9,0E+01
P6. Rio Branco – Foz Mirandinha	5,20E+04	13,67	12,60	5,8E+04	5,2E+04
P7. Rio cauamé – Montante Ig. Caranã	2,54E+02	16,74	12,60	2,6E+02	2,2E+02
P8. Rio Cauamé – Ponte	2,48E+02	17,04	28,70	2,6E+02	2,2E+02
P9. Rio Cauamé – Curupira	2,60E+02	26,33	17,20	3,0E+02	2,2E+02
P10. Rio Branco – CAER	1,54E+02	38,26	25,50	2,2E+02	1,1E+02
P11. Rio Branco – Bairro Caetano Filho	1,36E+03	87,05	21,50	1,7E+03	9,0E+02
P12. Rio Branco – Foz Ig. Caxangá	6,80E+04	66,00	24,10	7,0E+04	5,0E+04
P13. Ig. Caranã – Foz Caranã	2,00E+03	69,20	29,60	2,8E+03	1,1E+03
P14. Ig. Mirandinha – Drenagem	6,20E+04	96,93	24,30	7,0E+04	6,0E+04
P15. Ig. Caxangá – Elevatória CAER	7,20E+04	66,00	18,70	8,0E+04	7,0E+04
P16. Ig. Grande – Lagoa de Estabilização	1,18E+05	62,85	230,10	1,3E+05	1,1E+05
P17. Ig. Água Boa – Ponte	22,00	0,44	9,60	4,2E+00	3,1E+00
P18. Ig. Água Boa – Balneário	21,00	0,55	10,86	4,4E+00	3,1E+00

Os pontos P1, P2, P3, P4, P14, P5, P10, P17 e P18 estão de acordo com os padrões de qualidade de águas de Classe 1 determinados pela Resolução 357/05 – CONAMA. Os pontos P7, P8 e P9 estão de acordo com os padrões de qualidade de águas de Classe 2 determinados pela Resolução 357/05 – CONAMA. Os pontos P11 e P13 e P9 estão de acordo com os padrões de qualidade de águas de Classe 3 determinados pela Resolução 357/05 – CONAMA. Os pontos P6, P12, P14, P15 e P16 estão fora dos padrões de qualidade de águas de determinados pela Resolução 357/05 – CONAMA.

<sup>1</sup> - Média Geométrica

<sup>2</sup> - Desvio Padrão

<sup>3</sup> - Coeficiente de Variação

Reportando-se a tabela 08, nota-se que os maiores valores referentes à variável coliformes termotolerantes encontram-se nos pontos de coleta situados na área urbana de Boa Vista. Os pontos P6, P12, P14 e P15 (igarapés Mirandinha e Caxangá), apresentaram os maiores valores variando de 52.000 NMP/100mL a 80.000 NMP/100mL, índices que confirmam a situação desses corpos d'água já altamente antropizados que em muitos pontos de seus cursos recebem esgoto doméstico diretamente, conforme verificado durante as coletas de campo.

Enfoque especial, porém, deve ser dado ao ponto P16, situado logo abaixo do deságüe da lagoa de estabilização da cidade. O valor máximo encontrado para variáveis em questão foi 130.000 NMP/100mL, o que é um grande indício da contaminação do referido ponto por material fecal advindo da lagoa. Trabalhos realizados por Sant'Ana, Freitas e Lemos (2003), bem como por Vital (2004), já alertavam para a contaminação fecal sofrida pelos corpos d'água situados dentro da zona urbana da capital.

#### 4.2 Balneabilidade

Fato muito comum na cidade de Boa Vista, é verificar a presença de grande quantidade de moradores nos balneários da cidade, utilizados como forma agradável e acessível de lazer. Com base nesse fato, e em se tratando de qualidade de água, verificou-se a necessidade da realização de levantamento referente à balneabilidade, nos pontos de coletas situados no rio Cauamé e igarapé Água Boa, freqüentemente utilizados pela população local como fonte recreacional. Para tanto foram utilizados os parâmetros preconizados pela Resolução 274/00 – CONAMA. Por meio da tabela 9, pode-se observar os valores médios dos parâmetros que permitiram o enquadramento desses pontos de coleta na legislação referida.

Tabela 9 – Avaliação da balneabilidade nos pontos situados no rio Cauamé e igarapé Água Boa situados no município de Boa Vista-RR.

PONTOS DE COLETA		PARÂMETROS			CONDIÇÃO
		pH	Floração	Resíduos	
P7	Rio Cauamé - Montante Ig. Caranã	6,31	Ausente	Ausente	Muito Boa
P8	Rio Cauamé - Ponte	6,34	Ausente	Ausente	Satisfatória
P9	Rio Cauamé - Curupira	6,10	Ausente	Ausente	Muito Boa
P17	Ig. Água Boa - Ponte	5,8	Ausente	Ausente	Excelente

P18	Ig. Água Boa - Balneário	5,68	Ausente	Ausente	Excelente
-----	-----------------------------	------	---------	---------	-----------

Ao longo da realização das amostragens não foi verificado, em nenhum dos pontos de coleta, a presença de despejos sólidos ou líquidos, como esgotos sanitários, óleos, graxas ou outras substâncias capazes de oferecer risco a saúde. Também não foi observada mudança na coloração da água durante as coletas, bem como nenhum outro indício de floração de algas nos referidos pontos de amostragem.

Os pontos 6, 8 e 9, situados no rio Cauamé apresentaram valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela Resolução (variação de 6,0 a 9,0). Os pontos 17 e 18, situados no igarapé Água Boa apresentaram pH fora da normalidade, 5,8 e 5,68, respectivamente. Segundo o que preconiza a legislação em questão, os pontos que apresentarem pH fora da faixa limite terão suas águas consideradas impróprias para o banho, exceto se este pH for considerado condição natural do corpo d'água. Estudos realizados por Vital (2004), mostraram valores semelhantes aos aqui expostos, nos mesmos pontos de coleta. Sioli (1968), demonstra através de seus estudos que muitos corpos d'água na região amazônica possuem seu pH natural mais ácido que no restante do país.

As amostras analisadas, em sua totalidade foram consideradas próprias para o banho estando os pontos 7 e 9 em condições Muito Boas, o ponto 8 Satisfatório e os pontos 17 e 18 em condições Excelentes, apresentando um baixo índice de coliformes termotolerantes. Estudos realizados por Sant'Ana, Lemos e Freitas (2003), nos pontos 7 e 8 obtiveram balneabilidade excelente para tais pontos. Vital (2004), analisando a água dos pontos 8 e 9, constatou excelente balneabilidade para os mesmos.

Realizando-se uma análise temporal, verifica-se que no ano de 2001, data da realização das coletas efetuadas por Sant'Ana, Lemos e Freitas (2003) as porções estudadas do rio Cauamé, possuíam classificação Excelente, sendo esta diminuída posteriormente para Muito Bom e Satisfatório, com o aumento dos índices de coliformes termotolerantes.

Mesmo estando dentro dos padrões aceitáveis pela legislação, a diminuição da qualidade, demonstra claramente que este corpo d'água está sendo agredido pela poluição, ao contrário do que ocorre com os pontos 17 e 18, que mantêm o padrão de qualidade verificado por Vital (2004). Ao compararmos a situação geográfica dos 5 pontos analisados, verifica-se que os dois últimos encontram-se bem mais afastados do perímetro urbano, o que vem a favorecer os índices de poluição fecal encontrados.

### 4.3 Índice de qualidade de água

Após a estimação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos propostos, procedeu-se o cálculo dos níveis de qualidade da água de cada ponto amostral, cujos resultados são apresentados na tabela 10. O comportamento isolado dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA das amostras analisadas está contido no anexo C.

Das 18 amostras de água analisadas, 8 foram consideradas de nível Bom, 3 de nível Médio e 7 de nível Muito Ruim. A disparidade observada nos índices de qualidade, principalmente por envolver amostras muito próximas, pode indicar ação antrópica localizada e ressalta a necessidade de outros indicadores.

