

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE
RECURSOS NATURAIS

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE UM TRECHO URBANO DO RIO ACRE, RIO BRANCO – AC,
BRASIL

CYDIA DE MENEZES FURTADO

RIO BRANCO - AC
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE
RECURSOS NATURAIS

CYDIA DE MENEZES FURTADO

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE UM TRECHO URBANO DO RIO ACRE, RIO BRANCO – AC,
BRASIL

Orientadora: Profa. Dra. MARIA ROSÉLIA MARQUES LOPES

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de
Recursos Naturais da Universidade Federal do
Acre, como requisito à obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Manejo de Recursos

RIO BRANCO - AC
2005

© FURTADO, C. M. 2005.

UFAC.

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da

F992c

FURTADO, Cydia de Menezes. *Caracterização limnológica e avaliação da qualidade da água de um trecho urbano do Rio Acre, Rio Branco-Ac, Brasil*. 2005. 58p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco-Ac.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Rosélia Marques Lopes

1. Rio Acre, 2. Limnologia, 3. Variáveis físicas e químicas, 4. IQA, 5. Balneabilidade, I. Título

CDU 556.5:628.3

(811.2)

**O temor do senhor é o princípio da ciência;
Os loucos desprezam a sabedoria e a instrução.**

Provérbios 1:7

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter colocado pessoas maravilhosas e diversas situações durante o mestrado que me auxiliaram a crescer, e contribuíram para realização deste trabalho desejo agradecer:

À Professora Doutora **Maria Rosélia Marques Lopes** pela orientação e ensinamentos que me enriqueceram como pessoa e profissional.

À Universidade Federal do Acre pela oportunidade e liberação institucional para realização do curso de mestrado.

Ao Professor Doutor **Marcos Silveira** coordenador do curso de mestrado em Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais pelo apoio logístico.

À Mestra **Vilma Maria Bessa** pela amizade.

Ao meu amigo **Rui Sant'Ana de Menezes**, diretor da Unidade Tecnologia de Alimento – UTAL, pela amizade e apoio irrestrito na realização das análises laboratoriais, os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus colegas de trabalho: **Eva Cardoso de Souza** pela amizade e orações em meu favor; **Francisco da Silva Rebouças**, **Edson Rodrigues Pereira**, **Elizabete Vieira dos Santos** pelo auxílio na realização das análises, **João Lira Peres**, **Wilian Costa do Nascimento**, **José Oliveira de Castro**, **Sebastião Lima e Silva** pelo convívio e amizade.

À geógrafa **Joventina Nakamura**, pela confecção do mapa de localização da área de estudo.

Aos Professores Doutores: **Elder Moratto** pelo apoio na realização de parte das análises estatísticas e **Anelise Maria Regiani** pela força no inglês.

Aos colegas de mestrado pelo convívio e momentos de descontração, em especial à **Irineide** e **Meri** pela amizade sincera que se formou ao longo desses dois anos o meu muito obrigada.

Ao meu marido **Helano** e aos meus filhos **Letícia** e **Eduardo** pelo apoio e compreensão durante a realização deste trabalho, meu amor e afeto.

À **Kátia**, que mesmo longe está tão presente na minha vida, me incentivando, apoiando e sempre com palavras sábias nos momentos difíceis, a você o meu carinho e gratidão.

Aos meus pais **Mário** e **Yolanda**, por sempre terem incentivado os meus estudos e pelo seu amor incondicional; ao **Michel**, meu irmão querido, pelo desejo que eu sempre me saia bem; à **Valéria** pela valiosa ajuda com meus filhos e no restaurante, muito obrigada. Amo vocês.

A Deus por mais um sonho concretizado.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS NATURAIS**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE UM TRECHO URBANO DO RIO ACRE, RIO BRANCO –
AC, BRASIL.**

Autora: Cydia De Menezes Furtado

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Rosélia Marques Lopes

Data do Seminário Público: 06/12/2005

Comissão Examinadora:

**Prof^a. Dr^a. Maria Rosélia Marques Lopes
(Orientadora-UFAC)**

**Dr^a. Vera Lúcia Reis
(UFAC)**

**Dr^a. Carla Ferragut
(IBt/SP)**

**Prof^o Dr^o. Lisandro Juno. V. Soares
(UFAC)**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	GERAL
.....1	
Capítulo 1. Influência dos pulsos de inundação sobre variáveis limnológicas de um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil.	
4	
ABSTRACT	4
RESUMO	
5	
INTRODUÇÃO	6
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	
8	
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS	
31	
Capítulo 2. Avaliação da qualidade da água e potencial de balneabilidade em um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil.	35
ABSTRACT	35
RESUMO	36
INTRODUÇÃO	37
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÕES.....	53

REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE	57
CONCLUSÕES GERAIS	58

INTRODUÇÃO GERAL

Entre os recursos naturais disponíveis na Terra, não há dúvida que a água constitui elemento indissociável do meio ambiente – tanto do chamado “ambiente natural” quanto dos “ambientes antrópicos”. A água é constituinte fundamental de todas as manifestações da vida: representa $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra e está presente no interior ou exterior de qualquer célula, sendo que, de toda água existente em nosso planeta, apenas 3% são de água doce, desta pequena fração apenas 15% estão disponíveis no planeta (Tundisi, 2003). Tais valores ressaltam a grande importância da preservação dos recursos hídricos na Terra, e de evitar a contaminação dessa pequena fração mais facilmente disponível. Assim acredita-se que o principal problema para o futuro da humanidade não está na escassez de combustíveis fósseis, mas no déficit de água doce (Esteves, 1998).

Existem diversos usos que o homem requer das águas interiores, como abastecimento público, industrial, irrigação, dessedentação de animais (esses usos implicam na retirada da água das coleções hídricas onde se encontram), lazer e recreação, pesca, geração de energia elétrica, diluição de efluentes industriais, transporte, entre outros. A inter-relação entre o uso da água e a qualidade requerida para mesma, é direta. O uso mais nobre está representado pelo abastecimento de água doméstico e industrial, face aos seus requisitos de qualidade mais exigentes (Sperling, 1996).

As características físicas, químicas ou biológicas de qualidade das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam,

percolam ou ficam estocados. O problema de deterioração dos mananciais e do suprimento de água é resultado do constante aumento no volume de água utilizado para diversas finalidades e do aumento da poluição e da contaminação hídrica como, por exemplo: introdução de substâncias tóxicas, eutrofização, alteração na flutuação do nível da água e interferência no sistema hidrológico e alterações nas condições químicas e físicas das águas; além da remoção da mata ciliar e desmatamento em geral (Tundisi, 2002). Portanto, é necessário compreender as respostas metabólicas dos ecossistemas aquáticos para enfrentar essas alterações e eliminar seus efeitos maximizando a gestão dos recursos da água doce (Wetzel, 1993).

Para que um manancial forneça água em quantidade e qualidade, deve haver preocupação com o uso e ocupação do solo da bacia de drenagem a fim de evitar e/ou minimizar os processos de degradação.

O monitoramento físico, químico e biológico do Rio Acre é de grande importância para a manutenção da boa qualidade da água, principalmente, porque se constitui na única fonte de abastecimento da cidade de Rio Branco.

O presente estudo apresenta dois capítulos, os quais seguem os moldes do periódico *Acta Limnologica Brasiliensia*. Capítulo 1, intitulado “Influência dos pulsos de inundação sobre variáveis limnológicas de um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil”, tem como objetivo principal avaliar a distribuição horizontal e sazonal de variáveis abióticas, bem como a influência dos pulsos de inundação sobre a dinâmica dessas variáveis nos períodos hidrológicos de seca, enchente, cheia e vazante. O Capítulo 2, intitulado “Avaliação da qualidade da água e potencial de balneabilidade em um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil” tem como objetivos principais determinar o Índice da Qualidade da Água (IQA) para o rio, e avaliar as condições de balneabilidade. O IQA reflete a interferência por esgotos sanitários nutrientes, e sólidos em suspensão e outros materiais orgânicos, e constitui instrumento fundamental para diagnóstico da qualidade ambiental de águas interiores, sendo importante, também, como ferramenta para controle e gerenciamento dos recursos hídricos. As condições de balneabilidade consiste na avaliação da qualidade da água para fins de recreação de contato primário, considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas

condições de balneabilidade (Brasil, 2000).

De modo geral, o presente estudo contribui para Ecologia de Ecossistemas Aquáticos, com uma caracterização limnológica em um trecho urbano do principal rio da bacia do rio Acre, com o propósito de avaliar a influência dos pulsos de inundação, sobre as variáveis abióticas e bióticas, tendo também uma abordagem sanitária de grande aplicabilidade. Destaca-se, ainda, o aspecto pioneiro do estudo para o rio Acre, contribuindo para o conhecimento deste tipo de ecossistema da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA.** 2000. Resolução nº 274, de 29 de Novembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
- Esteves, F.A.** 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.
- Sperling, V. M.** 1996. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 243 p.
- Tundisi, J. G., Tundisi, T. M. & Rocha, O.** 2002. Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação. 2ª ed. Escrituras, São Paulo. 703p.
- Tundisi, J.G.** 2003. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. RIMA/IIE, São Carlos. 247p.
- Wetzel, R.G.** 1993. Limnologia. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919p.

CAPÍTULO I

Influência dos pulsos de inundação sobre variáveis limnológicas de um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil

ABSTRACT

The influence of inundation pulses on limnologic variables along an urban stretch of the Acre River, Rio Branco, Acre, Brazil.

The Acre River is a tri-national river that runs through Brazil, Peru, and Bolivia, and is considered the main river within the Brazilian state of Acre. The river passes through nine municipalities in the state before discharging into the Purus River in the state of Amazonas. With the objective of characterizing the limnology of an urban stretch of the Acre River in the municipality of Rio Branco, Acre, Brazil, five sampling stations were established during the period of September 2004 and June 2005, which produced a total of 60 samples and included different stages of the hydrologic cycle (low, rising, high and falling water). The following variables were analyzed: temperature, pH, alkalinity, free and total inorganic carbon, bicarbonate, conductivity, total phosphorous, total nitrogen, turbidity, total solids, and dissolved oxygen. According to the coefficients of variation, low variability was observed between sampling stations

within the same hydrologic cycle, revealing that Acre River water acts as a continuous and predictable gradient, as proposed by the Continuous Fluvial Concept . Principal Components Analysis (PCA) discriminated among system based on the largest values registered for environmental variables and clearly separated the four seasonal periods studied. Most of the variables were associated with the falling and low water period due to a higher concentration of pollutants and the difficulty of effluent dilution during this period caused by reduction in rainfall and consequently, reduction of water volume in the river.

Keywords: Acre River, physical and chemical variables, limnology

RESUMO

O rio Acre é um rio trinacional que percorre o Brasil, Peru e Bolívia, sendo considerado o principal rio do estado do Acre. Atravessa o estado passando por nove municípios e desemboca no rio Purus, estado do Amazonas. Com objetivo de caracterizar limnologicamente um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil, foram estabelecidas cinco estações de coleta, durante o período compreendido entre set/04 e jun/05, totalizando 60 amostras e abrangendo diferentes etapas do ciclo hidrológico (seca, enchente, cheia e vazante). Foram analisadas as seguintes variáveis: temperatura, pH, alcalinidade, carbono inorgânico livre e carbono inorgânico total, bicarbonato, carbonato, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido. De acordo com os coeficientes de variação calculados foi observada baixa variabilidade entre as estações de coleta do mesmo ciclo hidrológico, revelando que as águas do rio Acre comportam-se como um gradiente contínuo e previsível, como proposto pelo Conceito do Contínuo Fluvial. A Análise de Componentes Principais (APC) discriminou o sistema com base nos maiores valores registrados para as variáveis ambientais, ficando claramente separados os quatro períodos sazonais estudados. A maior parte das variáveis estão associadas com período

de seca e vazante, devido à maior concentração de poluentes e à dificuldade de diluição dos efluentes neste período, causado pela diminuição da chuva e conseqüentemente a diminuição do volume de água do rio.

Palavras-Chaves: Rio Acre, Variáveis físicas e químicas, Limnologia

INTRODUÇÃO

Os sistemas fluviais são considerados abertos e contínuos, portanto, recebem todas as características das áreas adjacentes de sua bacia de drenagem. Essa integração entre os rios e seus ambientes circundantes transforma os mesmos numa unidade funcional mais equilibrada (Margalef, 1983).

Os rios são alimentados pela água da chuva, que escoar e percola através do solo, carreando substâncias particuladas e solúveis para os rios, influenciando na sua composição química e, conseqüentemente, a maioria dos rios são formados por erosão (Neto et al., 1993).

O uso da terra e as características morfométricas numa bacia hidrográfica, também podem ter uma grande influência na composição química, física e biológica do rio (Rios & Calijuri, 1995). Quando um ecossistema lótico está contaminado ou eutrofizado, ele está respondendo à tensão recebida pelos ecossistemas terrestres refletindo o “estado de saúde da bacia hidrográfica” (Margalef, 1983).

Dentre as diversas teorias ecológicas para ecossistemas lóticos, destacamos o Conceito do Contínuo Fluvial (CCF), que estabelece que a organização longitudinal nos ecossistemas de águas correntes é definida por um gradiente das variáveis ambientais que são afetadas pelos componentes

químicos e biológicos (Vannote et al., 1980), Além disso, está, também, estabelecido que as características observadas em um determinado local do rio são resultantes dos processos locais e dos sítios à montante (Sabater et al., 1989).

As bacias hidrográficas são unidades naturais no estudo dos ecossistemas, tanto terrestres quanto aquáticos continentais. O impacto do homem sobre as águas continentais tem sido grande e vem aumentando, pois tradicionalmente se tem empregado os rios para eliminar os efluentes resultantes das atividades humanas. Outras atividades antrópicas, como o corte e queima das matas, uso inadequado do solo provocando erosão, agricultura, construção e uso de cidades e rodovias, contribuem também para aumentar a concentração de materiais na água de escoamento (Margalef, 1991).

A maioria dos estudos limnológicos em ambientes lóticos no Brasil está concentrada na região sudeste, especialmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais (Necchi et al., 2000; Smith & Petreire, 2000; Rodrigues & Bicudo, 2001; Silva et al., 2001) entre outros. Na região amazônica brasileira, estudos limnológicos concentram-se na Amazônia Central onde a composição química dos ambientes lóticos vem sendo estudada por vários pesquisadores (Klinge & Ohle, 1964; Sioli, 1968, 1975a, 1975b; Fittkau et al., 1975; Küchler et al., 2000 entre outros).

No estado do Acre (Amazônia Ocidental), os estudos limnológicos ainda encontram-se em fase inicial. As pesquisas desenvolvidas até o momento na região da bacia hidrográfica do rio Acre restringem-se a dez trabalhos desenvolvidos, em sua maioria, nos lagos marginais. Sete são de cunho taxonômico (Sendacz & Costa, 1991; Lopes & Bicudo, 2003; Kepeller et al., 1999a, 1999b; Kepeller, 2003; Kepeller & Hardy, 2002, 2004;) e três de cunho ecológico (Almeida, 2000; Kepeller, 2003 e Lopes & Ferreira, 2005)

A caracterização limnológica em ambientes lóticos no estado do Acre encontra-se em fase inicial, por isso, a importância em realizamos esse estudo que caracterizou, a partir da análise de algumas variáveis abióticas, um trecho urbano do rio Acre intensamente utilizado pela população acreana para diversas atividades.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Hidrografia

O rio Acre nasce no Peru, aproximadamente a 300 m de altitude, possui uma extensão de 1.190 km e deságua com altitude de 100 m pela margem direita no rio Purus, na cidade de Boca do Acre – AM. Possui um curso bastante sinuoso, de águas brancas. As principais cidades instaladas às suas margens são: Iñapari (Peru), Cobija (Bolívia), Assis Brasil (AC), Epitaciolândia (AC), Brasiléia (AC), Xapuri (AC), Rio Branco (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM) (Brasil, 2004).

Suas águas são destinadas ao abastecimento público, à irrigação, à pesca, à dessedentação de animais, à recreação e despejo de efluentes domésticos e industriais (Brasil, 2005).

Geologia e Geomorfologia

A bacia do rio Acre encontra-se na depressão rio Acre - rio Javari. As colinas são as feições mais comuns e são talhadas em sedimentos da Formação Solimões, que ocupa 80% do estado. Nessa formação predominam rochas sedimentares com posicionamento no plioceno médio ao pleistoceno, onde se desenvolveram uma floresta aberta com palmeiras, bambus e cipós sobre argisolos (Acre, 2000).

Clima

O clima do estado do Acre é quente e úmido com duas estações: seca e chuvosa. A estação seca, popularmente, denominada de “verão”, estende-se de maio a outubro. A estação chuvosa caracteriza-se por chuvas constantes, iniciando-se em meados de outubro e prolongando-se até o final de abril. Essa época do ano, popularmente, é denominada “inverno” (Acre, 2000). O regime hidrológico pode ser caracterizado em geral, por águas altas (janeiro a maio) e águas baixas (junho a outubro), com evidentes períodos de seca, enchente, cheia e vazante (Acre, 2000). De acordo com os valores médios de chuvas nos últimos trinta anos para os meses de janeiro a abril é de 1.021 mm (53 % do

total anual); de maio a agosto de 220 mm (11% do total anual); e de setembro a dezembro de 697 mm (36% do total anual). A temperatura média anual é de 24,5 °C, a máxima de 32 °C e a mínima em 20,2 °C (Duarte, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado ao longo de um trecho do rio Acre com extensão de nove quilômetros, situado na área urbana do município de Rio Branco, Acre, Brasil (Fig.1).

As amostras de água foram coletadas na sub-superfície com profundidade aproximada de 15cm e transportadas de acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras da CETESB (1998), nos períodos de seca, enchente, cheia e vazante, correspondendo aos meses de setembro e dezembro de 2004 e março e junho de 2005, respectivamente, em cinco estações de coleta, ao longo do trecho estudado.

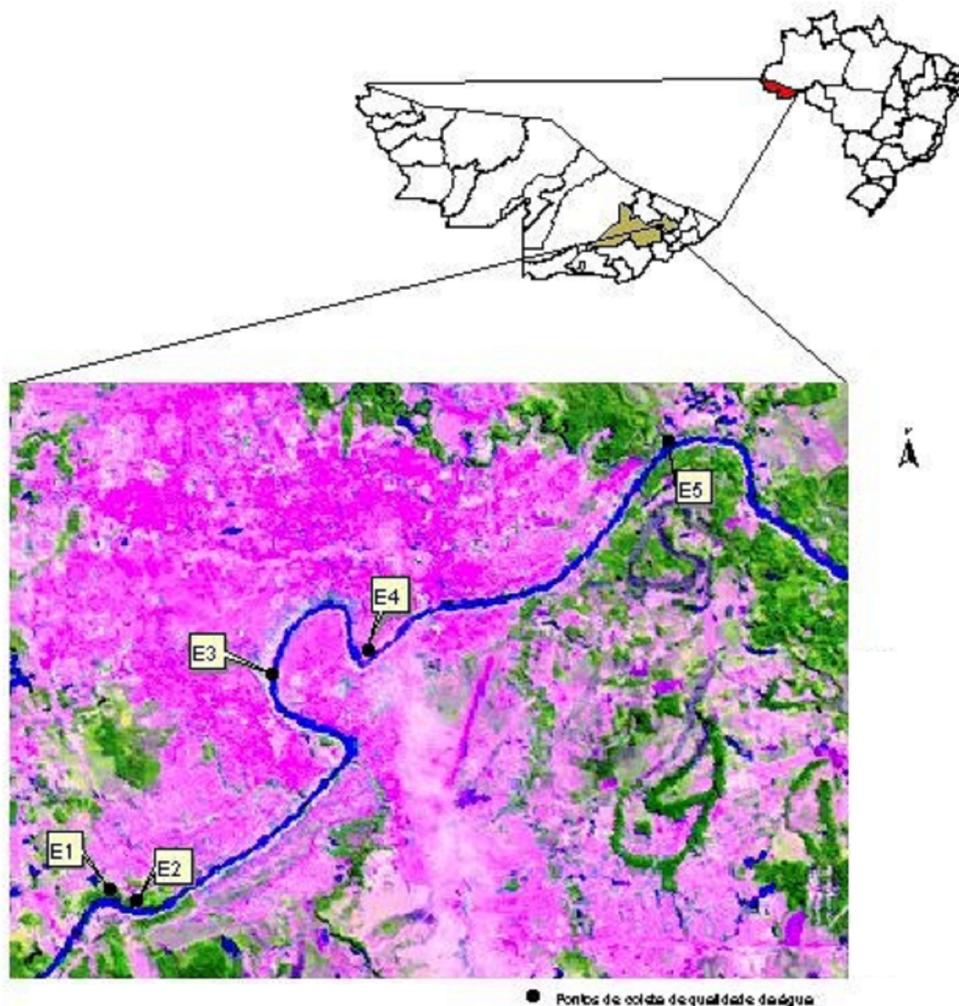


Figura 1. Localização e distribuição das cinco estações de coleta ao longo de um trecho urbano do rio Acre. (Fonte: Base topográfica digital do estado do Acre, Ministério do Exército-DSG Imagem: TM/Landsat 5 – Órbita: 002/067 – 04/06/2004 - Composição: RGB 543. Elaborado por Joventina Nakamura, Laboratório de Geoprocessamento da FUNTAC).

Em cada estação de coleta foram estabelecidos três pontos de amostragem: margem esquerda, margem direita e calha do rio, num total de quinze unidades amostrais. A localização de cada estação de coleta está apresentada na Tab.I.

Tabela I. Descrição da localização das cinco estações de coleta ao longo de um trecho urbano do rio Acre.

Estação Coleta	Localização
1	À montante da ETA Sobral. (19L0627231X; 88935554Y)
2	À jusante da ETA Sobral. (19L0627588X; 8893442Y)
3	Entrada de efluentes domésticos. (19L0629234X; 8896216Y)
4	Local recreativo Gameleira. (19L0630413X; 8896489Y)
5	Foz do igarapé São Francisco. (19L0634021X; 8899049Y)

Foram estudadas 13 variáveis limnológicas: pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica (medidas no campo com sonda exploratória marca YSI, modelo 600R), turbidez (turbidímetro Hach), sólidos totais (método Gravimétrico, 105 °C, de acordo com a ABNT NBR N°10664/1989), alcalinidade total (Golterman et al.,1978), nitrogênio total, fósforo total (Valderrama, 1981), as formas de carbono inorgânico (CO₂ livre, CO₂ total, HCO₃⁻ e CO₃²⁻) foram calculadas a partir dos valores de alcalinidade total e pH (Mackereth et al., 1978).

O tratamento estatístico dos dados foi realizado a partir de análise descritiva pelo cálculo da média aritmética e da mediana como medidas de tendência central. O grau de dispersão absoluta dos dados foi medido através do desvio padrão, e como medida de correlação relativa foi utilizado o coeficiente de variação de Pearson (CV). Foi também realizada análise de Correlação de Spearman utilizando-se o programa Bio Estat, versão 2.0 (Ayres et al., 2000) com o propósito de avaliar as correlações significativas entre as variáveis estudadas.

Uma Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada para ordenar os períodos sazonais, as unidades amostrais e as variáveis limnológicas, com o propósito de explicar a dinâmica dessas variáveis no sistema. Para esta análise, foi utilizado o programa estatístico PC-ORD para Windows, versão 3.11 (McCune & Mefford, 1997), a partir de matrizes de covariância, obtidas pela transformação dos dados (“ranging”), com auxílio do programa WinMat, versão 1.0, elaborado por G.J. Shepherd, da Universidade Estadual de Campinas.

Os dados de cota de água e vazão do rio Acre e precipitação pluviométrica calculados durante os períodos de estudo, utilizados para explicar a dinâmica de algumas variáveis limnológicas, obtidos da Agência Nacional de Água – ANA e pela Estação de Meteorologia da Universidade Federal do Acre – UFAC , estão discriminados na Tab. II.

Tabela II. Valores obtidos para cota e vazão (m³.s⁻¹) do rio Acre e precipitação pluviométrica (mm), nos meses de setembro e dezembro/2004, março e junho/2005.

Período climático	Cota do rio	Vazão	Precipitação Pluviométrica
Seca (setembro/2004)	2,5	24,4	35,6

Enchente (dezembro/2004)	4,6	112,0	178,2
Cheia (março/2005)	7,92	551,0	219,2
Vazante (junho/2005)	2,96	36,0	108,8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e químicas neste estudo revelaram uma baixa variabilidade espacial e uma alta variabilidade sazonal para a maioria das variáveis estudadas, exceto oxigênio dissolvido, temperatura da água, nitrogênio total, pH e CO₂ total, cuja variabilidade foi baixa tanto entre os períodos sazonais quanto entre as estações de coleta. A alta variabilidade pode ser explicada em função da variação do regime hidrológico do rio Acre provocado pelo pulso de inundação. Segundo Sioli (ano não indicado) todas as investigações limnológicas no Amazonas e nos corpos d'água adjacentes demonstram que todos os fenômenos vitais na água, como também as variações físicas e químicas dependem do regime hidrológico do rio.

Alcalinidade total

A alcalinidade da água representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos, além de estar relacionada à quantidade e ao tipo de compostos nela presentes que, em conjunto, provocam a virada do pH de neutro para alcalino devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos no ambiente. O sistema de equilíbrio CO₂ - HCO₃⁻ - CO₃²⁻ é o principal mecanismo tamponante em ecossistemas de água doce (Wetzel, 1993; Esteves, 1998).

Os maiores valores de alcalinidade foram observados na seca e na vazante e contribuíram para maior variação (CV=46,47%) entre os períodos sazonais (Tab III).

Tabela III. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para alcalinidade (mEq.L⁻¹), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	0,83	0,34	0,34	0,71	0,56	45,54
2	0,69	0,38	0,33	0,71	0,53	37,99
3	0,86	0,37	0,30	0,81	0,59	49,71

4	0,81	0,40	0,31	0,72	0,56	43,28
5	1,11	0,43	0,30	0,75	0,65	55,86
Média	0,86	0,38	0,31	0,74		
CV(%)	17,72	8,72	5,94	5,59		

As estações 3 e 5 obtiveram as maiores concentrações de alcalinidade (0,81 e 1,11 mEq.L⁻¹) na vazante e seca, respectivamente, como mostra a Fig. 2, provavelmente, devido à saída de efluentes domésticos (estação 3) e o ponto de desembocadura do igarapé São Francisco, que trás efluentes domésticos da maioria dos bairros do município de Rio Branco (estação 5). Nos períodos de seca e vazante o rio apresenta baixo volume d'água devido à baixa pluviosidade, favorecendo maior concentração de íons presentes nos efluentes, provenientes da decomposição da matéria orgânica, sendo esses íons possivelmente, os responsáveis pela elevação da alcalinidade.

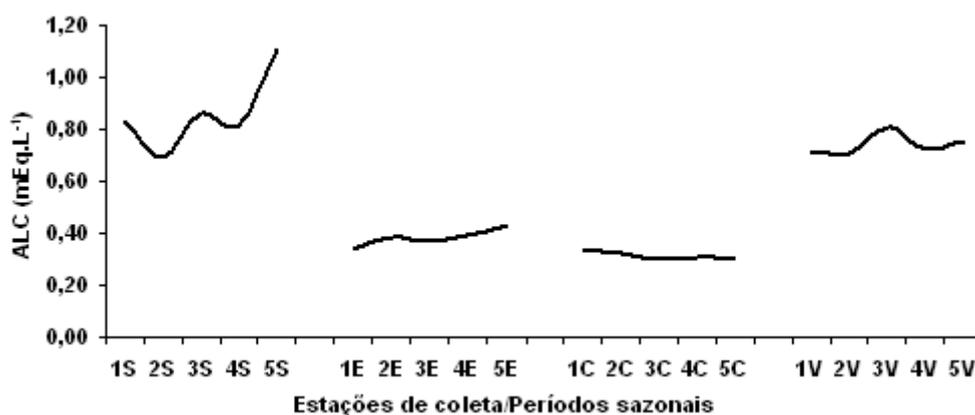


Figura 2. Variação espacial e sazonal da alcalinidade em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

pH

Os valores de pH oscilaram de neutro a levemente alcalino na vazante e na seca, enquanto na enchente e na cheia mantiveram próximo ao neutro.

A redução dos valores de pH durante o período de enchente e cheia está, possivelmente, relacionada com o maior aporte de matéria orgânica lixiviada do solo. Que provavelmente influenciou a produção de CO₂, conseqüentemente de HCO₃⁻, e em menor proporção, na forma de CO₂ livre, que são responsáveis pelas variações do pH (Esteves, 1998). Contudo, no

presente trabalho os coeficientes de variação calculados para pH revelaram baixa variabilidade espacial e sazonal (Tab. IV).

Tabela IV. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para pH, por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	7,75	6,76	6,42	7,48	7,10	8,70
2	7,24	6,59	6,47	7,02	6,83	5,29
3	7,66	6,77	6,47	6,92	6,96	7,27
4	7,66	6,72	6,25	6,70	6,83	8,68
5	7,54	6,63	6,11	6,68	6,74	8,79
Média	7,57	6,69	6,34	6,96		
CV(%)	2,63	1,20	2,51	4,66		

A distribuição do pH foi, relativamente, constante revelando pouca variabilidade entre as estações de coleta e entre os períodos sazonais (Fig 3). Essas pequenas variações dos valores de pH, podem ser atribuídas à presença de íons carbonatos e bicarbonatos que possivelmente esteja formando um sistema tamponante (Cole, 1983).

Rios presentes em outras regiões, tais como ribeirão dos Macacos, pertencente à bacia de drenagem do rio Sorocaba, estudado por Smith & Petrere (2000), também apresentou baixa variabilidade espacial e sazonal do pH. O mesmo comportamento desse estudo foi registrado por Neto et al. (1993) quando caracterizaram hidrogeoquimicamente o rio Manso, em Cuiabá, MT, que apresentou pH neutro a levemente alcalino, alta condutividade e boa capacidade de tamponamento.

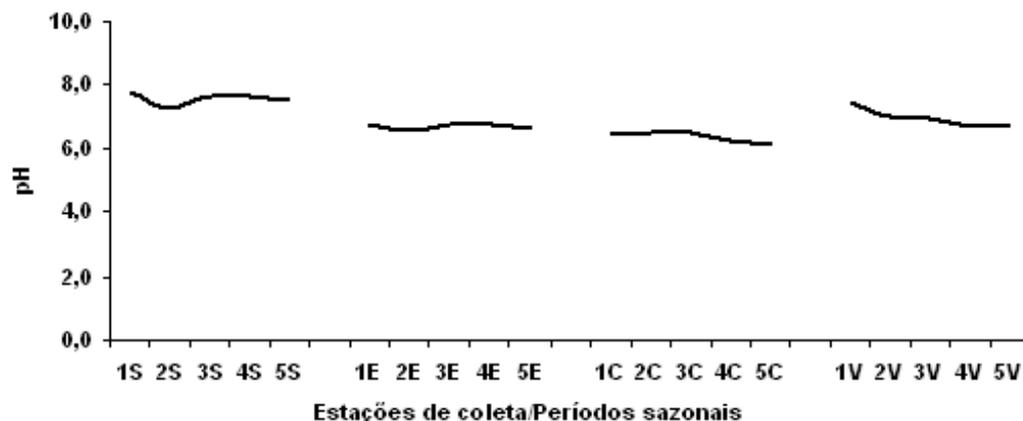


Figura 3. Variação espacial e sazonal do pH em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

No presente estudo os maiores valores de pH e alcalinidade foram encontrados no mesmo período (seca e vazante), variáveis que mostraram correlação significativa ($r=0,79$ $p=2,60 \times 10^{-9}$). Correlação significativa entre essas duas variáveis também foi observada nas águas do ribeirão Canchim em São Carlos, SP, quando foram estudadas por Primavesi et al., (2000).

A identificação de pH neutro a levemente ácido, condutividade elétrica moderada a alta e elevada quantidade de material particulado em suspensão para as águas do rio Acre, são características típicas dos rios amazônicos, de acordo com Sioli (1984).

Condutividade elétrica

Em rios tropicais, os valores da condutividade elétrica estão mais relacionados com as características geoquímicas da região onde se localiza e com as condições climáticas, do que com estado trófico (Esteves, 1998).

Os valores de condutividade elétrica oscilaram entre 168,30–95,36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na seca e entre 51,00 - 51,53 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na cheia. Esses resultados caracterizam o rio Acre, com alto conteúdo de sais. A maior variação foi observada entre os períodos sazonais ($CV=39,34\%$) (Tab. V). Esses valores são corroborados por aqueles encontrados por Fitkau (1971b) citado por

Esteves (1998), a oeste da região Amazônica (30 - 200 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), sendo essa região mais rica geoquimicamente e, também, a mais recente.

Tabela V. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	95,36	54,00	51,00	97,00	74,34	33,98
2	102,50	54,33	51,00	98,00	76,46	36,06
3	102,76	58,00	51,00	101,66	78,36	35,35
4	99,13	55,33	51,00	99,66	76,28	35,07
5	168,30	59,00	51,53	102,33	95,29	56,23
Média	113,61	56,13	51,11	99,73	80,14	
CV(%)	27,04	4,00	0,46	2,29		

O padrão de variação da condutividade elétrica entre as estações de coleta e entre os períodos sazonais, pode ser observado na Fig. 4.

É possível observar o decréscimo nos valores de condutividade na época de enchente e cheia, refletindo a diluição das águas do rio Acre devido aos altos índices de precipitação pluviométrica na região. Considerando que a condutividade elétrica reflete a concentração de íons em solução (Esteves, 1998) esses valores mais altos na seca e vazante, provavelmente estão relacionados com os altos valores de alcalinidade e pH nesse período, já que a condutividade teve correlação significativa com pH ($r=0,78$ $p=1,18 \times 10^{-13}$) e alcalinidade ($r=0,95$ $p=0$).

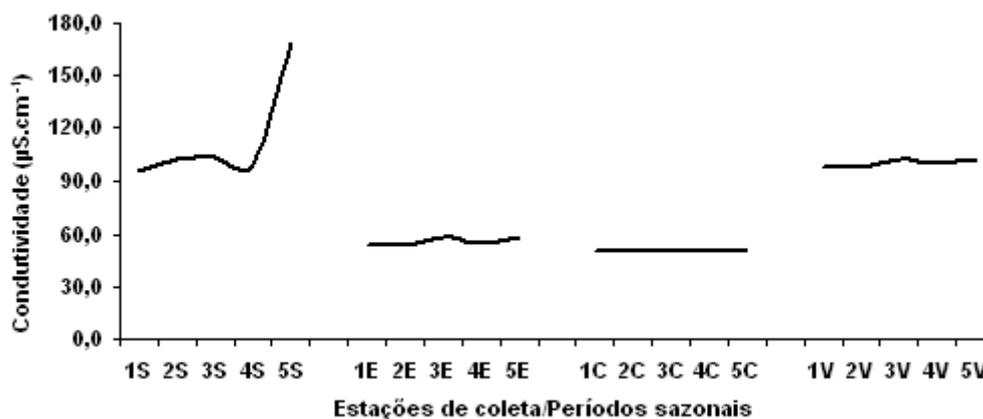


Figura 4. Variação espacial e sazonal da condutividade elétrica em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Rodrigues & Bicudo (2001) detectaram o mesmo comportamento quando estudaram um sistema lótico (canal) na planície de inundação do alto Paraná, no município de Porto Rico, PR, com concentrações mais elevadas de pH, alcalinidade e condutividade elétrica no período de águas baixas.