Tabela 10 – Índice de Qualidade de Água – IQA e seus respectivos níveis de qualidade dos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

PONTOS DE COLETA	IQA	NIVEL
P1 Rio Tacutu	77,4	BOM
P2 Rio Uraricoera	83,1	BOM
P3 Rio Branco – Igreja	81,7	BOM
P4 Rio Branco – Rizicultura	79,34	BOM
P5 Rio Branco – Foz cauamé	71,26	BOM
P6 Rio Branco – Foz Mirandinha	0,0	MUITO RUIM
P7 Rio cauamé – Montante ig. Caranã	67,36	MÉDIO
P8 Rio Cauamé – Ponte	64,17	MÉDIO
P9 Rio Cauamé – Curupira	65,62	MÉDIO
P10 Rio Branco – CAER	77,3	BOM
P11 Rio Branco – Bairro Caetano Filho	3,56	MUITO RUIM
P12 Rio Branco – Foz ig. Caxangá	0,07	MUITO RUIM
P13 Ig. Caranã – Foz Caranã	0,0	MUITO RUIM
P14 Ig. Mirandinha – Drenagem	0,08	MUITO RUIM
P15 Ig. Caxangá – Elevatória CAER	0,0	MUITO RUIM
P16 Ig. Grande – Lagoa Estabilização	0,06	MUITO RUIM
P17 Ig. Água Boa – Ponte	87,96	BOM
P18 Ig. Água Boa	88,49	BOM

Os resultados apresentados, quando comparados com os obtidos em estudos realizados por Vital (2004), nos mesmos pontos de coleta no ano de 2003 demonstram a ocorrência da mudança do índice de qualidade nos pontos P2, P3 e P4 (de Excelente para Bom), P7, P8 e P9 (de Bom para Médio), P13 e P14 (de Bom para Muito Ruim), P16 (de Médio para Muito Ruim) e P18 (de Excelente para Bom). Observa-se que todas as mudanças de resultado levaram os pontos amostrais para um nível mais baixo de classificação, demonstrando um aumento da poluição nos mesmos. Destaque especial é dado aos pontos de coleta situados em ambiente urbano da capital (P6, P12, P13, P14, P15 e P16), os quais

apresentaram os menores índices de qualidade.

Ao se realizar a comparação entre o IQA calculado no período de 2003 e 2006, e conseqüente verificação da diminuição em seu padrão de qualidade ao longo do tempo, acaba-se por confirmar a necessidade de um acompanhamento periódico da qualidade da água, por meio de monitoramento. Dessa forma, é possível constatar o aumento da poluição, quando este se inicia, possibilitando a rápida tomada de decisão por parte do poder público quanto à adoção de medidas mitigadoras, e ainda, a verificação da real eficiência de tais medidas.

#### 4.4 Análise por componentes principais

Uma forma visual rápida de avaliar como cada Componente Principal descreve a informação contida no conjunto original de dados, é obtida através da verificação da variância trazida por cada uma delas, juntamente com a variância acumulada, conforme verificado na tabela 11.

Tabela 11 – Resultado da Variância e Variância Acumulada para todas as Componentes Principais.

PC	VARIÂNCIA (%)	VARIÂNCIA ACUMULADA (%)
1	62,90	62,90
2	20,24	83,14
3	6,45	89,58
4	3,74	93,33
5	2,31	95,64
6	1,98	97,62
7	1,30	98,93
8	0,59	99,52
9	0,33	99,85

Verifica-se dessa forma que a Componente Principal 1 explica 62,9 % da variação dos dados, a Componente Principal 2 explica 20,24%, e as duas Componentes Principais (PC1 e PC2), analisadas em conjunto trazem aproximadamente 83% da informação constante nos dados originais, uma quantidade satisfatória quando se leva em consideração que são dados oriundos de naturezas diferentes.

Analisando conjuntamente os gráficos de *scores* e *loadings* (figura 33 e 34) e a tabela 12, em relação a PC1, constata-se que dentre o conjunto dos 18 pontos de coleta analisados,

dois grupos distintos foram separados: Grupo 1 e Grupo 2. E ainda, que as variáveis responsáveis por esta separação, foram DBO, condutividade, STD, nitrato, cloreto e coliformes termotolerantes, nessa ordem de importância, conforme a figura 34 e tabela 12, e todas essas variáveis estão relacionadas positivamente com a PC1. Realizando-se uma análise nas variáveis supracitadas, atribuídas aos pontos encontrados no Grupo 2, verifica-se que estas possuem valores mais elevados no mesmo, como pode ser verificado na tabela 12. Com base nessas observações, nota-se que a PC1, separou os pontos que apresentam menor quantidade de agentes poluidores – o Grupo I – dos que apresentam maior quantidade de agentes poluidores – o Grupo II.

As variáveis mais expressivas, ou seja, as que melhores explicam a PC1 e PC2, podem ser visualizadas através das figuras 33 e 34 e confirmadas através da tabela 12.

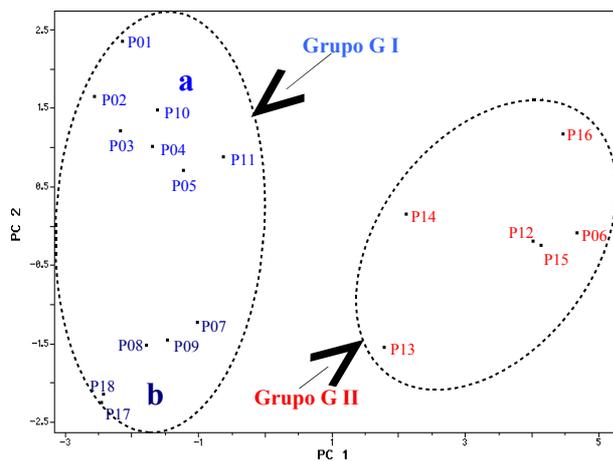


Figura 33 – Gráfico de *scores* mostrando a separação dos pontos de coleta em menos poluídos (GI) e mais poluídos (GII).

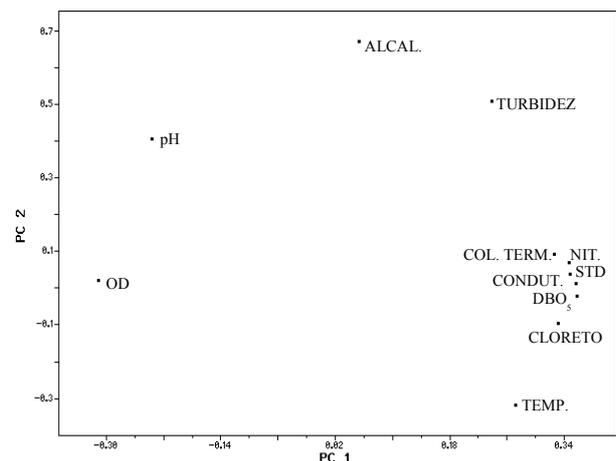


Figura 34 – Gráfico de *loadings* mostrando os parâmetros que mais influenciaram para a separação dos pontos de coleta.

Tabela 12 – Coeficientes da estrutura da PCA para a qualidade físico-química da água nos 18 pontos de amostragem. Em negrito estão as variáveis que mais contribuíram para a separação dos grupos.

VARIÁVEL	PC1	PC2
pH	-0,2355	<b>0,4062</b>
Condutividade	<b>0,3560</b>	0,0125
STD	<b>0,3484</b>	0,0374
OD	<b>-0,3113</b>	0,0204
Temperatura	0,2716	<b>-0,3185</b>
DBO	<b>0,3583</b>	-0,0228
Nitrato	<b>0,3473</b>	0,0684

Alcalinidade	0,0536	<b>0,6709</b>
Cloreto	<b>0,3320</b>	-0,0947
Turbidez	0,2384	<b>0,5090</b>
Coliformes Termotolerantes	<b>0,3267</b>	0,0909

Em relação a PC2, destacamos, conforme figuras 33 e 34 e tabela 12, a separação entre os componentes do Grupo I em dois subgrupos, sendo o pH, alcalinidade, turbidez e temperatura os parâmetros responsáveis por esta separação. Desta forma, nota-se a semelhança entre as águas do rio Cauamé e igarapé Água Boa (GIb), os quais apresentaram menor pH, alcalinidade e temperatura e maior turbidez; bem como entre o rio Tacutu, Uraricoera e Branco (GIa) com pH, alcalinidade e turbidez mais elevados e menor temperatura.

#### 4.5 Análise hierárquica de Cluster

A figura 35, a seguir apresenta os resultados obtidos através da HCA, nos 18 pontos de amostragem. A escala de similaridade variou de 0 a 1, onde foi utilizada a distância euclidiana. Os corpos d'água mais semelhantes reunidos próximos a 1 e os menos semelhantes próximos a zero. Os resultados obtidos por meio da HCA confirmam os resultados obtidos na PCA.