Küchler et al (2000) compararam rios de água preta (rio Negro) e água branca (rio Solimões) durante o verão nos anos de 1995 e 1997 onde foram observadas diferenças nos valores de pH que oscilaram entre 3,89 e 6,07 para o rio Negro e entre 6,93 e 6,99 para o rio Solimões. Os valores de condutividade elétrica oscilaram entre 8,8 e 28,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, para o rio Negro, e de 68,8 a 93,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para o rio Solimões. Como era de se esperar os valores de pH e condutividade elétrica do rio Acre se assemelharam aos valores do rio Solimões, já que ambos são classificados como rios de água branca (Sioli,1984).

Formas de carbono inorgânico

Em todos os períodos sazonais estudados, as concentrações das formas de carbono inorgânico foram dependentes do pH. As concentrações obtidas

nesse estudo indicaram a presença de carbono inorgânico livre (CO_2L), bicarbonato (HCO_3^-) e teores nulos e quase nulos de carbonato (CO_3^{2-}). Wetzel (1993) e Cole (1983) afirmam a relação entre pH e as proporções relativas das espécies de carbono inorgânico.

Os coeficientes de variação calculados para HCO_3^- mostraram, em média, alta variabilidade entre os períodos sazonais ($\text{CV}=46,63$) e baixa entre as estações de coleta ($\text{CV}=9,49$) (Tab.VI).

Tabela VI. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para HCO_3^- (mg.L^{-1}), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	50,56	20,74	20,73	43,34	33,84	45,56
2	42,28	23,28	19,89	42,96	32,04	38,15
3	52,30	22,43	18,20	49,04	35,49	49,76
4	49,35	24,13	18,61	43,76	33,96	43,84
5	67,56	26,24	18,20	45,82	39,46	55,85
Média	52,41	23,36	19,13	44,98		
CV(%)	17,72	8,73	5,93	5,61		

A presença de HCO_3^- pode ter contribuído para o aumento da alcalinidade, pois reagiu com a água formando ácido carbônico e íons hidroxila, conforme o equilíbrio ácido – base, sendo este íon provavelmente o responsável pelo aumento da alcalinidade neste período (Cole, 1983). As formas de carbono estão fundamentalmente relacionadas com o pH do meio (Esteves,1998). De acordo com Stum & Morgan (1981) em águas com pH abaixo de 9,0 o íon predominantemente é HCO_3^- com isso os valores de alcalinidade e a concentração de HCO_3^- são praticamente idênticas. No presente trabalho o padrão de distribuição do HCO_3^- nas estações de coleta e períodos sazonais corroborou as afirmações dos referidos autores.

Os íons HCO_3^- e CO_3^{2-} são os mais abundantes e responsáveis por praticamente toda alcalinidade nas águas naturais (Delincé, 1992; Arana, 2004). A Fig. 5 mostra que toda a alcalinidade presente na água foi de

bicarbonato. Portanto, este íon teve o mesmo comportamento da alcalinidade total comentada anteriormente.

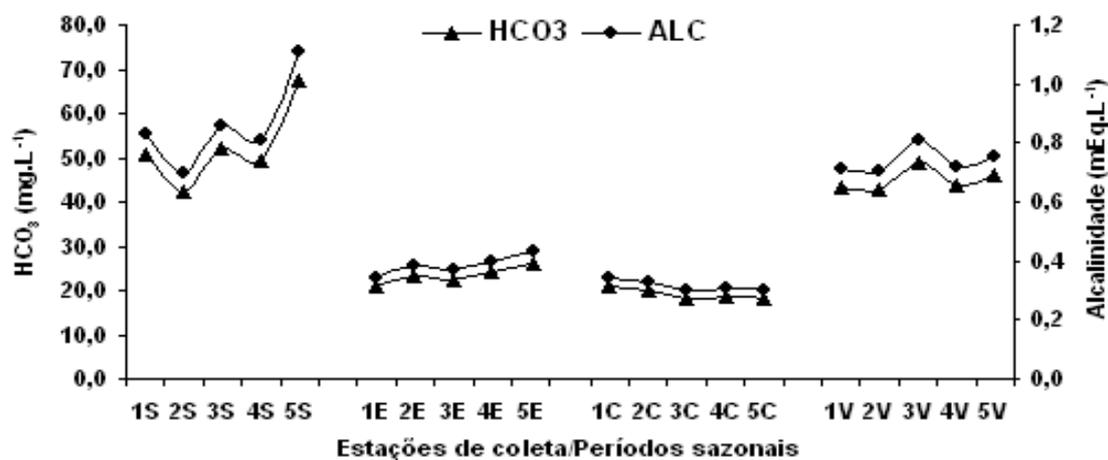


Figura 5. Variação espacial e sazonal do HCO₃⁻ e alcalinidade em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

No período de seca e na vazante, os valores de CO₂ livre foram menores do que os obtidos no período chuvoso. As variações, em média, foram muito altas entre os períodos sazonais, (CV=87,8%) e menores entre as estações de coleta (CV=27,75%) (Tab. VII). Os valores de CO₂ livre se contrapõem com os encontrados para o íon HCO₃⁻ que apresentou maiores valores na enchente e na cheia.

Considerando que a maior contribuição de CO₂ para a água provém da atmosfera (Esteves, 1998), os valores mais baixos de CO₂ livre registrados na seca e na vazante, podem estar relacionados à menor aeração do rio nesse período que diminuiu a difusão dos gases atmosféricos. Além disso, parte do CO₂ diluído reagiu com a água produzindo carbonatos e bicarbonatos.

Em média a estação 5 obteve os maiores valores de CO₂ livre nos períodos sazonais estudados, que pode estar relacionado à decomposição da

matéria orgânica que é maior nessa estação de coleta, devido ao despejo no rio Acre pelo igarapé São Francisco (Fig. 6).

Tabela VII. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para CO₂ livre (mg.L⁻¹), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	1,56	6,24	13,64	1,84	5,82	96,85
2	4,21	10,35	11,66	2,05	7,07	65,97
3	1,98	6,59	10,67	2,39	5,40	75,54
4	1,87	7,96	18,11	1,90	7,46	102,62
5	3,37	10,64	24,45	2,69	10,29	98,22
Média	2,60	8,36	15,71	2,17		
CV(%)	43,82	24,63	36,05	16,5		

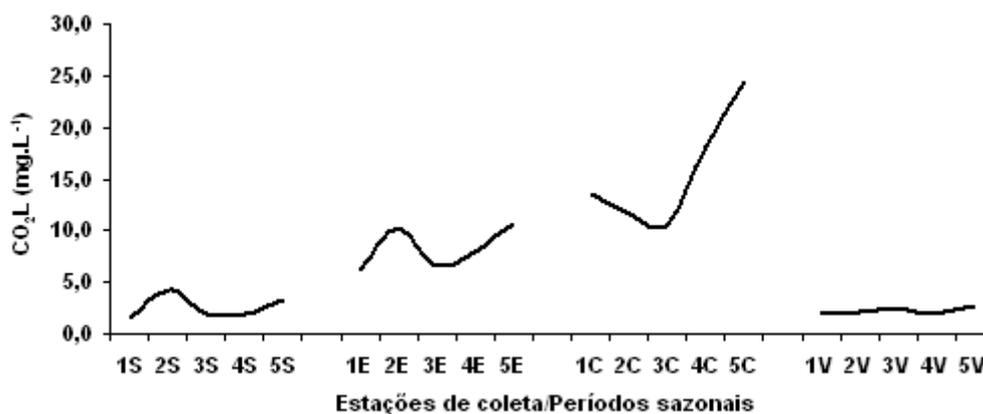


Figura 6. Variação espacial e sazonal do CO₂ livre em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante(jun/05).

Segundo Carmouze (1994), a soma de todas as formas carbonatadas dissolvidas na água ($H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$) é dita carbono inorgânico total (CO₂ total). A variabilidade do CO₂ total, tanto entre as estações de coleta quanto entre os períodos sazonais foi baixa, como mostram os coeficientes de variação (Tab. VIII).

Tabela VIII. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para CO₂ T (mg.L⁻¹) , por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	38,11	21,20	28,60	33,16	30,27	23,74
2	34,73	27,15	26,01	33,08	30,24	14,24
3	39,78	22,78	23,80	37,82	31,05	28,99
4	37,53	25,37	31,54	33,52	31,99	15,84
5	52,17	29,58	37,57	35,78	38,78	24,66
Média	40,46	25,22	29,50	34,67		
CV(%)	16,79	13,28	18,16	6,00		

As maiores concentrações de CO₂ total foram encontradas na estação 5.

Isso era de se esperar já que as maiores concentrações de CO₂ livre e HCO₃⁻ foram, na maioria das vezes, também encontradas na estação 5 (Fig.7).

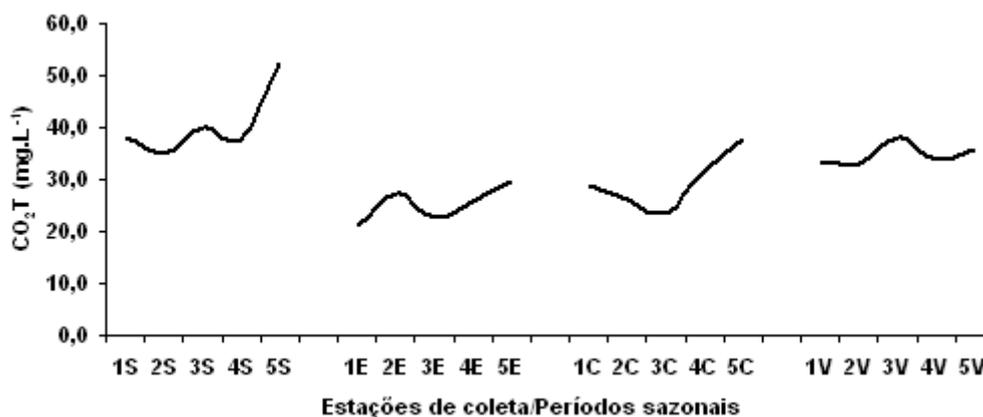


Figura 7. Variação espacial e sazonal do CO₂ total em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Rios & Calijuri (1995) ao estudarem a bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão - SP, com análise mensal no período de 1991 a 1992, encontraram valores médios globais de CO₂ total (33,15 mg.L⁻¹) muito próximos aos valores detectados no presente estudo (32,42 mg.L⁻¹). Os valores médios globais de CO₂ livre (23,51 mg.L⁻¹) e de HCO₃⁻ (17,07 mg.L⁻¹) foram maiores e menores, respectivamente, do que os do presente estudo (7,21 mg.L⁻¹ e 34,97 mg.L⁻¹).

O carbonato (CO₃²⁻) não influenciou na concentração de CO₂ total e nem na alcalinidade, pois suas concentrações foram muito baixas em todos os períodos sazonais (Tab.IX). Essas baixas concentrações são consideradas

normais para águas com pH inferior a 10 (Carmouze,1994; Esteves, 1998). Nesse estudo o maior valor encontrado de pH foi 7,75.

Tabela IX. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para CO_3^{2-} (mg.L^{-1}), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	0,1166	0,0049	0,0022	0,0724	0,50	113,28
2	0,0301	0,0037	0,0024	0,0640	0,03	115,50
3	0,0980	0,0054	0,0022	0,0714	0,04	108,41
4	0,0925	0,0052	0,0014	0,0714	0,04	108,49
5	0,0961	0,0046	0,0010	0,0553	0,04	115,39
Média	0,0867	0,0048	0,0018	0,0669		
CV(%)	38,04	13,98	32,97	10,93		

Sólidos totais (ST) e Turbidez

No período de águas altas (enchente e cheia) as variáveis sólidos totais e turbidez tiveram um aumento considerável em relação ao período de águas baixas (seca e vazante), o que era esperado por conta do pulso de inundação do rio. Os valores obtidos para ST e turbidez no período de águas altas e de águas baixas, bem como seus coeficientes de variação, estão expressos nas Tabs. X e XI. Como pode ser observado nas referidas tabelas, a variabilidade foi alta somente entre os períodos sazonais.

Tabela X. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para sólidos totais (mg.L^{-1}), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	205,33	425,66	303,33	196,66	282,75	37,79
2	232,33	469,33	359,00	186,00	311,67	41,08
3	181,33	485,00	338,66	171,66	294,16	50,47
4	182,33	477,66	341,00	171,66	293,16	49,58
5	204,33	412,33	324,66	177,66	279,75	39,00
Média	201,13	454,00	333,33	180,73		
CV(%)	10,39	7,22	6,22	5,9		

Tabela XI. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para turbidez (UNT), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
----------	------	----------	-------	---------	-------	-------

trecho entre as cidades de Brasília e Assis Brasil (AC), trecho superior ao deste estudo, e encontraram valores médios de 6,73 para pH; 245,27 mg.L⁻¹ para ST, ou seja, valores próximos aos encontrados neste estudo, corroborando com o conceito do contínuo fluvial, sugerida por Vannote et al. (1980).

Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido constitui-se numa das principais variáveis limnológicas, pois além de afetar diretamente toda a biota dos ambientes aquáticos, regula também inúmeros processos químicos que ocorrem nesses ambientes (Wetzel, 1993; Esteves, 1998).

A variável OD não apresentou variação significativa entre as estações de coleta e nem entre os períodos sazonais, devido aos fluxos constantes do rio (Tab. XII). Os valores mais altos de OD foram observados na vazante e na cheia o que, possivelmente, pode ser explicado devido ao aumento da correnteza do rio nesse período. Por outro lado, no período de seca, quando diminuiu a correnteza e a vazão, foram registrados os menores valores de OD, provavelmente, devido à maior concentração da matéria orgânica, em relação aos demais períodos sazonais, e à ação dos decompositores.

Tabela XII. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	5,13	6,41	6,55	7,22	6,33	13,80
2	5,26	6,41	6,54	7,51	6,43	14,33
3	5,20	6,37	6,49	7,77	6,46	16,27
4	5,13	6,40	6,54	8,10	6,54	18,60
5	4,80	6,49	6,53	8,07	6,47	20,64
Média	5,10	6,42	6,53	7,73		
CV(%)	3,50	0,69	0,36	4,85		

O padrão de distribuição do OD foi praticamente uniforme para as estações de coleta no período de enchente e cheia, sendo os maiores valores detectados na vazante (Fig. 9). Nesse período o volume das águas do rio começaram a baixar, permitindo a formação de funil de ventilação que proporcionou uma entrada maior de oxigênio proveniente da atmosfera

(Wetzel, 1993).

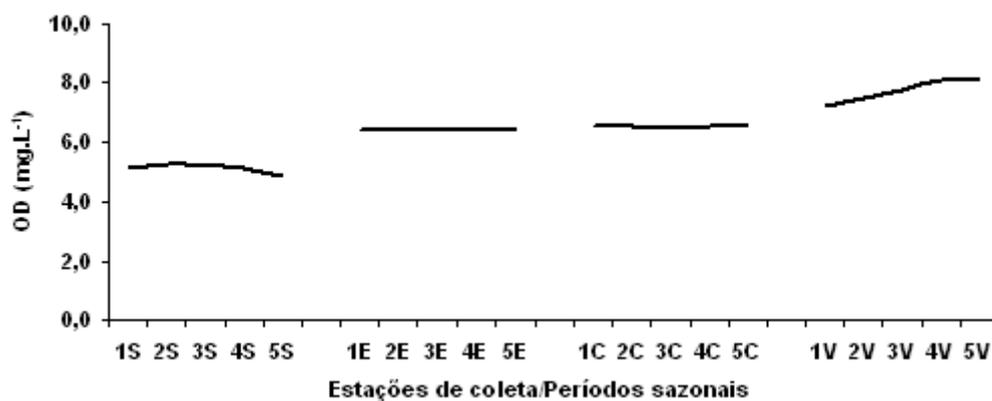


Figura 9. Variação espacial e sazonal de oxigênio dissolvido em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Smith & Petreire (2000), caracterizaram, limnologicamente, a bacia de drenagem do rio Sorocaba, SP, e dentre os vários rios por eles estudados, destacamos o rio Pirapora com comportamento similar ao do rio Acre para a variável OD, que apresentou maiores valores na época de chuva. Os autores atribuíram esse fato à maior concentração de poluentes na época seca e à dificuldade de diluição dos efluentes pela diminuição do volume da água do rio. Para as variáveis alcalinidade e CO₂Total obtiveram maiores valores também na seca. Os valores de pH e temperatura no rio Pirapora foram maiores na chuva contrapondo-se ao comportamento dessas variáveis no presente estudo.

O rio Paraíba do sul foi monitorado, mensalmente, na sua porção inferior, entre agosto de 1995 e julho de 1996 por Silva et al., (2001) que encontraram as maiores concentrações de OD (10,1 mg.L⁻¹) no período de seca, comportamento inverso ao deste trabalho. Segundo os autores isso ocorreu, provavelmente, devido a diminuição de material particulado em suspensão no rio Paraíba, aumentando a transparência na coluna d' água e conseqüentemente, o aumento da produtividade primária.

Por outro lado, Necchi et al., (2000) monitoraram 12 pontos de amostragem na bacia do alto rio São Francisco, Parque Nacional da Serra da

Canastra, MG, com análises trimestrais ao longo de um ano e encontraram concentrações moderadas de OD no mês de maio (4,9 mg.L⁻¹), setembro (5,0 mg.L⁻¹), novembro (5,1 mg.L⁻¹) e fevereiro (5,2 mg.L⁻¹), com pouca variabilidade entre os períodos sazonais, comportamento similar ao deste estudo.

Fósforo total e Nitrogênio total

Considerando que a concentração do ortofosfato é bastante variável por conta de sua rápida incorporação pelas comunidades aquáticas, fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT) são os melhores indicadores do conteúdo de nutrientes em qualquer ecossistema (Payne, 1986).

Em todo o período estudado, o PT fez-se presente em concentrações consideradas baixas. Essas baixas concentrações sugerem a existência de uma limitação por fósforo no ambiente. Contudo, valores um pouco maiores foram encontrados na época da enchente (Fig. 10). A estação 3, no período de enchente, obteve valor máximo de PT (39,43 µg.L⁻¹), responsável pela variabilidade (CV=61,45%) entre os períodos sazonais (Tab. XIII). Esses valores se justificam devido provavelmente ao aporte de efluentes domésticos para o leito do rio nessa estação de coleta. O aumento das concentrações de PT, no período de enchente, está diretamente relacionado com a presença das chuvas, revelando a importância da contribuição alóctone desse nutriente para o leito do rio.