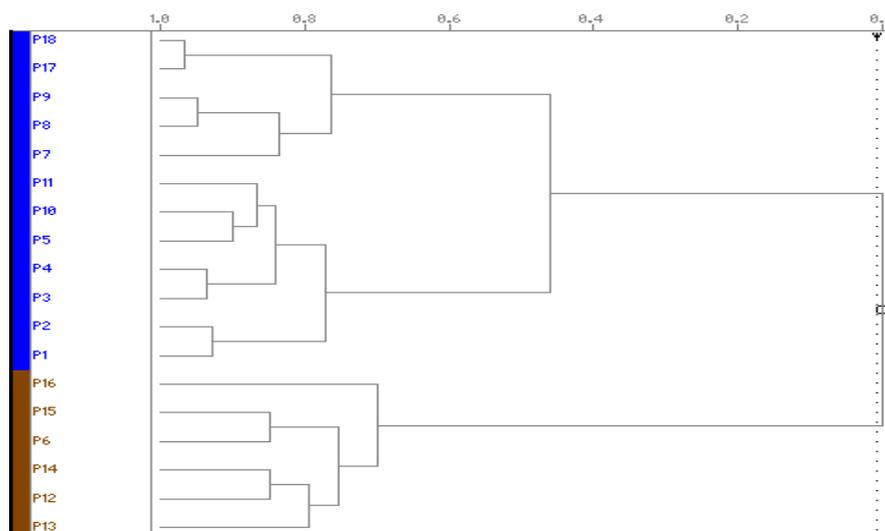


Figura 35 – Dendrograma obtido por meio da Análise Hierárquica de Cluster (HCA), apresentando agrupamento por semelhança dos 18 pontos de coleta.

A formação de dois grandes grupos hídricos distintos pode ser visualizada. O primeiro grupo (em azul) compreende os pontos de coleta que apresentaram índices menores de agentes poluidores (menos poluídos), sendo composto por pontos situados no rio Tacutu, Uraricoera, Branco, Cauamé e Igarapé Água Boa.

Dentro deste grupo verifica-se a formação de dois subgrupos com 0.48 de semelhança entre si. O primeiro subgrupo compreende o Igarapé Água Boa com 0.78 de semelhança com o rio Cauamé. E, o segundo subgrupo compreende os rios Tacutu, Uraricoera e Branco com 0.78 de semelhança entre si. Salienta-se aqui, que mesmo o rio Cauamé sendo classificado como rio de água branca por CPRM (2002), apresentou-se mais semelhante a o Igarapé Água Boa, classificado como de águas claras por CPRM (2002).

No segundo grupo (em vermelho), encontram-se os corpos d'água com maiores índices de agentes poluidores, sendo estes os Igarapés Mirandinha, Caxangá, Grande e Caranã, tendo os mesmos 0.76 de semelhança entre si. Dentro deste grupo podemos destacar o comportamento do ponto P16 (Igarapé Grande), que se mostra mais distante dos demais pontos. Tal afastamento se deve provavelmente devido à aos altos índices de coliformes fecais verificados naquele ponto de coleta.

#### 4.6 Comparação entre os métodos de análise multivariada utilizados

Como exposto anteriormente, foram utilizadas três ferramentas, IQA, PCA e HCA, para verificação da qualidade da água nos 18 pontos de coleta situados no município de Boa Vista-RR. Os resultados gerais obtidos podem ser visualizados na tabela 13.

Tabela 13 – Resultados gerais obtidos por meio da utilização do IQA, PCA e HCA nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

PONTOS DE COLETA	IQA	PCA	HCA
P1 Rio Tacutu	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P2 Rio Uraricoera	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P3 Rio Branco – Igreja	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P4 Rio Branco – Rizicultura	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P5 Rio Branco – Foz cauamé	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P6 Rio Branco – Foz Mirandinha	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos
P7 Rio cauamé – Montante ig. Caranã	Médio	Menos poluídos	Menos poluídos
P8 Rio Cauamé – Ponte	Médio	Menos poluídos	Menos poluídos
P9 Rio Cauamé – Curupira	Médio	Menos poluídos	Menos poluídos
P10 Rio Branco – CAER	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P11 Rio Branco – Bairro Caetano Filho	Muito ruim	Menos poluídos	Menos poluídos
P12 Rio Branco – Foz ig. Caxangá	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos
P13 Ig. Caranã – Foz Caranã	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos
P14 Ig. Mirandinha – Drenagem	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos

P15 Ig. Caxangá – Elevatória CAER	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos
P16 Ig. Grande – Lagoa Estabilização	Muito ruim	Mais poluídos	Mais poluídos
P17 Ig. Água Boa – Ponte	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos
P18 Ig. Água Boa	Bom	Menos poluídos	Menos poluídos

A classificação obtida por meio do IQA, por possuir maior quantidade de níveis de classificação, mostrou-se aparentemente mais completa, quando comparada apenas aos dois níveis utilizados neste trabalho para classificação do PCA e HCA. Porém, os dois últimos métodos de classificação, em conjunto, possuem a vantagem de indicar os parâmetros que mais estão influenciando a separação dos grupos e seus respectivos pesos, bem como dendrograma mostrando a similaridade entre os pontos, o que pode direcionar melhor a tomada de decisão quanto à mitigação de problemas.

O IQA obtido neste trabalho, quando comparado ao calculado por Vital (2004), demonstrou de forma eficiente o aumento da poluição em alguns pontos de coleta. Tal fato também possui grande importância no que tange a gestão dos recursos hídricos, principalmente no que se refere ao monitoramento, pois mostra a evolução de qualidade da água ao longo do tempo.

O cálculo no PCA e HCA, em conjunto, quando comparado ao IQA, traz a vantagem de poder utilizar todos os parâmetros obtidos por meio do monitoramento, o que pode, por exemplo, mostrar contaminação por pesticida ou aumento na concentração de metais pesados em uma determinada área. Outro ponto importante, é que o PCA podendo mostrar o aumento de importância de um determinado parâmetro ao longo do tempo, para classificação dos corpos d'água, pode fazer com que o cálculo do IQA seja reformulado, sendo tal parâmetro incluído em detrimento de outro com menor importância também demonstrada pelo PCA.

A partir do acima exposto pode-se observar, que as três ferramentas de classificação possuem vantagens e desvantagens em sua utilização. Sugere-se então, sua utilização conjunta, tendo-se desta forma, maior subsídio de informações na gestão dos recursos hídricos do município de Boa Vista-RR.

#### **4.6 Pontos Críticos: igarapés urbanos**

Por meio dos resultados expostos anteriormente verificou-se que os pontos de coleta que apresentaram maior índice de poluição são os que se encontram situados na área urbana do município de Boa Vista-RR. Suas características, verificadas ao longo das coletas são

expostas a seguir:

- Igarapé Mirandinha (P6 e P14): possui porções canalizadas, despejo direto de esgoto em seu leito; presença de lixo em suas margens e leito; ausência de mata ciliar em grande parte de suas margens. Nasce no Parque Anauá, e corta bairros considerados “nobres” na cidade como bairro dos Estados, Paraviana e Caçari. Destaca-se aqui o ponto P6, situado nos fundos de uma residência construída à margens do rio Branco, o qual apresentou odores desagradáveis e os menores índices de oxigênio dissolvido.
- Igarapé Caxangá (P12 e P15): possui porções canalizadas, despejo direto de esgoto em seu leito; presença de lixo em suas margens e leito; ausência de mata ciliar em grande parte de suas margens. O ponto P12 localiza-se no Bairro Caetano Filho (Beiral), sendo cercado por palafitas que despejam seus dejetos e lixo doméstico diretamente no igarapé. O ponto P15, localizado no bairro São Vicente, é margeado por casa simples de madeira, sem sistema de esgoto. O leito do igarapé é tomado por canoas e pequenos barcos que levam os moradores até o rio Branco. Crianças brincam frequentemente na água “mau-cheirosa”.
- Igarapé Caranã (P13): possui despejo direto de esgoto em seu leito; presença de lixo em suas margens e leito; ausência de mata ciliar em parte de suas margens. Possui próximo à suas margens estufas para produção de hortaliças e criação de animais. Trabalho realizado por Sant’Ana (2003), demonstrou a influência das águas deste igarapé, com menor qualidade, nas águas do rio Cauamé, próximo à sua foz.
- Igarapé Grande (P16): possui porções canalizadas, despejo direto de esgoto em seu leito; presença de lixo em suas margens e leito; ausência de mata ciliar em grande parte de suas margens. Está situado próximo à Lagoa de estabilização, sua água, no ponto de coleta, apresentou maus odores e coloração esverdeada (o que pode indicar um “bloom” de algas). Neste ponto destacamos os altos valores encontrados para coliformes termotolerantes, o que chamou a atenção para a possível influência da Lagoa na qualidade microbiológica de suas águas.