Tabela XIII. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para fósforo total (µg.L⁻¹), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	10,72	20,20	11,02	14,59	14,13	31,21
2	9,58	25,52	14,58	14,53	16,05	41,95
3	9,02	39,43	19,90	16,18	21,13	61,55
4	10,43	29,67	22,57	15,20	19,47	43,34
5	22,62	34,70	20,20	15,05	23,14	35,98
Média	12,47	29,90	17,65	15,11	18,79	
CV(%)	45,79	25,20	26,74	4,39		

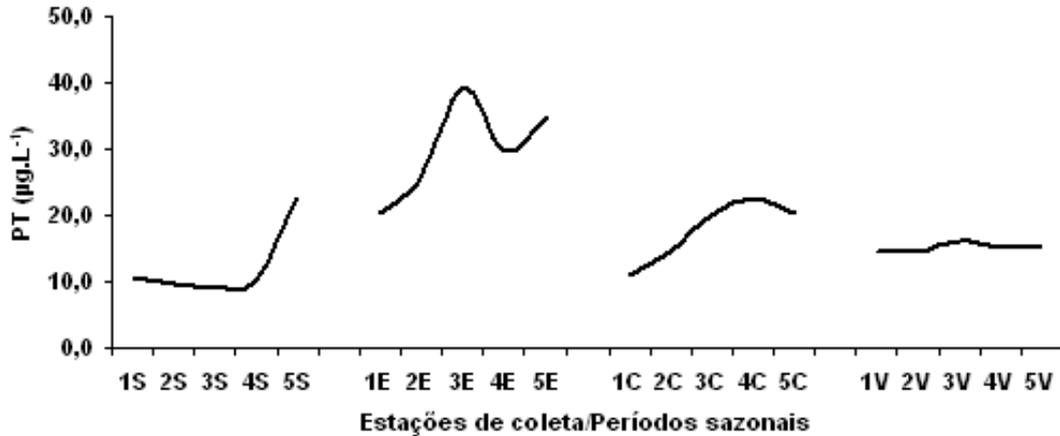


Figura 10. Variação espacial e sazonal do fósforo total (PT) em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

O NT se fez presente em altas concentrações ao longo do período de estudo, com maiores valores na época de seca o que pode ser consequência dos processos de decomposição da matéria orgânica, liberando compostos nitrogenados (Wetzel, 1993; Esteves, 1998). (Tab. XIV). Ao contrário do rio Acre, os valores encontrados por Necchi et al., (2000) para o rio São Francisco, MG, revelaram menores valores de NT ($244,00 \mu\text{g.L}^{-1}$) e maiores de PT ($420,00 \mu\text{g.L}^{-1}$) na época de seca.

Tabela XIV. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para nitrogênio total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	1.673,56	1.758,60	1.233,00	945,20	1.402,60	27,25
2	2.064,08	1.670,70	1.377,00	807,30	1.479,70	35,77
3	2.007,41	1.704,70	1.370,00	1.168,10	1.562,60	23,68
4	1.563,34	1.642,80	1.317,00	960,70	1.370,90	22,37
5	1.881,42	1.709,30	1.351,00	1.515,20	1.614,20	14,29
Média	1.837,96	1.697,20	1.329,50	1.079,30	1.486,00	
CV(%)	11,67	2,57	4,42	25,54		

O padrão de distribuição do NT nas estações de coleta e períodos sazonais (Fig. 11), revela decréscimo nas concentrações de nitrogênio total ao longo dos períodos sazonais, com os maiores valores registrados na seca. Esses valores maiores, nesse período, estão relacionados provavelmente com

a maior taxa de decomposição em função do baixo nível da água, diminuição do fluxo e aumento da temperatura que favorecem os processos de decomposição da matéria orgânica carregada no rio. Entre as estações de coleta a tendência é de aumento para a estação 5, foz do igarapé São Francisco, que transporta grande carga de efluentes domésticos e deposita no rio.

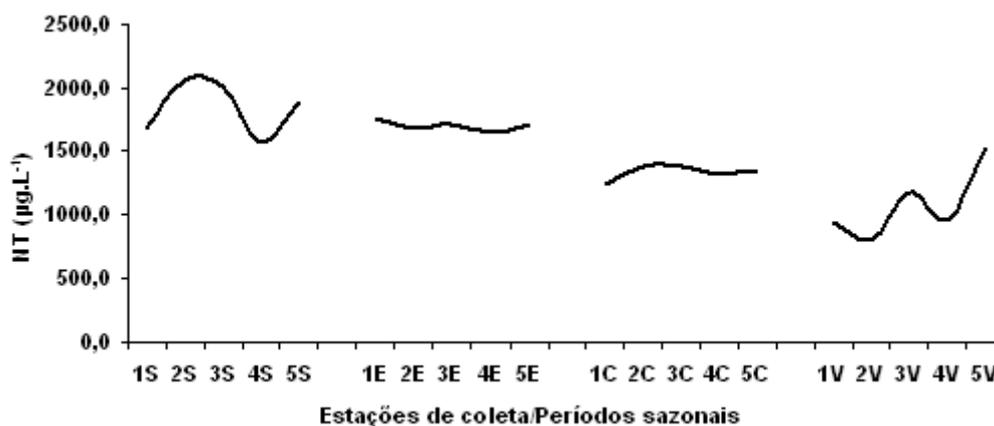


Figura 11. Variação espacial e sazonal do nitrogênio total (NT) em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Galdean et al., (2000), encontraram valores de NT menores e PT maiores em relação a este estudo ou seja, valores que oscilaram entre $6,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ para o córrego Indaiá e $1.077,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ para o rio Peixe, ambos na serra do Cipó - MG. As concentrações de PT foram usualmente abaixo de $50 \mu\text{g.L}^{-1}$, embora uma concentração de $80,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ tenha sido encontrada no rio Peixe durante a época seca.

Silva et al., (2001), ao monitorarem a porção inferior do rio Paraíba do Sul, município de Campos, RJ, observaram que as concentrações de NT e PT foram diretamente proporcionais à vazão. No caso do rio Acre esse padrão se aplica apenas para as concentrações de PT, já que as concentrações de NT foram maiores na seca.

Temperatura da água

A temperatura da água apresentou-se relativamente alta em todo o período estudado com pouca variabilidade entre os períodos sazonais e entre as estações de coleta, com coeficiente de variação não superior, em média, a 2,5% e 28,5%, respectivamente (Tab. XV). Essas temperaturas altas e constantes são características dos rios de regiões tropicais, onde a variação sazonal é pouco acentuada em relação à variação diária (Esteves, 1998). As estações térmicas anuais ausentes são muitas vezes substituídas, na faixa tropical, por estações de diferentes pluviosidades. Esse padrão de temperatura acelera os processos químicos e também os biológicos, tanto de produção como de decomposição (Sioli, ano não indicado).

Tabela XV. Valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação (CV) para temperatura da água, por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos sazonais de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Estações de coleta	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Média	CV(%)
1	29,20	28,04	27,78	28,05	28,27	2,24
2	29,20	28,02	27,78	28,19	28,30	2,21
3	29,26	28,00	27,78	28,37	28,35	2,3
4	29,28	28,04	27,85	28,36	28,38	2,23
5	29,28	27,47	27,52	28,41	28,17	3,04
Média	29,24	27,91	27,74	28,28	28,29	
CV(%)	0,14	0,89	0,46	0,54		

O padrão de distribuição da temperatura, entre as estações de coleta e entre os períodos sazonais, pode ser observados na Fig. 12. O valor máximo encontrado nesse estudo foi de 29,28°C, em setembro (seca), nas estações 4 e 5, e o mínimo de 27,47°C em junho (enchente), na estação 5. Os menores valores observados na estação 5, nos períodos de enchente e cheia, podem estar relacionados com a descarga do igarapé São Francisco no rio, que provocou maior turbulência no local, com conseqüente entrada de oxigênio na massa d'água.

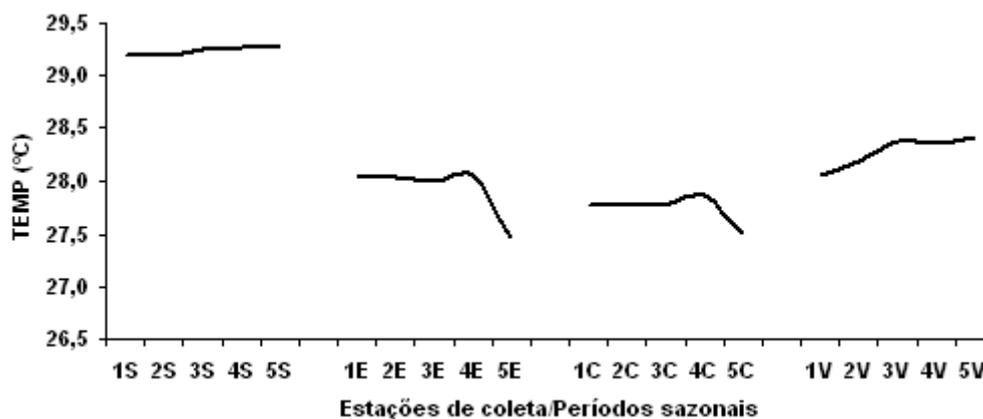


Figura 12. Variação espacial e sazonal da temperatura (Temp °C) em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais realizada, conjuntamente, para os períodos de seca, enchente, cheia e vazante, está representada no diagrama de dispersão (Fig. 13) e na tabela de coeficientes de correlação entre as variáveis e os dois primeiros eixos da ordenação (Tab. XVI). Nos dois primeiros eixos obteve-se 83,22% de explicação da variabilidade total dos dados no sistema, sendo 62,27% no Eixo 1 e 20,95% no Eixo 2.

No Eixo 1, as unidades amostrais referentes aos períodos de vazante e seca foram posicionadas no lado negativo do eixo, associadas aos altos valores de HCO_3^- , CO_2T , CO_3^{2-} , condutividade elétrica, temperatura e pH. As unidades amostrais dos períodos de enchente e cheia, associadas aos altos valores de PT, turbidez e sólidos totais, foram posicionadas no lado positivo do eixo. A distribuição das unidades amostrais foi baseada na variação temporal dos dados e o sistema foi discriminado com base nos maiores valores registrados para as variáveis ambientais. Portanto, o Eixo 1 discriminou os períodos sazonais de seca e chuva. Como pode ser observado na Fig. 13, a maior parte das variáveis está associada com o período de seca e vazante. Isso ocorreu, possivelmente, devido à maior concentração de poluentes na

época seca e, também, devido à dificuldade de diluição dos efluentes pela ausência de chuvas, com conseqüente diminuição do volume de água do rio.

Tabela XVI. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas e os três primeiros eixos da ordenação na ACP, determinados para um trecho urbano do rio Acre nos períodos de setembro (seca) e dezembro (enchente) de 2004, março (cheia) e junho (vazante) de 2005.

Variável	Componentes principais	
	Eixo 1	Eixo 2
pH	-0,836	-0,328
OD	0,321	0,833
COND	-0,911	-0,030
TURB	0,844	-0,445
TEMP	-0,880	-0,375
NT	-0,103	-0,922
FT	0,640	-0,342
ST	0,880	-0,441
CO ₂ T	-0,852	-0,015
HCO ₃ ⁻	-0,958	-0,025
CO ₃ ²⁻	-0,943	0,052
Explicabilidade	62,27%	20,95%

Com relação ao eixo 2, as unidades referentes ao período de seca e enchente foram associadas negativamente aos altos teores de NT, enquanto as unidades da cheia e vazante foram associadas positivamente aos altos teores de OD (Tab. XVI). A distribuição das unidades amostrais foi baseada na variação temporal dos dados, em função do fluxo da água. Como pode ser visto, as unidades amostrais localizadas no lado negativo do eixo, associadas com NT, são constituídas por aquelas em que esta variável apresentou os mais altos valores, em função do aporte de material alóctone durante a enchente (vazão 112,0 m³.s⁻¹) e concentração no meio aquoso durante a seca (vazão 24,4 m³.s⁻¹). Por outro, lado as unidades amostrais localizadas no lado positivo do eixo, associadas com OD, são constituídas por aquelas em que esta variável apresentou os mais altos valores, possivelmente devido à turbulência do fluxo da água na cheia (vazão 551,0 m³.s⁻¹).

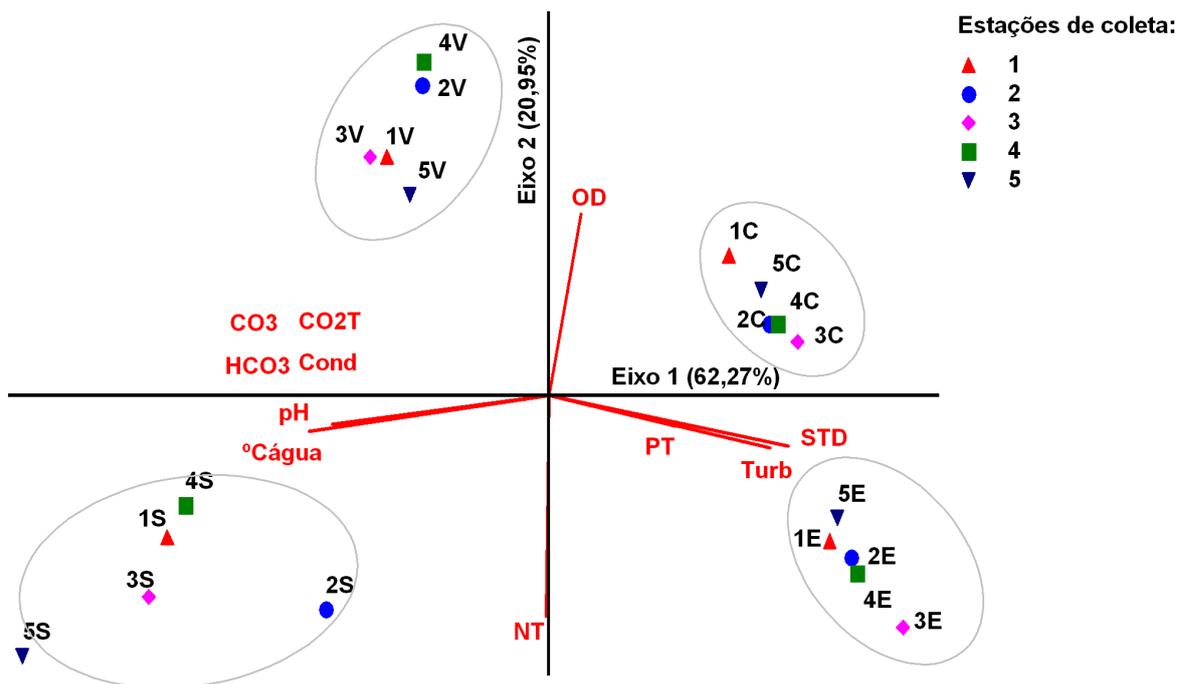


Figura 13 . Ordenação pela ACP das estações de coleta e períodos sazonais, em função das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas em um trecho urbano do rio Acre nos meses de setembro e dezembro de 2004, março e junho de 2005: Eixo 1 x Eixo 2 . As unidades amostrais obedecem a seqüência de: estações de coleta 1, 2, 3, 4 e 5 e períodos sazonais S=seca, E=enchente, C=cheia e V=vazante.

CONCLUSÕES

Com base na alteração sazonal das variáveis limnológicas analisadas no presente estudo, foi possível identificar as precipitações pluviiais, responsáveis pela flutuação do ciclo hidrológico do rio (seca, enchente, cheia e vazante), como fator de força que exerceu forte influência sobre as variáveis abióticas estudadas. Este fato foi comprovado pelos cálculos dos coeficientes de variação (CV%), que foram maiores entre os períodos sazonais para maioria das variáveis estudadas, e pela análise de componentes principais que separou claramente os quatro períodos sazonais estudados.

O trecho estudado do rio Acre foi caracterizado pela diminuição das concentrações de alcalinidade total, bicarbonato, carbonato e condutividade elétrica no período de águas altas (enchente e cheia). Essas baixas concentrações foi devido a diluição dessas variáveis em função do período

chuvoso ter aumentado o volume de água do rio.

Comportamento inverso apresentaram as variáveis sólidos totais e turbidez que tiveram seus valores aumentados na enchente e cheia, por conta da entrada de material sólido para o leito do rio e aumento do material em suspensão.

A distribuição espacial do pH, oxigênio dissolvido e temperatura revelaram tendência à homogeneidade. A proximidade dos valores encontrados para temperatura, são características dos rios tropicais, já que nessa região a ausência de estações térmicas anuais bem definidas é substituída pela estação de pluviosidade. A concentração de oxigênio dissolvido foi satisfatória para manutenção da biota e para os processos químicos que ocorrem nos ambientes aquáticos, em todo o período de estudo. Fato comum em ambientes lóticos devido a constante turbulência das águas. A pequena variabilidade encontrada nos valores de pH, entre as estações de coleta em todos os períodos sazonais, pode ser atribuída às próprias características geoquímicas, ou seja, naturais sem grandes fatores de força externa.

Nitrogênio e fósforo total tiveram comportamentos antagônicos. O primeiro com maiores valores na seca, em consequência da maior concentração de compostos nitrogenados provenientes da decomposição da matéria orgânica, que não são totalmente diluídos em função do volume das águas estarem reduzidos nesse período. O fósforo total foi maior na enchente, destacando a importância da contribuição alóctone para dinâmica do rio.

Das estações de coleta analisadas, a 3 e a 5 foram as que obtiveram as maiores concentrações na maioria das variáveis analisadas, confirmando que os efluentes domésticos *in natura* que essas estações recebem são fatores de força na alteração das características físicas, químicas e biológicas do ambiente estudado.

REFERÊNCIAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas:** NBR 10664. 1989. Águas- Determinação de Resíduos Sólidos - método gravimétrico. Rio de Janeiro. 14p.
- Acre. Governo do Estado do Acre.** Programa Estadual de Zoneamento Ecológico, Econômico do Estado do acre. 2000. Zoneamento Ecológico – Econômico: Recursos Naturais: Meio Ambiente – SECTMA. Rio Branco. v. 1, 116 p.
- Almeida, J.S.** 2000. Influência do regime hidrológico sobre algumas variáveis limnológicas em um lago da planície de inundação do rio Acre (lago Amapá, Acre, Brasil). Universidade Federal do Acre. 129 p. (Dissertação)
- Arana, L.V.** 2004. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões. 2ed. UFSC. 231p.
- Ayres, M., Ayres, M.JR., Ayres, D.L & Santos, A.S.** 2000. Bio Estat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médica. Sociedade Civil Maminaua. CNPq. Brasília. 272p.
- Brasil. Ministério Dos Transportes.** 2004. Transporte Hidroviário, Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/inhidro.htm>> Acessado em 10/05/04.
- Brasil. Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA.** 2005. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
- Carmouze, J.P.** 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blücher Ltda e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.253p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 1998. Guia de Preservação de Amostras de Águas. In: Agudo, E.G. (coord.). Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. São Paulo. 150p.
- Cole, G.A.** 1983. Textbook of limnology. 3ª ed. C.V. Mosby Company, London. 261-281p.
- Delincé, G.** 1992. The ecology of the fish pond ecosystem: With Special reference to Africa. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht. 230p.
- Duarte, A.F.** 2004. Estatística da distribuição anual, valores "normais" e eventos extremos de chuvas em Rio Branco - Ac, Brasil. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza.

- Esteves, F.A.** 1998. Fundamentos de Limnologia. Interciência. 2ª ed., Rio de Janeiro. 602p.
- Fittkau, E.S., Irmiler, U., Junk, W., Reiss, F. & Schimdt, G.W.** 1975. Productivity, Biomassa, and population dynamics in Amazonian water bodies. In: Coupling of Land and Water Systems Ecological Studies 10. Hasles, A. D. Springer-Verlag, p. 287-310.
- Galdean, N., Callisto, M. & Barbosa, F.A.R.** 2000. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, Southeast Brazil: Water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. Aquatic Ecosystem Health & Management 3: 545-552.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S. & Ohmstad, M.A.M.** 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Oxford: Blackwell Scientific Publications. (IBP Handbook nº 8, 2ª ed.). 213 p.
- Keppeler, E.C.** 2003. Abundance of zooplankton from different zones (pelagic and littoral) and time periods (morning and night) in two Amazonian meandering lakes. Rev. Acta Scientiarum. Biological Science 25(2): 287-297.
- Keppeler, E.C.** 2003. Comparative study of the zooplankton composition of two lacustrine ecosystems in Southwestern Amazonia. Rev. Acta Scientiarum. Biological Sciences. 25(2): 467-477.
- Keppeler, E.C. & Hardy, E.R.** 2002. Estimativa do tamanho das fêmeas com ovos de *Moina minuta* Hansen, 1899 (Cladocera, Crustácea) no lago Amapá, Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. Rev. Acta Scientiarum 24(2): 321-328.
- Keppeler, E.C. & Hardy, E.R.** 2004. Vertical distribution of zooplankton in the water column of Lago Amapá, Rio Branco, Acre, Brazil. Rev. Brasileira de Zoologia 21(2): 169-177.
- Keppeler, E.C., Lopes, M.R.M. & Lima, C.S.** 1999a. Ficoflórula da lagoa Amapá em Rio Branco-Acre, I: Euglenophyceae. Rev. Bras. Biol. 59(4): 679-686.
- Keppeler, E.C., Lopes, M.R.M. & Lima, C.S.** 1999b. Ficoflórula da lagoa Amapá em Rio Branco-Acre, II: Chlorophyta. Rev. Bras. Biol. 59(4): 687-691.
- Klinge, H. & Ohle, W.** 1964. Chemical properties of rivers in the Amazonian area in relation to soil condition. Verh. Internat. Verein. Limnol. 15: 1067-1076.
- Küchler, I.L., Miekeley, N. & Fosberg, B.R.** 2000. A Contribution to the Chemical Characterization of Rivers in the Rio Negro Basin, Brazil. J. Braz. Chem. Soc., 11(3): 286-292.

- Lopes, M.R.M. & Bicudo, C.E.M.** 2003. Desmidioflórula de um lago da planície de inundação do rio Acre, estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 33(2): 162-212.
- Lopes, M.R.M & Ferreira, L.S.** 2005. Efeitos do pulso de inundação sobre a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica de dois lagos da planície de inundação do rio Acre. (Em preparação).
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, F.J.** 1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. Cumbria Freshwater Biological Association. (Scientific publication nº 36). 120p.
- Margalef, R.** 1983. *Limnologia*. Barcelona, Omega. 1010p.
- Margalef, R.** 1991. Teoria de los sistemas ecológicos. Universitat de Barcelona, 290p.
- Mascarenhas, A.F.S, Brabo, E.S. & Silva, A.P.** 2004. Avaliação da concentração de mercúrio em sedimentos e material particulado no rio Acre, Ac, Brazil. *Acta Amazonica* 34 (1): 61-68.
- McCune, B. & Mefford, M.J.** 1997. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MJM Software Design, Oregon. 47p.
- Necchi, O.JR., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z.** 2000. Características limnológicas da bacia do alto rio São Francisco, parque nacional da Serra da Canastra, MG. *Acta Limnol. Bras.* 12:91-22.
- Neto, M.S.S., Alves, R., Figueiredo, A.C. & Hino, K.** 1993. Caracterização Hidrogeoquímica da bacia do Rio Manso-Cuiabá, MT. *Acta. Limnol. Bras.* VI: 230-244.
- Payne, A. I.** 1986. *The ecology of tropical lakes e rivers*. New York: Jhon Wiley & Sons. 301p.
- Primavesi, O., Freitas, A.R., Oliveira, H.T. & Primavesi, A.C.P.A.** 2000. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachim, São Carlos, SP. *Acta. Limnol. Bras.* 12: 95-111.
- Rios, L. & Calijuri, M.C.** 1995. A bacia hidroráfica do Ribeirão do Feijão: Uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta. Limnol. Bras.* VII: 151-161.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D.C.** 2001. Limnological characteristics comparison in three systems with different hydrodynamic regime in the upper Paraná river floodplain. *Acta Limnol. Bras.* 13(1):39-49.

- Sabater, F., Armengol, J. & Sabater, S.** 1989. Measuring discontinuities in the Ter River. *Regulated Rivers: Res.Manag.* 3:133-142.
- Sendacz, S. & Costa, S.M.** 1991. Caracterização do Zooplâncton do Rio Acre e Lagos Lua Nova, Novo Andará e Amapá (Amazônia, Brasil). *Revista Brasileira Biologia* 51: 463-470.
- Silva, M.A.L., Calasans, C.F., Oralle, A.R.C. & Rezende, C.E.** 2001. Dissolved Nitrogen and Phosphorus Dynamics in the Lower portion of the Paraíba do Sul River, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. *Brazilian Arch. Biol. Tech.* 44(4). 365-371.
- Sioli, H.** 1968. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. *Amazoniana* 1 (3): 267-277.
- Sioli, H.** 1975a. Amazon Tributaries and Drainage Basins, In: *Coupling of Land and Water Systems Ecological Studies* 10. Hasles, A. D. Springer-Verlag, p. 199-212.
- Sioli, H.** 1975b. Tropical Rivers as Expressions of Their Terrestrial Environments. In: *Coupling of Land and Water Systems Ecological Studies* 10. Hasles, A. D. Springer-Verlag, p. 275-288.
- Sioli, H.** 1984. The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. W. Junk, Dordrecht. 763p.
- Sioli, H.** (ano não indicado). *Conservação da Natureza. Rios Tropicais: Problemas ecológicos e relações às condições ambientais terrestres.* p. 9-30.
- Smith, W.S. & Petrere, JR.M.** 2000. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do rio Sorocaba, São Paulo. *Acta Limnol. Bras.*12:15-27.
- Stum, W. & Morgan, J.J.** 1981. *Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters.* New York: J. Wiley & Sons, 2 ed. 780p.
- Valderrama, J.C.** 1981. The Simultaneous Analysis of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Natural Waters. *Mar. Chem.* 10: 10
- Vannote, R.C., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J R. & Cushing, C.E.** 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Wetzel, R.G.,** 1993. *Limnologia.* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919p.

CAPÍTULO II

Avaliação da qualidade da água e potencial de balneabilidade de um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre, Brasil.

ABSTRACT

Evaluation of water quality and potential bathing quality of an urban stretch of the Acre River, Rio Branco, Brasil.

Detection of the effects of anthropogenic activities on water resources depends on the use of indicators for fecal contamination, combined with physical and chemical variables that govern ecosystem function. Bathing conditions and WQI (water quality index) of the Acre River in the municipality of Rio Branco, Acre, were evaluated. The WQI reflects the interference of sewage and other organic materials, nutrients and suspended solids. Five sampling stations were established along the urban stretch of the Acre River at three locations: left bank, right bank, and main flow of the river. Samples were collected in September and December of 2004, and in March and June of 2005, so as to include different phases of the hydrological cycle (low, rising, high, falling water). Nine parameters were used to calculate the WQI: turbidity, water temperature, total solids, fecal coliforms, pH, BOD, DO, Total P, and Total N. To classify water according to bathing criteria, we used the CONAMA resolution 274/00. Results indicated that the influence of seasonality did not alter the general WQI classification of water from the Acre River: 40% of the samples were classified as "GOOD" and 60% as "REGULAR". In terms of bathing water quality, 50% of the water samples were classified as "INAPPROPRIATE" for recreation involving primary contact. The lowest densities of fecal coliforms occurred during high water periods, revealing Acre River's low capacity to dilute coliforms loads during dry periods. This finding indicates that the release of raw sewage is the principal factor affecting river water quality. To tackle this problem, public policies addressing health and sanitation are needed.

Keywords: Acre River, WQI, bathing water quality, fecal coliforms.

RESUMO

A detecção dos efeitos das ações antrópicas sobre os recursos hídricos depende do uso de indicadores de contaminação fecal, combinados com variáveis físicas e químicas que regem o funcionamento dos ecossistemas. Foram avaliadas as condições de balneabilidade e calculados índices de qualidade da água (IQA) em um trecho urbano do rio Acre, município de Rio Branco, Acre. O IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos em suspensão. Foram estabelecidas cinco estações de coleta ao longo de um trecho urbano do rio Acre com três pontos de amostragem: margem esquerda, margem direita e calha do rio. As amostras foram coletadas em setembro e dezembro de 2004 e março e junho de 2005, abrangendo diferentes etapas do ciclo hidrológico (seca, enchente, cheia e vazante). Para o cálculo do IQA, foram utilizados nove variáveis: turbidez, temperatura da água, sólidos totais, coliformes fecais, pH, DBO, OD, PT, NT. Para a classificação das águas quanto o critério de balneabilidade, seguimos a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 274/00. Os resultados indicaram que a influência da sazonalidade não alterou a classificação geral do IQA para as águas do rio Acre, apresentando 40% dos locais amostrados na faixa BOA e 60% na faixa REGULAR. Quanto à balneabilidade, 50% dos locais amostrados foram classificados IMPRÓPRIOS para recreação de contato primário. As menores densidades de coliformes fecais foram encontradas no período de águas altas revelando baixa capacidade do rio Acre em diluir as cargas de coliformes no período seco. Essa observação indica lançamento de esgoto "in natura" como o principal fator de força na qualidade da água do rio. Para enfrentar esse problema se faz necessário a implantação de políticas públicas de saúde e saneamento.

Palavras-chave: Rio Acre, IQA, Balneabilidade, Coliformes termotolerantes.

INTRODUÇÃO

O uso sustentado da água implica na possibilidade de que as gerações atuais e as próximas possam satisfazer suas necessidades, garantindo a sustentabilidade social, econômica e política, bem como a preservação dos ecossistemas, para que a população tenha uma melhor qualidade de vida (CNUMAD, 1992).

A proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos precisa ser feita a partir da aplicação de critérios integrados para o desenvolvimento, o manejo e o uso desses recursos. Para que isso seja alcançado se faz necessária a análise integrada da qualidade da água considerando, não apenas os métodos tradicionais de avaliação, mas também, os aspectos biológicos do sistema (Barbosa, 1994).

É de suma importância a correta identificação dos efeitos das ações antrópicas sobre os sistemas biológicos, principalmente para podermos distinguir as variações naturais que ocorrem ao longo das estações do ano, por exemplo, daquelas variações induzidas pelo homem, através de alterações no funcionamento do ecossistema. Se esta distinção for feita corretamente, então seremos capazes de monitorar e usufruir os recursos naturais de uma forma racional (Cairns et al., 1993).

Os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações e a biota aquática reage a esses estímulos, sejam elas naturais ou antrópicas (Buss & Nessimian, 2003). A detecção dos resultados dos impactos sobre os rios depende do uso de bioindicadores, combinados com variáveis físicas e químicas que regem o funcionamento dos ecossistemas (Callisto et al., 2004).

O rio é habitado, normalmente, por várias espécies de bactérias, algas, peixes e outros organismos. Essas bactérias são importantes porque são responsáveis pela auto-depuração do rio. Porém, quando o rio recebe despejos de esgotos domésticos, devido ao desenvolvimento e proximidade urbana, esses dejetos promovem desequilíbrio entre o lançamento e capacidade de

carga do sistema causando diferentes graus de poluição ambiental (Ribeiro, 2002).

Indicadores microbiológicos são importantes na determinação dos níveis de contaminação da água e são, usualmente, utilizados como indicadores de poluição fecal representado pela contagem de bactérias do grupo coliformes (Lutterback et al., 2001). Coliformes termotolerantes (fecais) são indicadores da qualidade da água dos rios e de outros ecossistemas aquáticos que recebem esgotos. Embora não sejam bactérias patogênicas, indicam a potencialidade da água para a transmissão de doenças. Essa variável é usada pelos órgãos governamentais para classificar os corpos d'água quanto ao uso e níveis sanitários como, por exemplo, a balneabilidade, que é a medida das condições sanitárias das águas destinadas à recreação de contato primário, potabilidade e água para consumo humano que não ofereça riscos à saúde.

Uma grande desvantagem da avaliação bacteriológica é a curta sobrevivência das bactérias do grupo coliforme na presença da luz solar e do cloro. Esses fatores podem reduzir sensivelmente o número de bactérias presentes na amostra e levar a resultados errôneos quanto à balneabilidade da água estudada (Silveira, 2004).

Diversos estudos constataram que muitos rios urbanos brasileiros estão assoreados e poluídos (Monteiro, 2002; Filho, 2003; Carvalho et al., 2004), devido à ocupação desordenada de áreas antes florestadas, a expansão urbana, grande volume de sedimentos, efluentes industriais, domésticos e da agricultura são transportados para os cursos d'água, modificando as características de qualidade e quantidade da água, e refletindo numa diminuição de sua disponibilidade, tanto para uso humano, quanto para os processos ecológicos (Miranda & Texeira, 2004).

O objetivo principal deste estudo foi classificar um trecho urbano do rio Acre, utilizando-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), instrumento fundamental para diagnóstico da qualidade ambiental de águas interiores, sendo importante, também, como ferramenta para controle e gerenciamento dos recursos hídricos; avaliar as condições de balneabilidade da água de rios, que se constitui numa significativa fonte de informação para a população; e identificar problemas decorrentes de intervenções antrópicas que

comprometem a qualidade da água.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado ao longo de um trecho de 9 km do rio Acre, situado na área urbana do município de Rio Branco, Acre, Brasil (Fig. 1). O rio Acre nasce no Peru, aproximadamente a 300 m de altitude, possui uma extensão de 1.190 km, deságua a uma altitude de 100 m pela margem direita no rio Purus, na cidade de Boca do Acre-AM (Brasil, 2004). As principais cidades instaladas à suas margens são: Iñapari (Peru), Cobija (Bolívia), Assis Brasil (AC), Epitaciolândia (AC), Brasiléia (AC), Xapuri (AC), Rio Branco (AC), Porto Acre (AC) e Boca do Acre (AM) (Brasil, 2004).