Conforme o exposto, consta-se que a baixa qualidade verificada na água coletada nesses corpos d’água reflete precariedade social e de infra-estrutura da população residente em seu entorno, e o não cumprimento das leis e ambientais. Desta forma, para que o problema possa ser mitigado, é necessário um trabalho sério por parte do poder público, não apenas no

que diz respeito à ordem ambiental, mas também, e com uma importância igual ou maior, ao que se refere aos problemas sócio-econômicos e legais.

#### **4.8 Dificuldades enfrentadas: a coleta de dados**

Ao se realizar este trabalho, procurou-se, num primeiro momento, a interação ambiente e sociedade, por meio de variáveis sócio-econômicas que mostrassem uma realidade além do problema pontual de contaminação hídrica, ou seja, nos levasse para as causas e conseqüências dos mesmos.

Iniciou-se então, o processo de levantamento dos dados sócio-econômicos e ambientais referentes ao município de Boa Vista, nos órgãos competentes, tanto na esfera estadual quanto municipal. Porém, verificou-se rapidamente que os dados produzidos pelos diferentes órgãos atendem, basicamente, suas necessidades internas de informações, não existindo uma sincronia na delimitação do universo amostral, para uso conjunto dos dados. Ressalta-se ainda, a pouca importância adjudicada às informações estatísticas produzidas.

O sistema de saúde, tanto em nível municipal, quanto estadual, possui informações defasadas e incompletas, tendo como unidade amostral o centro de saúde fornecedor dos dados. O Sistema de Saneamento Básico, oferecido pela Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER - possui informações atualizadas, porém sua unidade amostral se dá por meio de setores que incluem partes de alguns bairros e totalidades de outros, assim um único bairro pode fazer parte dois ou mais setores. O sistema de Segurança Pública não dispõe de informações atualizadas, referentes à criminalidade. O Programa de Monitoramento de Qualidade da Água do Estado de Roraima, não produz informações continuadas em relação à qualidade hídrica da Capital, e encontra-se, no momento, parcialmente paralisado.

Tais constatações, entre outras, fizeram com que surgissem inúmeras dificuldades quanto à utilização das informações obtidas, para uma avaliação “econômico-sócio-ambiental” da qualidade das águas superficiais do município de Boa Vista-RR. Desta forma, foi percebida a imensa importância da forma de produção de informações estatísticas dos diversos setores que compõem o serviço público, bem como a forma com que essas informações são externadas. Sugere-se aqui, que a coleta e expressão dos dados sejam realizadas de forma em estes possam ser utilizados em conjunto.

Sugere-se ainda, para trabalhos posteriores, que o levantamento de dados sócio-econômicos seja realizado *in loco* por meio de questionários aplicados aos moradores do

entorno, para que sua realidade social seja levantada de forma mais próxima possível da realidade, sendo os problemas levantados incorporados à análise multivariadas da qualidade da água, verificando-se com isso, o problema, suas possíveis causas e conseqüências.

## 5 CONCLUSÃO

A análise multivariada da qualidade da água superficial do município de Boa Vista-RR demonstrou que:

- Os pontos de coleta situados no rio Cauamé (P7, P8 e P9) e igarapé Água Boa (P17 e P18), classificados quanto à balneabilidade, encontram-se PRÓPRIOS para recreação de contato primário, porém, a qualidade da está diminuindo ao longo do tempo.
- A Análise por Componentes Principais – PCA e Análise Hierárquica de Cluster – HCA, mostrou que existem na capital, dois grupos distintos de corpos d'água: os mais poluídos, sendo estes igarapés situados dentro da zona da capital; e os menos poluídos, sendo os igarapés mais distantes da zona urbana e os rios Tacutu, Uraricoera e Branco.
- Dentro do grupo dos corpos hídricos com menor índice de agentes poluidores, destacou-se a separação de dois subgrupos por afinidades de composição química. O primeiro formado pelo conjunto dos rios Tacutu, Uraricoera e Branco, sendo os dois primeiros, formadores do terceiro. Estes rios possuem pH, alcalinidade e turbidez mais altas que os do segundo grupo, formado pelo igarapé Água Boa e rio Cauamé.
- O rio Cauamé, originalmente classificado como rio de águas brancas como os do primeiro grupo, apresentou, porém, algumas características semelhantes a um igarapé de águas claras (igarapé Água Boa).
- O rio Branco apresentou nítido aumento da carga poluidora diretamente proporcional à sua aproximação com a zona urbana de Boa Vista sendo, o ponto

mais afetado pela poluição aquele situado no bairro Caetano Filho (Beiral).

- Os parâmetros que mais influenciam na qualidade da água dos pontos amostrados são, em ordem crescente de influencia: DBO, condutividade, STD, nitrato, cloreto e coliformes termotolerantes. Os altos índices dessas variáveis relacionam-se diretamente com as ações de degradação, que sofrem os corpos d'água situados dentro da zona urbana da Capital, como a perda da mata ciliar, canalização de seus leitos, despejo de lixo em suas margens e leitos, recepção direta de efluentes domésticos, entre outros problemas verificados *in loco* durante a realização deste trabalho.
- O cálculo do IQA demonstrou a diminuição do padrão de qualidade de alguns pontos de coleta ao longo do tempo.
- As três ferramentas utilizadas para análise da qualidade de água no município de Boa Vista – RR (IQA, PCA e HCA), demonstraram, que sendo utilizadas em conjunto, proporcionam maiores subsídios à gestão dos recursos hídricos.
- Os pontos situados nos igarapés Mirandinha, Caxangá, Caranã e Grande, foram tidos como pontos críticos, apresentando os maiores níveis de poluição e degradação.
- Os problemas sócio-econômicos da população do entorno dos corpos d'água devem fazer parte da análise multivariada da qualidade da água.

Além das colocações já expostas, sugere-se por fim, a adoção da análise multivariada como ferramenta de auxílio à gestão dos recursos hídricos do município de Boa Vista-RR, a qual deverá ser utilizada para melhor visualização da problemática levantada a partir um monitoramento “econômico-sócio-ambiental” eficiente.

## REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos nitrogenados em água de poços. **Revista de Saúde Pública**. Disponível em: [www.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2002000600014](http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2002000600014). Acesso em: 18 maio 2006

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ANA e a Lei das águas**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. Baltimore: United Book Press, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Geografia das águas**. Brasília: ABEAS, 2001.

BARROS, N. C. **Roraima - Paisagem e tempo na Amazônia setentrional**. Recife: Universitária – UFPE, 1995.

BARTH, F. T. **A evolução nos aspectos institucionais e no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: MME, 1999.

BARTHEM, R.B. **Desenvolvimento da pesca comercial da Bacia Amazônica e conseqüências para os estoques pesqueiros e a pesca de subsistência**. Belém: UNAMA/UFPA, 1992.

BECKER, B. K. **Undoing Myths: The Amazon – Na Urbanized forest**. Paris: UNESCO e

Parthenon Publish Group Limited, 1995.

BENETTI, A.; BIONDE, F. O. Meio ambiente e os recursos hídricos. Porto Alegre: UFRGS, 1993.

BERZAS, J. J., GARCÍA, L. F., RODRÍGUEZ, R. C. Evolution of the Water Quality of a Managed Natural Wetland: Tablas de Daimiel National Park (Spain). **Water Research**. v. 34, n. 12, p. 3161-3170, 2000.

BISWAS, A. K. Editorial comments on the World Commission on the water for the 21st Century. **Water Internacional**. v. 25, n. 2, p. 280-283, 1999.

BOLLMANN, H. A., MARQUES, M. D. Bases para Estruturação de Indicadores de Qualidade de Águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 37-60, 2000.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A Política de Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>. Acesso em: 18 maio 2006.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3 ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb, 1986. 640p.

BRASIL. **Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código das Águas Brasileiro. Brasília-DF: Senado da República, 1934.

BRASIL. **Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986**. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas em todo território nacional. Brasília-DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 1986.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília-DF: Senado da República, 1997.

BRASIL. **Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000**. Dispõe sobre os parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade. Brasília-DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2000.

BRASIL. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília-DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005.

CABELLI, V. J.; DEFOUR, A. P.; McCABE, D. J.; LEVIN, M. A. A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis. **Journal of Water Pollution Control Federation**. n 42, p. 1306-1314, 1983.

CALDEIRON, S.S. (Coord.). **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais Estudos Ambientais, 1992.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá – MG. **Revista Escola Minas**. Ouro Preto, v. 3, n 57, p 165-172, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Índice de Qualidade da Água**. Disponível em: [www.cetesb.gov.br/agua](http://www.cetesb.gov.br/agua). Acesso em: 21 mar. 2006.

COELHO, M. C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001.