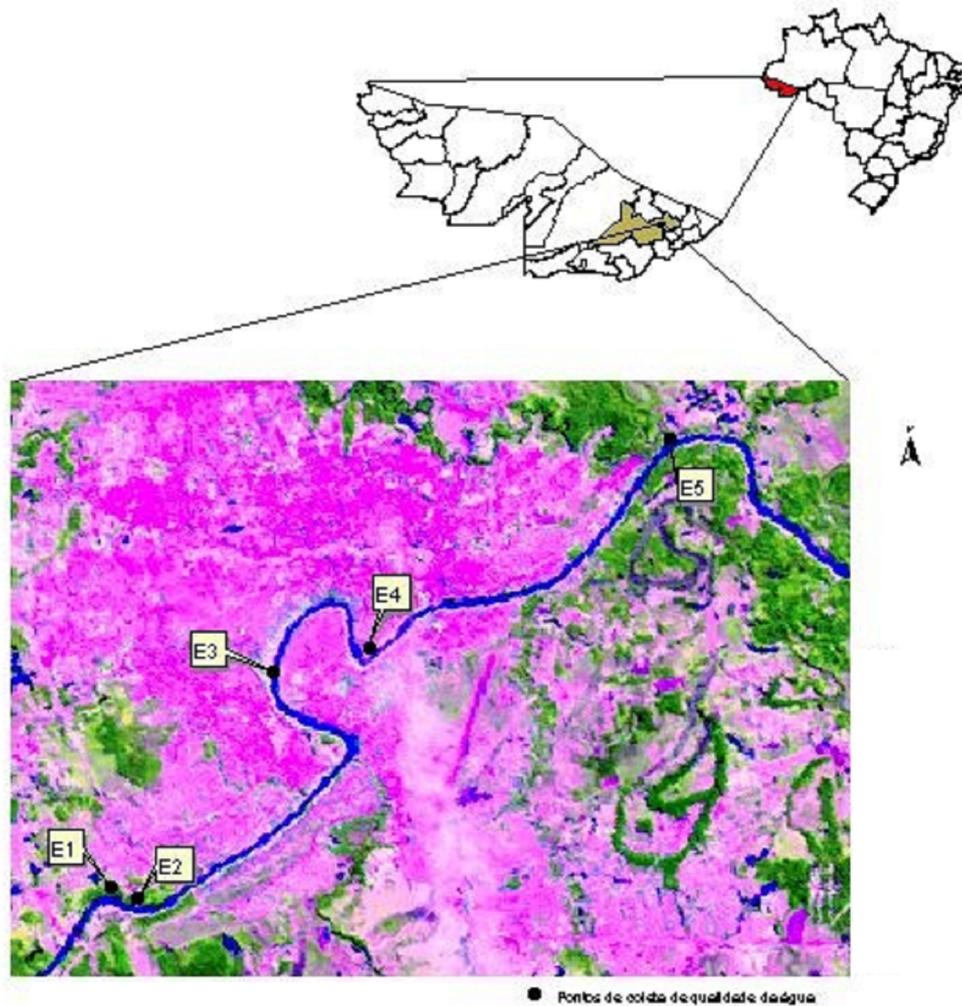


Figura 1. Localização e distribuição das cinco estações de coleta ao longo de um trecho urbano do rio Acre. Fonte: Base topográfica digital do estado do Acre, Ministério do Exército-DSG Imagem: TM/Landsat 5 – Órbita: 002/067 – 04/06/2004 - Composição: RGB 543. (Elaborado por Joventina Nakamura, Laboratório de Geoprocessamento da FUNTAC).

De modo geral, o regime hidrológico pode ser caracterizado por águas altas (janeiro a maio) e águas baixas (junho a outubro) com evidentes períodos de seca, enchente, cheia e vazante. O clima da bacia é quente e úmido com temperatura média anual em torno de 24,5 °C (Acre, 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água foram coletadas nos meses de setembro/2004, dezembro/2004, março/2005 e junho/2005 correspondendo, respectivamente, aos períodos de seca, enchente, cheia e vazante, em cinco estações de coleta no rio Acre. Em cada estação de coleta foram estabelecidos três pontos de amostragem: margem esquerda, direita e calha do rio (15 unidades amostrais).

As estações de coleta foram determinadas em função do grau de importância da mesma para a comunidade local, ou seja, em quais trechos do rio a alteração da qualidade água traria riscos à saúde humana. A localização das referidas estações (E1, E2, E3, E4 e E5) foi obtida com GPS marca Garmin 12XL, utilizado datum SAD 69, cujas coordenadas são: E1 (19L0627231X – 8893554Y), à montante da Estação de Tratamento de Água (ETA Sobral); E2 (19L0627588X – 8893442Y), à jusante da ETA Sobral; E3 (19L0629234X – 8896216Y), na saída de efluentes domésticos da área de maior densidade populacional do município de Rio Branco; E4 (19L0630413X – 8896489Y), local recreativo da Gameleira; E5 (19L0634021X – 8899049Y), na foz do igarapé São Francisco.

As amostras foram coletadas e transportadas conforme recomendações do Guia de coleta e preservação de amostras de água da CETESB (1998). Foram processadas no laboratório da Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre (UTAL/UFAC) as seguintes variáveis: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pelo método de Winkler com período de incubação de 5 dias a 20°C (ABNT NBR 12614, 1992). As análises de sólidos totais (ST), pelo método gravimétrico (ABNT NBR 10664, 1989); turbidez utilizando turbidímetro HACH. As análises de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) foram realizadas no Laboratório de Limnologia da UFAC, pelo método de Valderrama (1981). As medidas de pH, temperatura da água (°C) e oxigênio dissolvido (OD) foram realizadas no campo com sonda exploratória marca YSI modelo 600R. Destaca-se que todas as análises foram realizadas no dia da coleta, exceto nutrientes totais, cujas amostras foram armazenadas em freezer (-20°C) e processadas em até 30 dias após a coleta.

Com exceção de coliformes termotolerantes, os valores mínimo, máximo e erro padrão das variáveis analisadas, estão expressos no Apêndice 1.

Para análise de coliformes termotolerantes (coliformes fecais-CF) a metodologia empregada foi a de tubos múltiplos, recomendado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da resolução nº 274/ 2000 e (Brasil,2000) que se fundamenta no Standard Methods (APHA,1995). A densidade de coliformes fecais constitui parâmetro básico para classificação das águas quanto à sua balneabilidade e aspecto sanitário (Tab. I).

Tabela I – Classificação de balneabilidade de acordo com a resolução do Conama nº274/2000.

Limite de Coliformes Fecais (NMP.100mL⁻¹)	Classificação
250	Excelente
500	Muito Boa
1000	Satisfatória
2500	Imprópria

O índice de qualidade da água (IQA) reflete a interferência de esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos. O IQA foi calculado através do método desenvolvido pela National Sanitation Foundation (USA) modificado pela CETESB, no qual se definiu um conjunto de nove variáveis considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez (TURB), temperatura da água (T°C), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (ST) e coliformes termotolerantes (CF). Para cada um dos parâmetros foi atribuído um peso de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração dos mesmos. O valor do IQA varia de 0 a 100, conforme especificado na Tab. II. Para o cálculo do IQA foi utilizado um Software desenvolvido por Lisiane Requião do Instituto de Saneamento Ambiental da PUC, PR.

Tabela II – Valores de referência do Índice de Qualidade da Água (IQA) de acordo com as normas estabelecidas pela CETESB (2005).

Qualidade da água	Faixa de aceitação
Excelente	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$00 < IQA \leq 19$

O tratamento estatístico dos dados foi feito de forma descritiva e calculou-se o coeficiente de concordância de Kendall (W), para determinar o grau de concordância dos valores de IQA entre os períodos sazonais e as

estações de coleta. O mesmo teste também foi aplicado para a balneabilidade para verificar a concordância entre os períodos sazonais e as estações de coleta, (Siegel, 1979).

Análise descritiva univariada e exploratória foi realizada através do programa Bio Estat versão 2.0 (Ayres et al., 2000), tendo sido utilizado como medidas de tendência central a média aritmética e como medidas de dispersão o erro padrão e coeficiente de variação de Pearson. Para análise multivariada dos dados procedeu-se à Análise de Componentes Principais (ACP), a qual foi realizada a partir de matrizes de covariância, com os dados transformados pela amplitude de variação dos dados (“ranging”), com auxílio do programa WinMat, versão 1.0, elaborada por G.J.Shepherd, da Universidade Estadual de Campinas. Para esta análise, foi utilizado o programa estatístico PC-ORD para Windows, versão 3.11 (McCune & Mefford, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água pode ser avaliada através de diversos parâmetros que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. O IQA, índice que classifica as águas em cinco categorias que vão de excelente a ruim. A Tab. III resume as condições limnológicas abióticas e bióticas de cada estação de coleta a partir de 4 coletas realizadas durante o período de estudo, bem como a classificação da qualidade da água.

A principal vantagem do IQA é a facilidade de comunicação com o público não-técnico e o fato de representar um conjunto de diversas variáveis em um único número. A principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas (CETESB, 2005). Desde de 2002, a CETESB deixou de utilizar somente o IQA para classificação das águas brutas com fins de abastecimento público e passou a utilizar índices específicos para cada uso do recurso hídrico. O índice de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público – IAP é obtido através do produto da ponderação dos resultados do IQA (variáveis básicas Tab.I) e do índice de substâncias tóxicas – ISTO (metais pesados,

fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco). O IAP, comparado com o IQA, é um índice mais fidedigno da qualidade da água bruta a ser captada (CETESB, 2005).

Tabela III - Valores médios (n=3) de pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez (Turb.), temperatura da água (t°C), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (ST), coliformes termotolerantes ou fecais (CF) e classificação da qualidade da água (IQA), determinados para o trecho urbano estudado, estações de coleta 1, 2, 3, 4 e 5, nos períodos de seca (S), enchente (E), cheia (C) e vazante (V).

Pontos de Coleta	pH	OD (mg.L ⁻¹)	Turb (UNT)	°C água	NT(µg.L ⁻¹)	PT(µg.L ⁻¹)	DBO (µg.L ⁻¹)	ST (µg.L ⁻¹)	Coliformes (MP.100mL ⁻¹)	IQA	Classificação
1S	7,75	5,13	82,20	29,20	1673,56	10,72	4,93	205,33	180,00	59	Boa
1E	6,76	6,41	449,66	28,04	1758,6	20,20	1,66	425,66	40,66	55	Boa
1C	6,42	6,55	227,33	27,78	1233,00	11,02	1,73	303,33	29,70	56	Boa
1V	7,48	7,22	77,16	28,05	945,220	14,59	4,62	196,66	348,00	63	Boa
2S	7,24	5,26	112,63	29,20	2064,08	9,58	5,00	232,33	297,33	54	Boa
2E	6,59	6,41	500,66	28,02	1670,66	25,52	1,80	469,33	55,33	53	Boa
2C	6,47	6,54	233,00	27,78	1376,73	14,58	2,86	359,00	26,66	54	Boa
2V	7,02	7,51	82,10	28,19	807,340	14,53	3,53	186,00	313,66	62	Boa
3S	7,66	5,20	81,46	29,26	2007,41	9,02	7,55	181,33	6633,33	48	Regular
3E	6,77	6,37	488,33	28,00	1704,66	39,43	2,73	485,00	1576,66	45	Regular
3C	6,47	6,49	250,33	27,78	1370,26	19,90	3,33	338,66	1120,00	47	Regular
3V	6,92	7,77	96,20	28,37	1168,13	16,18	5,60	171,66	9200,00	49	Regular
4S	7,66	5,13	79,33	29,28	1563,34	10,43	6,25	182,33	2306,66	51	Regular
4E	6,72	6,40	484,66	28,04	1642,80	29,67	1,86	477,66	686,66	48	Regular
4C	6,25	6,54	230,00	27,85	1316,66	22,57	2,13	341,00	560,00	40	Regular
4V	6,70	8,10	72,10	28,36	960,68	15,20	4,25	171,66	8013,33	52	Boa
5S	7,54	4,80	78,90	29,28	1881,42	22,62	8,43	204,33	4466,66	50	Regular
5E	6,63	6,49	368,00	27,47	1709,30	34,70	2,46	412,33	3916,66	44	Regular
5C	6,11	6,53	211,33	27,52	1351,00	20,20	2,80	324,66	3606,66	45	Regular
5V	6,68	8,07	69,16	28,41	1515,21	15,05	5,61	177,66	8400,00	51	Regular

Os valores do IQA revelaram qualidade BOA nas estações de coleta 1 e 2 para todo o período estudado ($W = 10,85$, $g.l = 4$, $p = 0,0000$) e a influência da sazonalidade não alterou a classificação geral do IQA ($W = 6,26$, $g.l = 3$, $p = 0,0000$). Os baixos valores encontrados de coliformes termotolerantes nessas estações ($29,70 - 348,00$ e $26,66 - 313,66$ NMP.100mL⁻¹), respectivamente, foram os responsáveis por essa boa qualidade. Essa baixa densidade de coliformes termotolerantes deve-se ao fato dessas estações se situarem em locais poucos urbanizados, favorecendo a captação de água para o abastecimento público do município, processo esse que se realiza entre as referidas estações de coleta.

Os valores de IQA e classificação das águas nas estações 1 e 2 estão de acordo com outros locais utilizados para abastecimento público no Brasil, por exemplo, as represas Billings e Guarapiranga no alto Tietê, São Paulo, cujas águas são destinadas ao abastecimento público na cidade de São Paulo, também apresentaram IQA nas faixas de 60 a 73, sendo classificada como BOA no período de 1992 a 2002 (CETESB, 2003). Considerando ainda os reservatórios urbanos, outro exemplo seriam os reservatórios de Bitury, Belo Jardim e Tapacurá na bacia hidrográfica dos rios Ipojuca e Capibaribe, responsáveis pelo abastecimento público do Estado de Pernambuco, que apresentaram variação anual do IQA na faixa de 70, sendo classificada como BOA (CPRH, 2003).

De acordo com o Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Cuiabá, a análise mensal do IQA realizada no período de 2003 a 2004 revelou BOA qualidade da água no trecho do rio que corta a cidade de Várzea Grande e REGULAR no trecho que corta a cidade de Cuiabá (SEMA, 2004).

No presente trabalho, a classificação de qualidade BOA para a estação 4 (vazante-junho/05), mesmo tendo sido registrado alto valor de coliformes fecais ($8013,33$ NMP.100mL⁻¹), possivelmente, está relacionada com o alto valor de OD ($8,1$ mg.L⁻¹), baixo valor de turbidez ($72,10$ UNT), de sólidos totais ($171,66$ mg.L⁻¹) e de nitrogênio total ($960,6$ µg.L⁻¹). Tal fato justifica que IQA sozinho pode não representar a realidade, daí a importância da avaliação de outras variáveis conjuntamente.

Os valores médios de IQA nos locais estudados ao longo do trecho urbano do rio Acre, revelou qualidade BOA a REGULAR. Júnior et al. (2003) estudou um trecho do rio Açu-RN que é influenciado por atividades urbanas, agrícolas e industriais de diversos portes e encontrou valores de IQA que classificaram as águas do rio em BOA a ÓTIMA. Essa qualidade se deve aos baixos valores encontrados para turbidez (máximo de 51,5 UNT) e coliformes fecais (máximo de 1800 NMP/100ml). No trecho do rio estudado no presente trabalho, os valores de turbidez e coliformes também exerceram influência nas classificações supracitadas, visto que altos valores de coliformes foram compensados com baixos valores de turbidez e vice-versa (Tab. III)

As estações 3 e 5 apresentaram os menores valores de IQA, certamente as mais poluídas, com valores mais altos para nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio em todo o período estudado. A condição de elevada poluição da estação 3 é dada, principalmente, pelo aporte de efluentes domésticos *in natura*. A estação 5 é o ponto de desembocadura do igarapé São Francisco, o qual percorre muitos bairros do município de Rio Branco, transportando grande carga poluidora de esgotos para o rio.

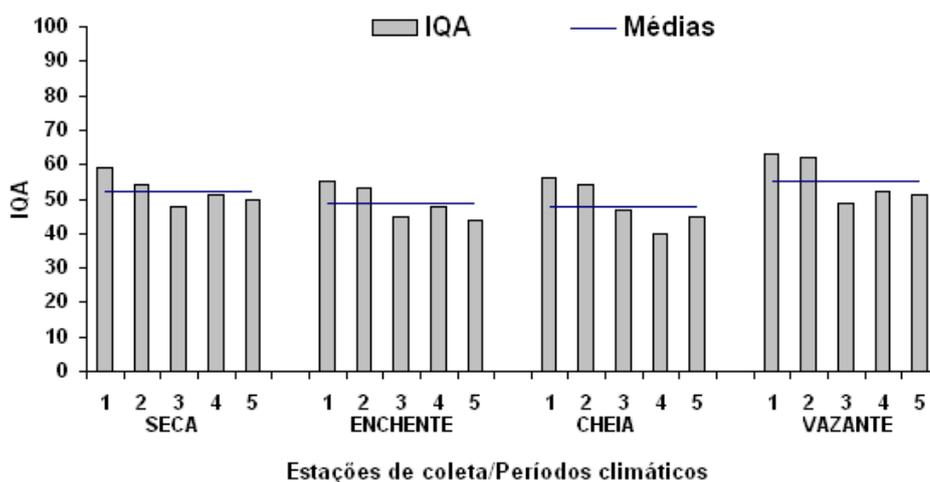


Figura 2. Valores dos Índices de Qualidade da Água (IQA), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Considerando os valores do IQA ao longo da área de estudo, verificou-se que os pontos mais próximos da área urbana apresentaram os menores valores e, conseqüentemente, a menor qualidade da água nas

estações 3, 4 e 5 (Fig. 2).

No Brasil, inúmeros estudos também mostraram o IQA como um bom indicador da qualidade da água, como, por exemplo, Filho (2003) que comparou as nascentes do igarapé Mindu localizadas em áreas de florestas preservadas com trechos em áreas urbanizadas na cidade de Manaus-AM. Carvalho et al., (2004) encontrou para o rio Ubá valores de IQA de 74 (boa) para a nascente e de 37 (ruim) para o trecho localizado na parte central da cidade de Ubá (MG), a qual contribui com efluentes de fábricas de móveis de madeira, principal atividade industrial da cidade. Toledo et al., (2002) acompanhou a evolução da qualidade da água na microbacia do rio Camboriú-SC, evidenciando um gradiente de degradação da qualidade da água da cabeceira para a foz do rio através dos valores de IQA. Desta forma, o presente trabalho confirma o IQA como um bom indicador e, ainda, revela a redução da qualidade da água no trecho estudado do rio Acre, fato que reflete a falta de um monitoramento contínuo a fim minimizar os impactos ambientais e preservação dos mananciais.

O indicador de Desenvolvimento Sustentável do IBGE (Brasil, 2004), fornece a média anual do IQA de alguns rios brasileiros. Os rios e trechos escolhidos para apresentação deste indicador são aqueles em situação mais crítica em termos de poluição hídrica, como, por exemplo, o alto curso do rio Tietê na zona metropolitana de São Paulo, onde o IQA classificou esse trecho como RUIM. Rio de expressão nacional como o rio São Francisco, no trecho médio e submédio, na Bahia, recebeu IQA médio de 65, enquadrado na classe BOA. Rios que passam por grandes centros urbanos, como o rio das Velhas em Belo Horizonte e o rio Guaíba em Porto Alegre, obtiveram valores de IQA na faixa de 58 e 66, respectivamente, ambos com qualidade da água BOA (Brasil, 2004).

Dentre as variáveis analisadas, a DBO se destaca como indicador de qualidade da água, utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, retratando a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. Além disso, é uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável. Quanto maior o valor da DBO pior é a qualidade da

água. A DBO é um dos indicadores mais utilizados mundialmente na aferição da poluição hídrica (Sperling, 1996).

Nos períodos de seca e vazante foram observados os maiores valores de DBO (4,53 e 8,43 mg.L⁻¹) e nos de enchente e cheia os menores valores (1,60 e 3,33 mg.L⁻¹). Observou-se no presente trabalho a relação inversa entre os valores de DBO e IQA, exceto no período de cheia (Fig. 3). Depois de apurada análise dos dados não foi possível explicar essa relação. Contudo, a perda de informação e de interação entre as variáveis no cálculo do IQA (CETESB, 2005), pode ter ocorrido nesta análise.

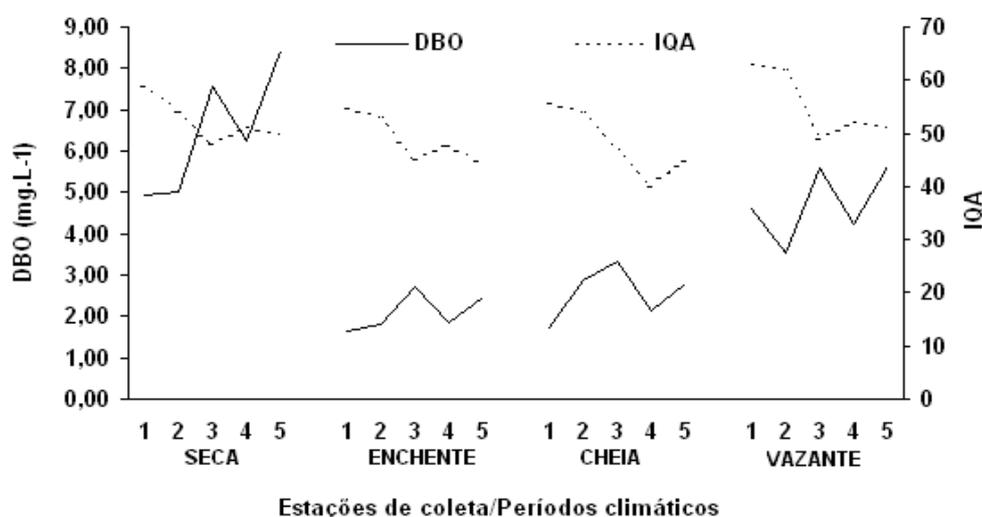


Figura 3. Padrão de distribuição da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Índice de Qualidade da Água (IQA), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

A melhora na qualidade da água, com relação a DBO, nos períodos de enchente e cheia (água altas), revela o aumento da capacidade de autodepuração do rio Acre nesse período, devido à diluição com a água da chuva, conseguindo assimilar parte de suas cargas orgânicas, evitando sérios comprometimentos na qualidade da água (Fig. 4).

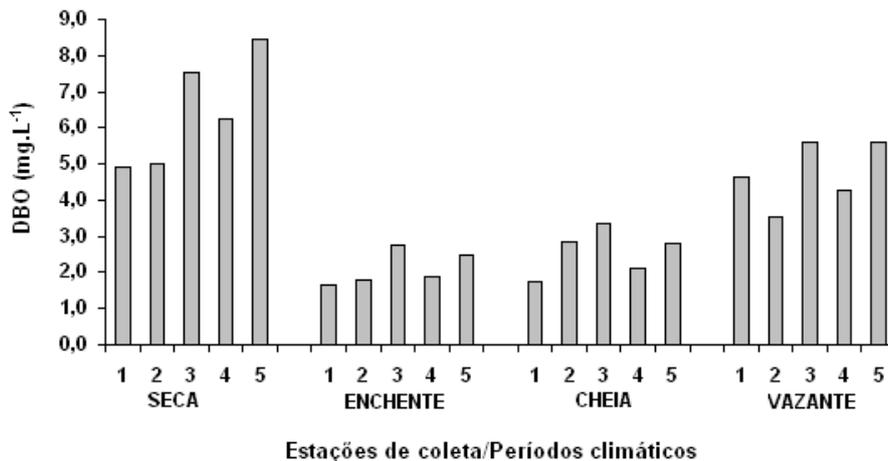


Figura 4. Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente (dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

O mesmo comportamento, ou seja, a capacidade de autodepuração do rio no período de águas altas, foi observado para o rio Ipojuca, um dos principais rios de Pernambuco cujas águas são utilizadas para abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, agroindustrial e industrial. No período de seca a qualidade da água do rio Ipojuca diminuiu, sendo registrado DBO de $96,0 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto na cheia a DBO caiu para $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ indicando que a carga orgânica carregada para o rio Ipojuca excedeu sua capacidade de autodepuração na época de estiagem (CPRH, 2004).

Considerando, os limites estabelecidos pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA, estabelece o valor de 5 mg.L^{-1} como limite máximo de DBO para enquadramento dos rios na classe 2, águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação; à aqüicultura e a atividade de pesca. De acordo com o capítulo VI, Art. 42, dessa resolução, enquanto não aprovado o enquadramento do estado, as águas doces serão consideradas Classe 2 (Brasil, 2005). Com base nessas informações, o rio Acre, no momento, está enquadrado na Classe 2.

No presente estudo, das 20 amostras analisadas no rio Acre, apenas cinco excederam o limite máximo de DBO estabelecido para rios da classe 2. As amostras com elevada DBO referem-se às estações 3 e 5 nos períodos de seca e vazante. Tais estações caracterizam-se pela intensa atividade antrópica, pois recebem grande carga de esgotos domésticos sem nenhum

tratamento sanitário. Falta de saneamento básico e de estações de tratamento de esgotos, e grande adensamento urbano, são alguns dos maiores problemas ambientais e sociais do País. Esses problemas foram refletidos nos altos valores de DBO encontrados nas estações 3 e 5, o que evidenciou a maior poluição, dos referidos locais refletidos nos baixos valores de IQA. (Fig. 2; Tab. III).

Embora, não tenhamos seguido os critérios de coleta para balneabilidade recomendado pelo CONAMA (Brasil, 2000), considerou-se importante avaliar as águas do rio Acre, no trecho estudado, quanto à balneabilidade, relacionando o risco potencial de se contrair doenças infecciosas com o uso do ambiente aquático para recreação. Portanto a classificação adotada neste trabalho reflete apenas a situação no momento da coleta.

Conforme critério de balneabilidade estabelecido pelo CONAMA (Brasil, 2000), utilizando-se a presença de coliformes termotolerantes (Tab. I), as estações 1 e 2 mantiveram-se em condições próprias para balneabilidade em todo período estudado ($W = 2234657,93$; g. l. = 4; $p = 0,0000$), mantendo os níveis de EXCELENTE a MUITO BOA, contrapondo-se as estações 3 e 5 que permaneceram IMPRÓPRIAS ($W = 2246706,05$; g.l = 3; $p = 0,0000$) durante todo o período de estudo (Tab.III). Como pode ser observado na Tab. III, a concentração de coliformes termotolerantes ficou abaixo de $500 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ nas estações 1 e 2, acima de $500 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ na estação 4 (enchente e cheia) e acima de $1.000 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ nas demais estações de coleta, exceto a estação 4, nos meses de enchente e cheia cuja balneabilidade foi SATISFATÓRIA (Fig. 5).

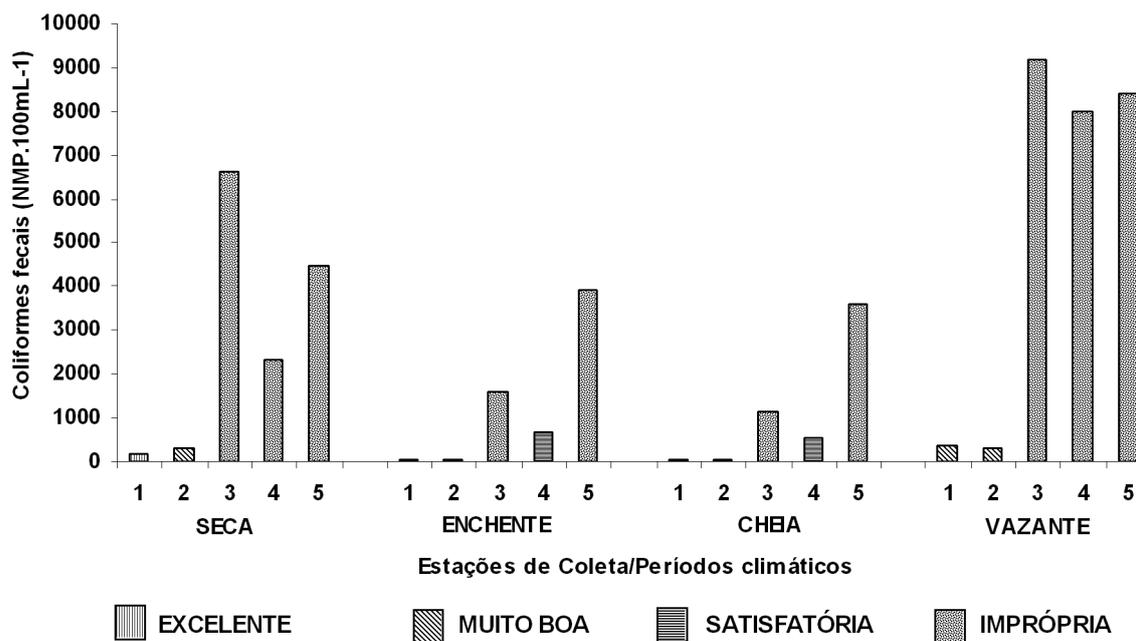


Figura 5. Classificação da balneabilidade e valores médios (n=3) de coliformes termotolerantes (fecais), por estação de coleta, em um trecho urbano do rio Acre, nos períodos hidrológicos de seca (set/04), enchente(dez/04), cheia (mar/05) e vazante (jun/05).

Levando em conta a balneabilidade, acima delineada, os valores de coliformes termotolerantes mostraram uma alta contaminação nas estações 3 e 5 durante todo o período de estudo, oscilando de 1.120,00 a 9.200,00 NMP.100mL⁻¹ e de 3.606,66 a 8.400,00 NMP.100mL⁻¹ nas estações 3 e 5 respectivamente (Fig. 5). A alta contaminação por coliformes nas estações 3 e 5 era esperada, devido à localização das mesmas. A estação 3 localiza-se em um ponto de efluente de esgotos e a estação 5 na foz do igarapé São Francisco que recebe esgoto doméstico *in natura* dos bairros situados próximos na área da sua bacia hidrográfica. O esgoto lançado no igarapé não recebe tratamento prévio, sendo o maior responsável pela condição de poluição e ou contaminação do igarapé e, conseqüentemente, deste ponto do rio Acre.

A influência da sazonalidade é evidente na estação 4, local de prática de lazer em toda época do ano, embora suas águas estejam PRÓPRIAS para balneabilidade apenas na época da enchente e cheia, com valores de coliformes termotolerantes de 686 e 560 NMP.100mL⁻¹, respectivamente,

cerca de 3 a 14 vezes menor em relação à seca e vazante (Fig. 5). A diminuição de coliformes e melhoria da qualidade da água no período de águas altas, mostra a influência do pulso de inundação na densidade de coliformes termotolerantes no trecho estudado no rio Acre, evidenciando que o pulso de inundação atua diretamente sobre a qualidade da água.

A influência do pulso de inundação é evidenciado também pelos valores médios de densidade de coliformes por período sazonal, os quais foram maiores no período de seca (27.776,80 NMP.100mL⁻¹) e vazante (5.255,00 NMP.100mL⁻¹) do que na enchente (1.255,19 NMP.100mL⁻¹) e cheia (1.068,60 NMP.100mL⁻¹). Esses valores denotam a baixa capacidade do rio Acre em diluir as cargas de coliformes oriundas dos esgotos domésticos no período de seca e vazante (águas baixas). O efeito da sazonalidade também foi observado para o rio Cuiabá no Mato Grosso, cujos valores médios de coliformes termotolerantes entre 1987 e 2000 oscilaram entre 230 e 11.000 NMP.100mL⁻¹ e 700 e 8.000 NMP.100mL⁻¹ nos períodos de seca e cheia, respectivamente (Lima, 2001).

A análise de componentes principais (ACP), realizada conjuntamente para os períodos de seca, enchente, cheia e vazante (Fig. 6 A; Tab. IV) apresentou em seus dois primeiros eixos 72,6% de explicação da variabilidade total dos dados.

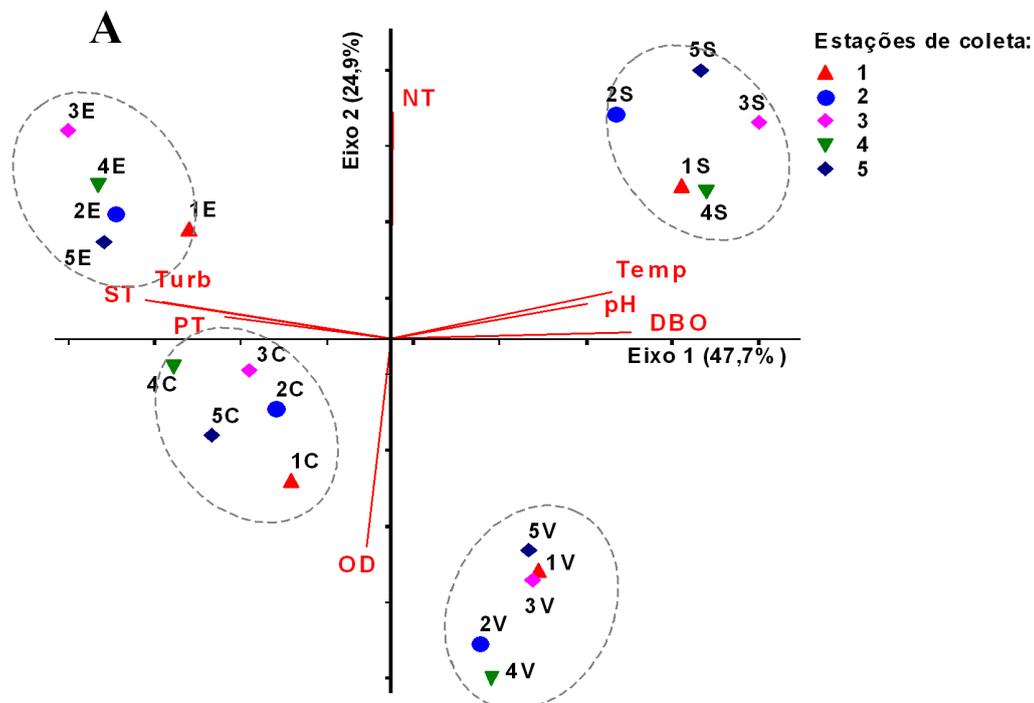
No eixo 1, as unidades amostrais referentes aos períodos de enchente e cheia foram posicionadas no lado negativo, associadas aos alto valores de ST, PT, e turbidez. Contrapondo as unidades dos períodos de seca e vazante, que foram associadas aos altos valores de pH, temperatura da água e DBO. A distribuição das unidades amostrais foi baseada na variação temporal (seca e chuva) dos dados e o sistema foi discriminado com base nos maiores valores registrados para as variáveis ambientais. Portanto, o eixo 1 representou os períodos sazonais.

Tabela IV. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas e os três primeiros eixos da ordenação na ACP, determinados para um trecho urbano do rio Acre nos períodos de setembro (seca) e dezembro (enchente) de 2004, março (cheia) e junho (vazante) de 2005.

Variável	Componentes principais		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3

pH	0,814	0,361	-0,194
OD	-0,290	-0,878	0,188
Turb	-0,877	0,375	-0,069
Temp	0,865	0,421	0,009
NT	0,076	0,916	0,175
PT	-0,750	0,287	0,319
DBO	0,899	0,158	-0,326
ST	-0,909	0,383	0,086
CF	0,373	-0,294	0,833
IQA	0,405	-0,301	-0,770
Explicabilidade	47,7%	24,9%	16,1%

Em relação ao eixo 2, as unidades referentes ao período de enchente e seca foram associadas positivamente aos altos teores de NT, enquanto as unidades da cheia e vazante foram associadas aos altos teores de OD. Desta forma, o eixo 2 representou associadas positivamente com NT e negativamente com OD. A distribuição das unidades amostrais foi baseada na variação temporal dos dados, em função do fluxo da água. Como pode ser visto, as unidades amostrais localizadas no lado positivo do eixo, associadas com NT, são constituídas por aquelas em que esta variável apresentou os mais altos valores, em função do aporte de material alóctone durante a enchente (vazão $112,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e concentração no meio aquoso durante a seca (vazão $24,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Por outro, lado as unidades amostrais localizadas no lado negativo do eixo, associadas com OD, são constituídas por aquelas em que esta variável apresentou os mais altos valores, possivelmente devido à turbulência do fluxo da água na cheia (vazão $551,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)



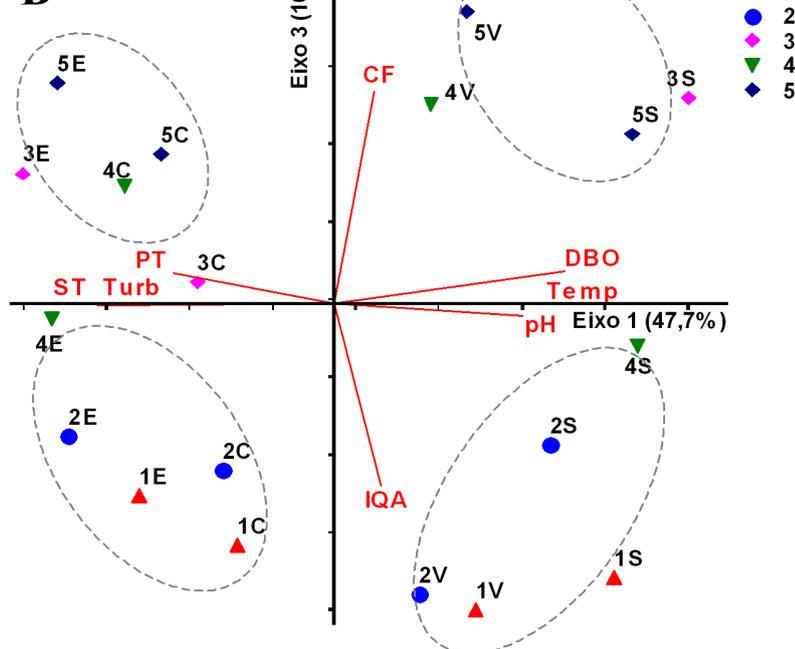


Figura 6. Ordenação pela ACP das estações de coleta e períodos sazonais, em função das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas em um trecho urbano do rio Acre nos meses de setembro e dezembro/2004, março e junho/2005: A) Eixo 1 x Eixo 2; B) Eixo 1 x Eixo 3. As unidades amostrais obedecem a seqüência de: estações de coleta 1, 2, 3, 4 e 5 e períodos sazonais S = seca, E = enchente, C = cheia e V = vazante.