CONTE E CASTRO, A. M.; CONTE, M. L.; MARTINS, V. H. **Qualidade da água em bacia hidrográfica de múltiplos usos, em dois períodos**. La Plata: UNPL, 1998.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: Unesp, 2001.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima**. Tomo III. Boa Vista: FEMACT, 2002. CD ROM.

Di BERNARDO, L.; Di BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos-SP: RiMa. 2002.

DINIZ, C. C. Impactos territoriais da Reestruturação produtiva. In: **O Futuro das Desigualdades e Governabilidade**. Rio de Janeiro: Revan/Fase, 2000.

ELIAS, A. S. S.; SILVA, M.S.R. **Hidroquímica das águas e quantificação de metais pesados nos sedimentos das bacias hidrográficas de área urbana de Manaus, que deságuam no rio Negro**. Manaus: INPA, 2001.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DO ESTADO DE RORAIMA. **Roraima Economia e Mercado – Dados Econômicos e Sociais 2003**. Boa Vista: FECOMERCIO, 2003.

FERRAZ, I. D. K. **A terra, a floresta, os rios e o clima**. Brasília: IBAMA, 1994.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C.. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte - CE**. Artigo Técnico. v.11, n. 1, p. 92-102, 2006.

FRARE, I. **A gestão dos recursos hídricos no Brasil entre o modelo burocrático e pós-burocrático: evolução, características e dilemas**. Panamá: CLAD, 2003

FREIRE, R. H. F.; PAULINO, W. D.; ALMEIDA, M. M. M. **Monitoramento qualitativo como ferramenta de gestão dos corpos d'água**. Aracaju: SED, 2001.

FREITAS, C. O. A.; REQUIÃO, L. C. M. **Índice de qualidade das águas – IQA**. Manual do

IQA versão 4.0. Curitiba: ISAM/PUC-PR, 1994.

FREITAS, A. **Geografia e história de Roraima**. Manaus: Grafima, 1996.

GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. **Amazonian deforestation and climate**. Londres: WEA, 2001.

GELDREICH, E.E. **Microbiological Indicators of Pollutions and Health Hazards**. São Paulo: Publifolha, 1978

GUERRA, A. T. **Estudo geográfico do Território do Rio Branco**. Rio de Janeiro: IBGE, 1957.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no município de Manaus-AM**. Disponível em: [www.acta.inpa.gov.br/fasciculos/35-2/PDF/v35n2a02.pdf](http://www.acta.inpa.gov.br/fasciculos/35-2/PDF/v35n2a02.pdf). Acesso em: 05 de dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 1940**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 05 de dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 1991**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 05 de dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 05 de dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa Populacional de Roraima**. 2006. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 05 de dez. 2006.

JUNK, W. J. **As águas da região amazônica**. Brasília: CNPq /Brasiliense, 1983.

LUCKMANN, D. **História e Geografia do Município de Boa Vista**. Série Roraima através dos Municípios. Boa Vista: Grafima, 1989.

MACHADO, A. G. Qualidade da água. Alternativas para o abastecimento do Distrito Federal. **Anais da Associação Brasileira de Química**, v. 50, n. 1, p 8-13. Brasília, 2001.

MAGALHÃES JR., A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil - Instituições e iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.3, p.113-135, 2000.

MARTINS, V. H. **Poluição das águas da bacia do Ribeirão São Caetano, Botucatu-São Paulo**. Botucatu, 1991, 120p. Monografia (Curso de Geografia), UNIFAC.

MAZZEO, T. E. **Avaliação ambiental das vias de drenagem da Região Metropolitana de Belém (PA)**. Belém, 198p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará.

MELO, E. G. F. Influência antrópica sobre água de igarapés na cidade de Manaus-AM. **Caminhos da geografia**. v. 5. p. 40-47, out. 2005.

MORIN, E. **Sociologia. A Sociologia do Microsocial ao Macroplanetário**. Portugal: Publicações Europa-América, 1998.

NORSKOV-LAURITSENA, L.; BURGI, H. B. **Hay suficiente agua em el mundo?** Organización de las Naciones Unidas para a Educacion y la Cultura, 1997. Artigo PDF. Disponível em: <http://www.unescoscince/waterday2000/-Brouchure.htm>. Acesso em: 15 jan. 2005.

OLIVEIRA, M. A. T.; HERRMANN, L. P. **Ocupação do solo e riscos ambientais na área conturbada de Florianópolis**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

ORTH, D. **Qualidade do Ambiente Urbano**. Apostila Didática. Florianópolis-SC, 2001.

OTTO, M. **Multivariate Methods**. Weinheim: R. Kellner, 1998.

PARREIRA, T. F. **Utilização de Métodos Quimiométricos de Natureza Multivariada**. São Paulo, 2003. 220f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.

PORTO, M. F. A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. São Paulo: Edusp, 1991.

PRADINI, F. L.; NAKASAWA, V. A. **Desafios ambientais da civilização urbana: uma síntese**. Florianópolis: UFSC, 1994.

REBOUÇAS, A. C (Org.). **Água no Mundo e no Brasil**. São Paulo: Escrituras, 2002.

RIBEIRO, F.A.L. **Aplicação de métodos de análise multivariada no estudo de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos**. Campinas, 2001. 247f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas.

RIBEIRO, K.T.S. **Água e saúde humana em Belém**. Projeto Megam. Belém: Cejud, 2004.

RIBEIRO, K.T.S. **Qualidade sanitária da água em área de influência de duas bacias hidrográficas e saúde humana em Belém-PA**. Belém, 2002. 198f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará.

RIVIERA, S.C., HAZEN, T.C., TORANZOS, G.A., Isolation and drug susceptibility of Escherichia coli from zoo animals. **Ind. J. Anim. Sci.** v. 7, n.56. p 765-766, 1986.

RORAIMA (Estado). **Constituição do Estado de Roraima (1991)**. Disponível em: <http://www.al.rr.gov.br/publico/setores/000/2/download/constituicao%20estadual.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2006.

RORAIMA (Estado). Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. **Perfil sócio-econômico de Roraima**. 2003. Disponível em: [www.seplan.gov.br](http://www.seplan.gov.br). Acesso em: 23 set. 2005.

SANT'ANA, A. C. **Urbanização e seus atuais reflexos sobre a qualidade ambiental do Igarapé Caraná, Boa Vista-RR**. Boa Vista, 2003. 175f. Monografia (Especialização em

Meio Ambiente e Políticas Públicas) - Faculdades Cathedral.

SANT'ANA, A. C.; FREITAS, N. M. S.; LEMOS, C. E. Balneabilidade das praias do rio Cauamé, Boa Vista-RR. In: Simpósio de recursos hídricos da Amazônia, I., 2003. Manaus. **Trabalhos Técnicos**. CD ROM

SANTOS, D. G.; ROMANO, P. A. Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista de Política Agrícola**, n. 2, 2005.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS DE SÃO PAULO. **A Indústria imobiliária e a Qualidade Ambiental: subsídios para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pini, 2000.

SILVA, M. S. R. **Metais pesados em sedimentos de fundo de igarapés Manaus-AM**. Belém, 1986. 154f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal do Pará.

SILVA, M. L. G. **Análise da qualidade ambiental urbana da bacia hidrográfica da lagoa da Conceição**. Florianópolis, 2002. 169f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade de Santa Catarina.

SIOLI, H. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. **Amazoniana** v. 1, n. 3, p: 267-277, 1968.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. Rio Grande do Sul: UFRGS, 1993.

SPERLING, E. V. Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. **Revista BIO**, n. 3. p.53-56, mai.jun.,1993.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. v. 9, ILEC, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001.

TUCCI, C. E. M. ; HESPANHOL, I.; MONTEIRO, O. **Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil**. South America Technical Advise Comitee/ Global Water Partnership, 2000.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Methodological guidelines for the integrated environmental evaluation of water resources development**. Paris: United National Education, Scientific and Cultural Organization. 1987.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Earth's water resours: time and space variability**. Disponível em: <http://www.unesco>

[.org/science/waterday2000/Variability.htm](http://www.waterday2000.org/science/waterday2000/Variability.htm). Acesso em: 15 jan. 2005.

VEGA, M., PARDO, R., BARRADO, E. Assessment of Seasonal and Polluting Effects on the Quality of River Water by Exploratory Data Analysis. **Water Research**. v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

VIDAL, M., LÓPEZ, A., SANTOALLA, M. C. Factor Analysis for the Study of Water Resources Contamination Due to the Use of Livestock Slurries as Fertilizer. **Agricultural Water Management**. v. 45, p. 1-15, 2000.

VILELLA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: MacGrall Hill do Brasil, 1975.

VITAL, M. J. S. **Boa Vista-RR: O Monitoramento dos recursos hídricos e a necessidade de indicadores ambientais**. Boa Vista, 2004. Tese (Professor Titular). Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Roraima.

WOLD, S. **Principal Component Alalysis**. Nova Iorque: Academi Press, 1987.

ZUCCARI, M. L. **Determinação de fatores abióticos e bióticos do Ribeirão Lavapés (Botucatu-SP)**. Botucatu, 1992. 138f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

ANEXO A

PONTOS DE COLETA	pH					CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)					SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L)				
	MÉD <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup>	MÁX <sup>4</sup>	MÍN <sup>5</sup>	MÉD	S	CV	MÁX	MÍN	MÉD	S	CV	MÁX	MÍN
P1. Rio Tacutu	7,18	0,20	2,90	7,30	6,80	7,50	0,39	5,27	8,00	7,00	8,18	1,07	13,17	9,40	6,90
P2. Rio Uraricoera	7,14	0,08	1,16	7,30	7,10	7,34	1,19	16,28	8,50	5,50	7,50	1,30	17,33	9,60	6,20
P3. Rio Branco – Igreja	6,42	0,13	2,03	6,60	6,30	7,42	1,14	15,41	8,60	5,70	7,64	1,57	20,58	9,70	5,90
P4. Rio Branco – Rizicultura	6,14	0,11	1,85	6,30	6,00	7,72	1,00	12,99	8,70	6,30	7,30	1,36	18,68	8,90	5,30
P5. Rio Branco – Foz cauamé	6,31	0,13	2,21	6,50	6,10	5,48	0,13	2,37	5,60	5,30	5,36	0,20	3,86	5,60	5,10
P6. Rio Branco – Foz Mirandinha	5,82	0,06	1,03	5,90	5,80	60,38	7,11	11,78	68,40	52,10	49,40	7,80	15,85	60,70	39,90
P7. Rio cauamé – Montante Ig. Caranã	6,31	0,12	1,96	6,40	6,10	5,10	0,15	3,10	5,30	4,90	5,14	0,23	4,47	5,40	4,80
P8. Rio Cauamé – Ponte	6,34	0,16	2,63	6,60	6,20	5,12	0,14	2,89	5,30	4,90	4,94	0,23	4,66	5,20	4,60
P9. Rio Cauamé – Curupira	6,10	0,22	3,66	6,40	5,80	5,20	0,10	1,92	5,30	5,10	4,70	0,10	2,12	4,80	4,60
P10. Rio Branco – CAER	6,66	0,13	2,01	6,80	6,50	10,66	0,92	8,96	11,90	9,50	9,46	0,20	2,19	9,70	9,20
P11. Rio Branco – Bairro Caetano Filho	6,28	0,14	2,36	6,50	6,10	12,20	1,34	11,61	13,20	10,20	10,24	0,27	2,63	10,60	9,90
P12. Rio Branco – Foz Ig. Caxangá	5,81	0,07	1,32	5,90	5,70	61,68	3,93	6,91	62,10	50,70	46,24	0,24	0,52	46,50	45,90
P13. Ig. Caranã – Foz Caranã	5,69	0,09	1,60	5,80	5,60	49,48	7,06	14,28	58,00	40,80	42,80	8,98	22,10	51,20	29,60
P14. Ig. Mirandinha – Drenagem	5,83	0,08	1,44	5,90	5,70	59,26	6,77	11,41	68,90	51,20	47,20	9,77	21,46	58,20	33,60
P15. Ig. Caxangá – Elevatória CAER	5,71	0,06	1,15	5,80	5,60	53,56	4,90	9,22	60,10	48,30	46,68	11,39	24,41	60,10	32,90
P16. Ig. Grande – Lagoa de Estabilização	5,41	0,18	3,48	5,60	5,10	58,70	4,60	7,84	65,60	53,90	51,96	8,37	19,22	55,20	33,70
P17. Ig. Água Boa – Ponte	5,80	0,07	1,21	5,90	5,70	3,92	0,44	9,60	4,20	3,10	3,50	0,22	6,38	3,80	3,20
P18. Ig. Água Boa – Balneário	5,68	0,14	2,61	5,90	5,50	3,90	0,55	10,86	4,40	3,10	3,36	0,20	6,17	3,60	3,10

Resultados obtidos para os parâmetros analisados nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

ANEXO A (cont.)

<sup>1</sup> - Média

<sup>2</sup> - Desvio Padrão

<sup>3</sup> - Coeficiente de Variação

<sup>4</sup> - Valor Máximo

<sup>5</sup> - Valor Mínimo

PONTOS DE COLETA	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)					TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)					DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/L)				
	MÉD <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup>	MÁX <sup>4</sup>	MÍN <sup>5</sup>	MÉD	S	CV	MÁX	MÍN	MÉD	S	CV	MÁX	MÍN
P1. Rio Tacutu	5,38	0,13	2,42	5,50	5,20	26,92	0,62	2,32	27,90	26,30	1,93	0,06	3,17	2,00	1,90
P2. Rio Uraricoera	5,18	0,13	2,51	5,30	5,00	26,86	0,28	1,07	27,20	26,50	1,35	0,39	6,22	1,70	1,20
P3. Rio Branco – Igreja	5,22	0,16	3,14	5,50	5,10	26,76	0,30	1,13	27,20	26,40	1,74	0,46	6,28	2,00	1,80
P4. Rio Branco – Rizicultura	5,28	0,23	4,52	5,60	5,00	27,10	0,27	1,01	27,50	26,80	1,93	0,06	3,17	2,00	1,90
P5. Rio Branco – Foz cauamé	5,12	0,13	2,54	5,30	5,00	28,24	0,82	2,92	29,00	27,20	2,89	0,09	3,17	3,00	2,80
P6. Rio Branco – Foz Mirandinha	0,64	0,32	51,34	0,90	0,10	29,36	0,69	2,38	29,70	28,10	35,60	3,06	8,58	39,80	31,80
P7. Rio cauamé – Montante Ig. Caranã	5,28	0,49	11,21	6,20	5,60	28,40	0,33	1,19	28,80	27,90	3,20	0,76	8,00	3,90	2,60
P8. Rio Cauamé – Ponte	5,00	0,15	3,16	5,20	4,80	28,44	0,20	0,72	28,60	28,10	3,70	0,43	10,68	4,00	3,50
P9. Rio Cauamé – Curupira	5,06	0,47	9,40	5,80	4,70	28,54	0,47	1,65	29,00	27,90	3,32	0,50	8,19	4,00	3,70
P10. Rio Branco – CAER	5,30	0,12	2,31	5,40	5,10	27,48	1,14	4,17	29,40	26,50	2,11	0,38	7,80	2,80	2,10
P11. Rio Branco – Bairro Caetano Filho	3,20	0,15	4,94	3,40	3,00	27,62	1,03	3,73	29,30	26,70	6,14	0,45	5,73	6,50	5,80
P12. Rio Branco – Foz Ig. Caxangá	3,08	0,13	4,23	3,20	2,90	28,76	0,71	2,49	29,90	28,20	51,77	2,38	4,59	55,70	49,70
P13. Ig. Caranã – Foz Caranã	3,60	0,47	10,83	3,90	2,80	28,62	0,48	1,70	29,10	28,00	35,32	4,58	8,64	42,60	34,60
P14. Ig. Mirandinha – Drenagem	5,34	0,21	4,10	5,60	5,00	28,48	0,64	2,28	29,50	27,90	32,03	2,86	8,92	36,00	28,50
P15. Ig. Caxangá – Elevatória CAER	1,54	0,11	7,40	1,70	1,40	28,90	0,40	1,37	29,90	28,80	45,64	4,04	8,84	49,70	40,70
P16. Ig. Grande – Lagoa de Estabilização	1,86	0,35	5,37	1,90	1,20	28,04	0,72	2,57	29,00	27,30	50,34	5,11	9,10	53,60	49,50
P17. Ig. Água Boa – Ponte	4,12	0,13	3,16	4,30	4,00	27,48	0,34	1,27	27,90	27,10	0,97	0,04	4,04	1,00	0,90
P18. Ig. Água Boa – Balneário	4,12	0,08	2,03	4,20	4,00	27,32	0,27	1,01	27,80	27,10	0,97	0,04	4,04	1,00	0,90

Resultados obtidos para os parâmetros analisados nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

#### ANEXO A (cont.)

<sup>1</sup> - Média

<sup>2</sup> - Desvio Padrão

<sup>3</sup> - Coeficiente de Variação

<sup>4</sup> - Valor Máximo

<sup>5</sup> - Valor Mínimo

PONTOS DE COLETA	NITRATO (mg/L)					ALCALINIDADE (mg/L)					CLORETO (mg/L)				
	MÉD <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup>	MÁX <sup>4</sup>	MÍN <sup>5</sup>	MÉD	S	CV	MÁX	MÍN	MÉD.	S	CV	MÁX	MÍN
P1. Rio Tacutu	2,50	0,71	8,06	2,90	2,30	137,23	8,54	6,22	145,40	125,30	13,56	2,28	10,84	14,40	12,20
P2. Rio Uraricoera	0,92	0,78	9,73	1,20	0,80	127,87	17,33	13,55	145,40	108,70	13,04	1,82	11,97	14,90	11,20
P3. Rio Branco – Igreja	0,78	0,80	10,50	1,10	0,60	131,47	20,00	15,21	161,30	109,40	14,37	1,46	9,14	15,10	13,20
P4. Rio Branco – Rizicultura	1,60	0,91	8,54	1,70	0,90	133,34	9,86	7,39	147,60	121,00	15,04	1,36	8,71	16,00	14,80
P5. Rio Branco – Foz cauamé	2,01	0,86	9,66	2,20	1,80	131,18	19,53	14,88	152,60	105,80	15,60	1,30	7,71	16,30	14,50
P6. Rio Branco – Foz Mirandinha	5,84	1,27	8,88	6,60	5,40	123,84	12,19	9,84	141,10	110,90	24,47	3,12	12,76	28,60	20,50
P7. Rio cauamé – Montante Ig. Caranã	2,10	0,87	10,20	2,40	2,00	108,58	12,33	11,35	123,10	92,90	23,78	2,18	10,34	25,90	20,70
P8. Rio Cauamé – Ponte	2,03	0,79	8,87	3,20	2,90	110,45	14,58	13,20	124,60	87,10	14,12	1,54	9,00	15,80	13,50
P9. Rio Cauamé – Curupira	2,24	0,97	6,66	4,00	3,70	115,78	12,83	11,08	130,30	99,40	14,66	2,78	11,81	17,10	13,30
P10. Rio Branco – CAER	2,26	0,71	11,57	3,30	2,60	137,38	12,94	9,42	153,40	118,10	15,01	1,49	9,93	17,10	13,40
P11. Rio Branco – Bairro Caetano Filho	2,48	0,86	6,76	2,90	2,30	133,49	6,33	4,74	141,80	127,40	18,85	2,07	10,99	20,80	16,10
P12. Rio Branco – Foz Ig. Caxangá	4,58	1,04	12,64	5,20	4,40	122,11	17,22	14,09	141,10	98,60	26,63	3,25	10,94	29,90	24,00
P13. Ig. Caranã – Foz Caranã	4,01	0,95	9,58	4,50	4,00	109,44	10,54	9,63	121,70	96,50	23,83	1,94	8,15	26,30	22,00
P14. Ig. Mirandinha – Drenagem	4,00	0,77	9,25	4,40	3,80	126,14	8,75	6,90	139,00	115,20	22,59	2,53	11,18	26,40	19,90
P15. Ig. Caxangá – Elevatória CAER	4,10	1,61	10,34	4,90	3,60	125,86	18,58	14,76	147,60	102,20	23,22	2,53	10,91	26,40	19,60
P16. Ig. Grande – Lagoa de Estabilização	5,07	0,77	10,83	5,90	4,70	139,68	18,05	12,92	161,30	116,60	24,20	2,94	11,26	27,30	23,40
P17. Ig. Água Boa – Ponte	0,60	0,84	9,27	0,80	0,50	110,16	7,84	7,11	122,40	101,50	14,08	1,52	10,87	16,70	13,40
P18. Ig. Água Boa – Balneário	0,52	0,28	9,03	0,70	0,60	106,56	7,15	6,70	115,90	96,50	14,27	1,49	10,45	16,40	13,20

Resultados obtidos para os parâmetros analisados nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

#### ANEXO A (cont.)

PONTOS DE COLETA	TURBIDEZ (NTU)					COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)				
	MÉD <sup>6</sup>	S <sup>7</sup>	CV <sup>8</sup>	MÁX <sup>9</sup>	MÍN <sup>10</sup>	MÉD <sup>11</sup>	S	CV	MÁX.	MÍN.

<sup>1</sup> - Média

<sup>2</sup> - Desvio Padrão

<sup>3</sup> - Coeficiente de Variação

<sup>4</sup> - Valor Máximo

<sup>5</sup> - Valor Mínimo

<sup>6</sup> - Média

P1. Rio Tacutu	64,60	5,77	8,47	68,00	60,00	2,50E+01	3,31	13,20	3,00E+01	2,10E+01
P2. Rio Uraricoera	60,80	6,55	9,70	54,00	51,00	2,70E+01	5,41	20,30	3,40E+01	2,10E+01
P3. Rio Branco – Igreja	57,00	8,38	10,95	65,00	55,00	2,90E+01	2,48	8,50	3,30E+01	2,60E+01
P4. Rio Branco – Rizicultura	58,60	5,41	9,23	66,00	52,00	3,10E+01	6,19	20,40	4,00E+01	2,10E+01
P5. Rio Branco – Foz cauamé	67,00	6,04	9,01	75,00	59,00	1,16E+02	17,43	15,20	1,40E+02	9,00E+01
P6. Rio Branco – Foz Mirandinha	76,40	4,41	9,94	77,00	73,00	5,20E+04	13,67	12,60	5,80E+04	5,20E+04
P7. Rio cauamé – Montante Ig. Caranã	14,60	6,39	10,09	18,00	12,00	2,54E+02	16,74	12,60	2,60E+02	2,20E+02
P8. Rio Cauamé – Ponte	14,80	3,35	9,61	18,00	13,00	2,48E+02	17,04	28,70	2,60E+02	2,20E+02
P9. Rio Cauamé – Curupira	14,20	2,86	8,16	17,00	12,00	2,60E+02	26,33	17,20	3,00E+02	2,20E+02
P10. Rio Branco – CAER	53,80	7,19	11,36	62,00	50,00	1,54E+02	38,26	25,50	2,20E+02	1,10E+02
P11. Rio Branco – Bairro Caetano Filho	60,00	8,46	10,09	63,00	54,00	1,36E+03	87,05	21,50	1,70E+03	9,00E+02
P12. Rio Branco – Foz Ig. Caxangá	77,40	8,59	11,09	87,00	66,00	6,80E+04	66,00	24,10	7,00E+04	5,00E+04
P13. Ig. Caranã – Foz Caranã	54,80	7,85	14,33	66,00	46,00	2,00E+03	69,20	29,60	2,80E+03	1,10E+03
P14. Ig. Mirandinha – Drenagem	73,60	8,89	11,15	78,00	70,00	6,20E+04	96,93	24,30	7,00E+04	6,00E+04
P15. Ig. Caxangá – Elevatória CAER	77,40	5,13	6,71	82,00	70,00	7,20E+04	66,00	18,70	8,00E+04	7,00E+04
P16. Ig. Grande – Lagoa de Estabilização	82,40	6,54	8,93	92,00	76,00	1,18E+05	62,85	230,10	1,30E+05	1,10E+05
P17. Ig. Água Boa – Ponte	2,00	0,07	1,21	5,90	5,70	22,00	0,44	9,60	4,20	3,10
P18. Ig. Água Boa – Balneário	2,40	0,14	2,61	5,90	5,50	21,00	0,55	10,86	4,40	3,10

Resultados obtidos para os parâmetros analisados nos 18 pontos de coleta de água no município de Boa Vista-RR.

<sup>7</sup> - Desvio Padrão

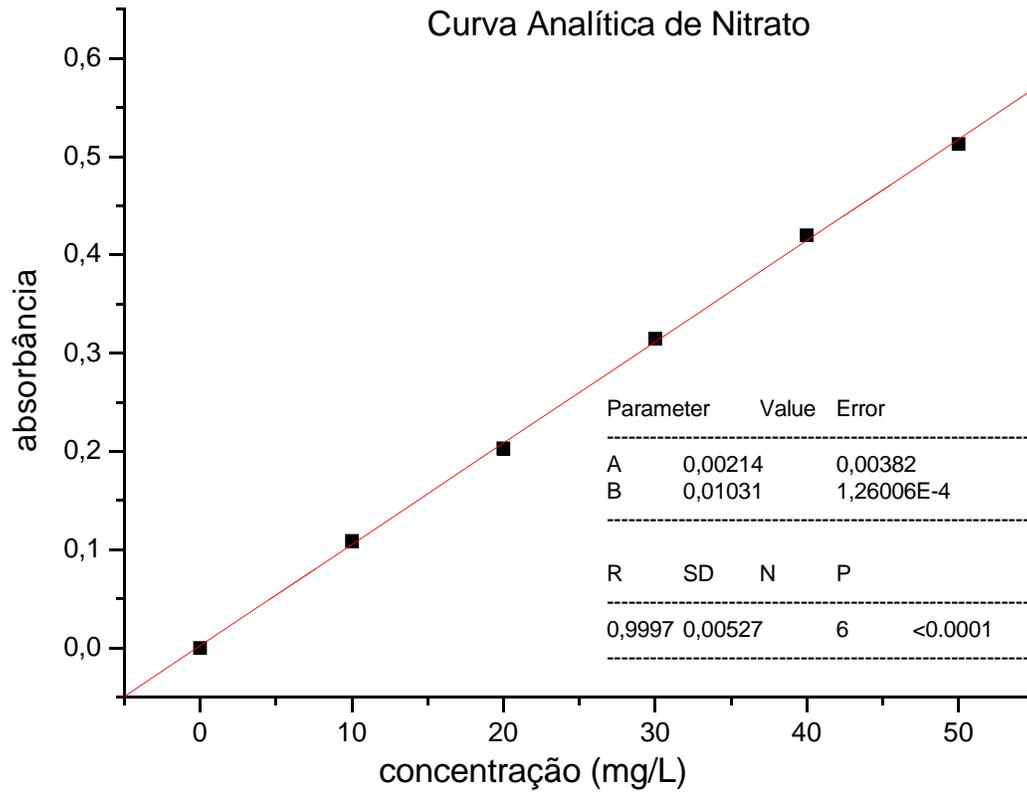
<sup>8</sup> - Coeficiente de Variação

<sup>9</sup> - Valor Máximo

<sup>10</sup> - Valor Mínimo

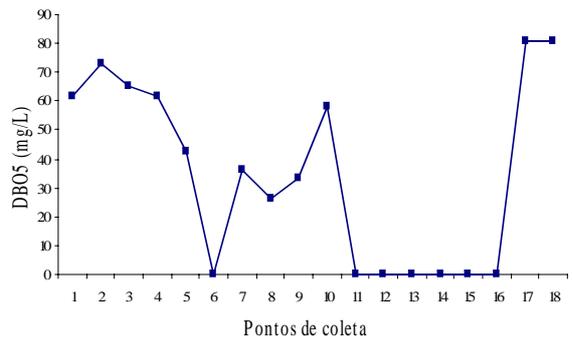
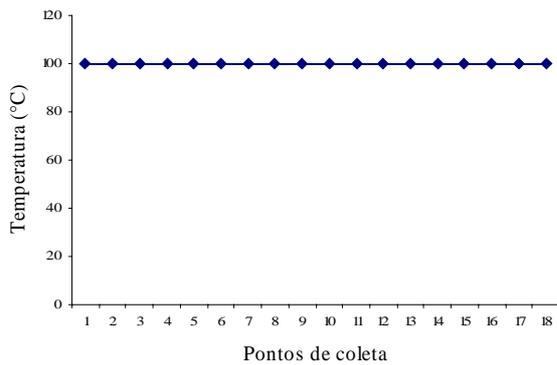
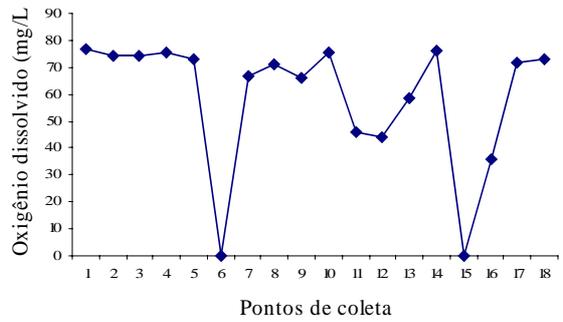
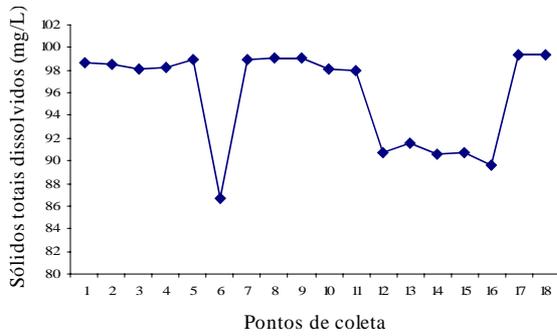
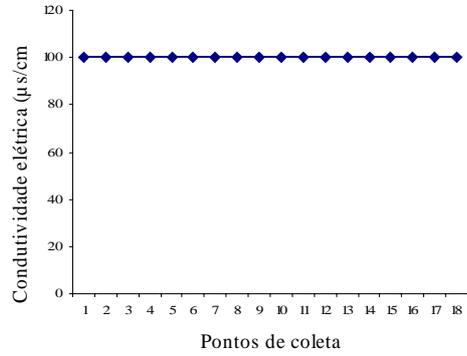
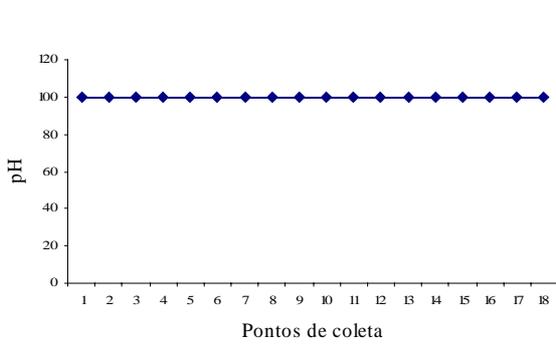
<sup>11</sup> - Média Geométrica

## Anexo B



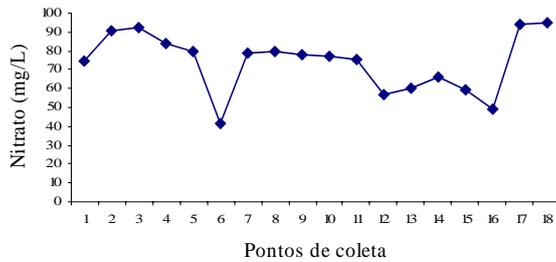
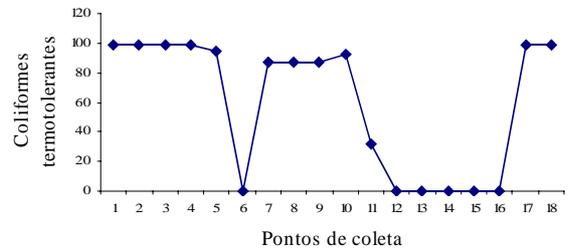
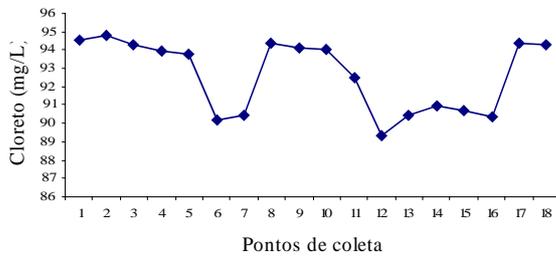
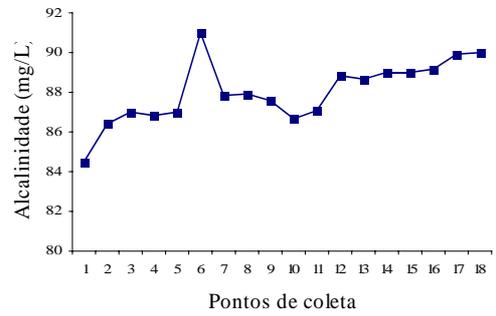
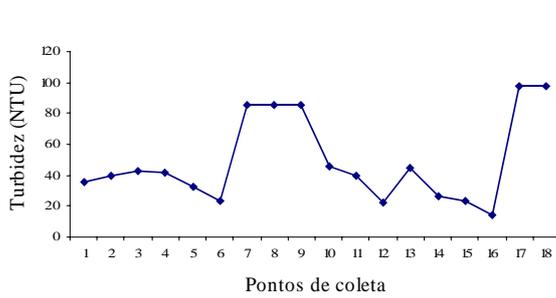
Curva analítica utilizada como base para as análises de nitrato.

## Anexo C



Comportamento dos parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA de amostras de água do município de Boa Vista-RR.

### Anexo C (Cont.)



Comportamento dos parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA de amostras de água do município de Boa Vista-RR.