água estão discriminadas no eixo 3, onde CF e IQA apresentaram maiores correlações (Fig.6 B). A distribuição das unidades amostrais neste eixo foi baseada na variação das condições sanitárias do sistema. No lado positivo do eixo estão localizadas as unidades amostrais mais poluídas, de classificação regular correlacionadas com os maiores valores de CF e menores IQAs. No lado negativo do eixo estão localizadas as unidades amostrais mais limpas, de classificação boa, correlacionadas com os maiores valores de IQA e menores de CF.

CONCLUSÕES

A aplicação do IQA mostrou que as águas do rio Acre, no trecho estudado, enquadram-se em classes que vão de REGULAR a BOA. Contudo não foi eficiente para revelar a qualidade da água nas estações 4, na vazante, e 2, na enchente, onde o IQA revelou qualidade BOA, mesmo frente aos altos valores de fósforo total. Assim, o presente estudo reforça a idéia de que o IQA deve ser usado com cautela.

Embora a estação 1, local de captação de água do SAERB, tenha apresentado qualidade BOA em todas as coletas, é importante que o governo implante um programa de monitoramento da qualidade da água bruta a ser captada e distribuída para população, pois a menos de 1 km à montante da

estação de tratamento de água (ETA) foi construída a 3º ponte da cidade (anel viário) onde, certamente, haverá uma grande pressão antrópica.

O trecho mais urbanizado do rio Acre corresponde aos pontos onde estão localizadas as estações 3 e 4, de classificação REGULAR. Essa classificação foi devido à alta densidade de coliformes termotolerantes que em 75% das amostras apresentou valores acima de 1.000 NMP.100 mL⁻¹, confirmando que o principal fator de força sobre a qualidade das águas é o lançamento de efluentes *in natura* no rio. Em Rio Branco, a coleta de esgoto é precária e, portanto, faz-se necessário aumentar a rede coletora de esgotos e sistema de tratamento.

A estação 5, embora não se localize em área urbana, apresenta-se poluída, confirmado pelos maiores valores encontrados para variáveis indicadoras de degradação da água – DBO, NT, PT e coliformes termotolerantes. Para enfrentar esse problema, é de extrema importância adotar e implantar políticas públicas de saúde e saneamento. A piora na qualidade da água nessa estação de coleta é influenciada pelo igarapé São Francisco (um dos principais afluentes do rio Acre na área urbana), retratando a sobrecarga de matéria orgânica que é lançada nesse igarapé.

Para avaliação rigorosa da qualidade dos recursos hídricos deve-se incluir, entre outras, a análise de metais pesados e hidrocarbonetos tóxicos, visto que essas substâncias podem ocorrer em concentrações potencialmente danosas à saúde e bem estar dos seres vivos, mesmo em águas com IQA ótimo.

O local no qual foi estabelecida a estação 4 é a mais utilizada para lazer e recreação. No entanto, no presente trabalho, foi classificada como IMPRÓPRIA para balneabilidade nos períodos de seca e de vazante. Na enchente e na cheia apresentou-se PRÓPRIA, graças à capacidade de diluição do rio Acre.

Finalmente, recomenda-se o monitoramento mensal do rio, dada sua importância para população, considerando as características físicas, químicas e biológicas.

REFERÊNCIAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas** : NBR 12614. 1992. Águas- Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) Método de Incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro. 5p.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas**: NBR 10664. 1989. Águas- Determinação de Resíduos Sólidos- método gravimétrico. Rio de Janeiro. 14p.
- Acre. Governo do Estado do Acre**. 2000. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico, Econômico do Estado do acre. Zoneamento Ecológico – Econômico: Recursos Naturais: Meio Ambiente – SECTMA. Rio Branco. v. 1. 116p.
- APHA- American Public Health Association**. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19ed. AWWA, WES. Baltimore, Maryland, USA.
- Ayres, M., Ayres, M.JR., Ayres, D.L & Santos, A.S**. 2000. Bio Estat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e medica. Sociedade Civil Maminaua. CNPq.Brasilia.272p.
- Barbosa, F.A.R. (Org.)**, 1994. Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. Acta Limnológica Brasiliensia. V. 5. Belo Horizonte. Fundação Biodiversitas/Sociedade Brasileira de Limnologia.
- Brasil. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – CONAMA**. 2000. Resolução nº 274, de 29 de Novembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. 2004. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Dimensão Ambiental – Água Doce. 80p.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. 2005. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
- Buss, D.F. & Nessimian, J.L**. 2003. Bases Conceituais para a Aplicação de Biomonitoramento em Programas de Avaliação da Qualidade da Água de Rios.Rio de Janeiro. Cad. Saúde Pública, 19 (2): 465-473.
- Cairns Jr.J., McCormick, P.V. & Niederlehner, B.R**. 1993. A Proposal Framework for Developing Indicators of Ecosystem Health. Hydrobiologia, 263: 1-44.
- Callisto, M., Goulart, M., Medeiros, A.O., Moreno, P. & Rosa, C.A**. 2004. Diversity Assessment of Benthic Macroinvertebrates, Yeasts, and Microbiological Indicators Along a Longitudinal Gradient in Serra do Cipó, Brazil. Braz. J. Biol., 64(4): 743-755.
- Carvalho, C.F., Ferreira, L.A. & Stapelfeldt, F**. 2004. Qualidade das Águas do Ribeirão Ubá – MG. Rev. Escola de Minas, 57(3): 165-172.
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. 1998. Guia de Preservação de Amostras de Águas. In: Agudo, E.G. (coord.). Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. São Paulo. 150p.
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. 2003. Relatório de

- Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2002. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. São Paulo. v. 1, 279p.
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** 2005. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2004. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. São Paulo. v. 1, 307p.
- CNUMAD-Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 1992. Agenda 21. Brasília.
- CPRH-Companhia Pernambucana do Meio Ambiente.** 2003. Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco 2002. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA. Recife: 98p.
- CPRH-Companhia Pernambucana do Meio Ambiente.** 2004. Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco 2003. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA. Recife: 41-78.
- Filho, S.E.N.C.** 2003. Urbanização, Poluição e Biodiversidade na Amazônia. Rev. Ciência Hoje, 33(193): 72-76.
- Júnior, G.M., Costa, C.E.F.S. & Neto, I.C.** 2003. Avaliação Hidroquímica e da Qualidade das Águas de um Trecho Urbano do rio Açú, Rio Grande do Norte. Rev. Geologia, 16 (2): 27-36.
- Lima, E.B.N.R.** 2001. Modelação Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. RJ. Rio de Janeiro, UFRJ, 347p (Tese).
- Lutterback, M.T.S., Vazquez, J.C., Pinet, J.A., Andreatta, J.V. & Da-Silva, A.C.** 2001. Monitoring and Spatial Distribution of Heterotrophic Bacteria and Fecal Coliforms in the Rodrigo de Freitas Lagoon. Brazil. Braz. Arch. Biol. Technol., 44 (1): 7-13.
- McCune, B. & Mefford, M.J.** 1997. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MJM Software Design, Oregon. 47p.
- Miranda, A.B. & Texeira, B.A.N.** 2004. Indicadores para o Monitoramento da Sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Rev. Engenharia Sanitária Ambiental, 9 (4): 269-279.
- Monteiro, R.C.** 2002. Águas Superficiais e Subterrâneas no rio Tiête e arredores, SP. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. (Tese).
- Ribeiro, E.N.** 2002. Avaliação de Indicadores Microbianos de Balneabilidade em Ambientes Costeiros de Vitória-ES. ES. Vitória. Universidade Federal do Espírito Santo. (Tese).
- SEMA- Secretaria de Estado do Meio Ambiente.** 2004. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá. SEMA, Mato Grosso. 271 p.
- Siegel, S.** 1979. Estatística Não – Paramétrica para as Ciências do Comportamento. McGraw-Hill do Brasil. Recife. 350p.
- Silveira, M.P.** 2004. Aplicação do Bionitoramento Para Avaliação da Qualidade da água

em Rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 68 p.

Sperling, M.V. 1996. Introdução à Qualidade das Águas e ao tratamento de Esgotos. 2ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais – DESA/UFMG. Belo Horizonte. V. 1, 243p.

Toledo, L.G., Deschamps, F.C., Nicolella, G., Noldin, J.A. & Eberhardt, D.S. 2002. Impacto Ambiental da Cultura do Arroz Irrigado com Uso de Índice de Qualidade de Água (IQA). Comunicado Técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 10 p.

Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Mar. Chem., 10: 109-122.

Apêndice 1. Matriz básica dos valores mínimo, máximo e erro padrão para pH, Oxigênio dissolvido (OD), turbidez (Turb), temperatura da água (°C água), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos totais (ST), coliformes termotolerantes (CF), do DQA e classificação pontual de um trecho urbano do rio Acre, Rio Branco, AC, nos períodos hidrológicos de seca (set/05), enchente/deflúvio (mar/05) e variação (jun/05).

Est. de coleta	pH	OD (mgL ⁻¹)	Turb (UNT)	°C água	NT (µg/L ⁻¹)	PT (µg/L ⁻¹)	DBO (mg/L ⁻¹)	ST (mg/L ⁻¹)	CF (IMP:100mL ⁻¹)	IOA	Classificação
1S	7,77-7,74 (±0,02)	5,00-5,40 (±0,23)	77,30-85,50 (±4,33)	29,20-29,20 (±0,00)	1286,20-1909,76 (±338,15)	9,87-11,57 (±0,85)	4,80-5,00 (±0,12)	188,00-226,00 (±19,22)	180,00	59	Boa
1E	6,72-6,83 (±0,06)	6,39-6,42 (±0,02)	430,00-489,00 (±34,06)	28,04-28,04 (±0,00)	1333,83-2254,20 (±464,25)	16,95-25,82 (±4,89)	1,20-2,00 (±0,42)	404,00-442,00 (±19,55)	40,66	55	Boa
1C	6,39-6,47 (±0,04)	6,55-6,55 (±0,00)	226,00-228,00 (±1,15)	27,76-27,79 (±0,01)	1172,93-1288,78 (±58,04)	9,84-12,51 (±1,36)	1,40-2,20 (±0,42)	284,00-319,00 (±17,79)	29,70	56	Boa
1V	7,20-8,01 (±0,45)	7,07-7,44 (±0,19)	72,10-80,80 (±4,48)	28,01-28,11 (±0,05)	827,23-1041,46 (±108,76)	13,63-15,99 (±1,24)	4,62-4,62 (±0,00)	188,00-211,00 (±12,50)	348,00	63	Boa
2S	6,32-7,71 (±0,80)	5,00-5,80 (±0,31)	77,40-177,00 (±55,83)	29,20-29,22 (±0,01)	1986,45-2164,86 (±39,24)	8,17-10,72 (±1,30)	4,80-5,20 (±0,20)	189,00-314,00 (±70,77)	297,33	54	Boa
2E	6,52-6,70 (±0,09)	6,39-6,44 (±0,03)	438,00-486,00 (±17,89)	28,00-28,04 (±0,02)	1585,53-1835,85 (±144,83)	21,38-28,49 (±3,70)	1,40-2,20 (±0,40)	44,00-499,00 (±29,50)	55,33	53	Boa
2C	6,36-6,44 (±0,05)	6,52-6,56 (±0,02)	222,00-253,00 (±17,35)	27,76-27,80 (±0,01)	1333,83-1449,68 (±53,50)	12,51-16,08 (±1,85)	2,20-3,80 (±0,83)	340,00-385,00 (±23,30)	26,66	54	Boa
2V	7,01-7,06 (±0,03)	7,50-7,53 (±0,02)	79,90-83,80 (±1,95)	28,14-28,25 (±0,06)	765,27-845,52 (±40,27)	14,08-14,82 (±0,40)	2,72-4,62 (±0,98)	179,00-190,00 (±6,08)	313,66	62	Boa
3S	7,65-7,67 (±0,01)	5,00-5,40 (±0,20)	68,70-78,80 (±5,28)	29,26-29,29 (±0,02)	1881,42-2146,00 (±132,72)	8,17-10,72 (±1,47)	6,25-8,40 (±0,14)	176,00-189,00 (±6,81)	6633,33	48	Regular
3E	6,73-6,82 (±0,05)	6,29-6,43 (±0,07)	466,00-509,00 (±21,55)	27,96-28,02 (±0,03)	1785,05-1958,14 (±104,84)	25,82-60,45 (±16,46)	2,00-3,80 (±0,95)	462,00-498,00 (±19,97)	1576,66	45	Regular
3C	6,44-6,50 (±0,03)	6,34-6,57 (±0,13)	224,00-282,00 (±29,37)	27,80-27,81 (±0,01)	1263,03-1584,84 (±185,80)	17,83-22,27 (±2,23)	2,80-4,40 (±0,92)	224,00-427,00 (±25,03)	1120,00	47	Regular
3V	6,81-7,14 (±0,19)	7,86-7,90 (±0,12)	63,80-157,00 (±52,69)	28,24-28,54 (±0,15)	944,07-1565,20 (±344,81)	12,04-18,43 (±3,80)	2,99-7,34 (±2,31)	160,00-191,00 (±16,86)	9200,00	49	Regular
4S	7,65-7,67 (±0,01)	4,80-5,40 (±0,31)	64,90-73,70 (±5,00)	29,26-29,29 (±0,01)	1446,81-1730,25 (±148,29)	9,02-11,57 (±1,30)	5,80-6,62 (±0,42)	170,00-190,00 (±10,79)	2306,66	51	Regular
4E	6,70-6,73 (±0,02)	6,37-6,43 (±0,03)	477,00-498,00 (±11,59)	28,03-28,06 (±0,02)	1501,17-1784,36 (±141,80)	29,49-32,04 (±2,05)	1,80-2,00 (±0,12)	452,00-497,00 (±23,16)	686,66	48	Regular
4C	6,22-6,30 (±0,04)	6,53-6,55 (±0,01)	226,00-238,00 (±6,93)	27,81-27,93 (±0,06)	1121,44-1417,50 (±169,11)	20,50-25,82 (±2,85)	2,00-2,40 (±0,23)	316,00-366,00 (±104,03)	560,00	40	Regular
4V	6,57-6,91 (±0,18)	8,00-8,26 (±0,14)	67,90-74,40 (±6,64)	28,31-28,42 (±0,06)	949,51-969,30 (±10,14)	13,36-18,54 (±2,89)	3,80-4,35 (±0,42)	164,00-181,00 (±8,62)	813,33	52	Boa
5S	7,44-7,60 (±0,09)	4,00-5,80 (±0,80)	68,10-88,00 (±10,06)	29,26-29,30 (±0,02)	1494,05-2637,26 (±654,64)	13,27-38,79 (±14,06)	7,20-10,40 (±1,72)	170,00-261,00 (±49,44)	4466,66	50	Regular
5E	6,50-6,74 (±0,12)	5,99-6,37 (±0,21)	195,00-487,00 (±153,31)	26,34-28,00 (±0,98)	1629,89-1855,16 (±128,51)	30,26-39,14 (±4,44)	1,00-4,00 (±1,50)	283,00-493,00 (±113,14)	3916,66	44	Regular
5C	5,93-6,29 (±0,18)	6,48-6,64 (±0,09)	206,00-219,00 (±0,66)	27,06-27,76 (±0,40)	1140,75-1462,55 (±182,19)	18,72-22,27 (±1,85)	2,20-3,40 (±0,80)	311,00-350,00 (±21,96)	3606,66	45	Regular
5V	6,66-6,69 (±0,02)	7,75-8,26 (±0,28)	63,20-75,90 (±6,38)	28,02-28,85 (±0,42)	903,94-2621,13 (±959,52)	11,90-19,65 (±4,07)	4,89-6,25 (±0,68)	161,00-208,00 (±26,31)	8400,00	51	Regular

CONCLUSÕES GERAIS

O estudo limnológico de um trecho urbano do rio Acre foi abordado neste trabalho sob dois aspectos: ecológico e sanitário. No capítulo 1 foi abordado no sentido ecológico através da identificação da dinâmica de variáveis físicas e químicas em relação aos pulsos de inundação do rio: águas altas (enchente e cheia) e águas baixas (vazante e seca). Concluiu-se que a associação da maior parte das variáveis com o período de águas baixas, está relacionada com os maiores valores registrados para essas variáveis nesse período, demonstrando o baixo poder de diluição do rio Acre devido à baixa pluviosidade e conseqüente diminuição do volume da água do rio.

A abordagem sob o ponto de vista sanitário foi contemplada no capítulo 2, onde foram consideradas alterações na qualidade física, química e biológica da água. Concluiu-se através do cálculo do índice de qualidade da água (IQA) que a água do rio, no trecho estudado, variou de boa a regular, e a influência da sazonalidade não alterou o índice geral do IQA.

Apesar de algumas variáveis estarem acima do limite máximo permitido pelas legislações em algumas estações de coleta, os resultados apresentados evidenciaram que o quadro geral não é crítico, quando comparado a outros rios de regiões metropolitanas, com grandes adensamentos populacionais e complexos industriais.

Embora as variáveis físicas e químicas utilizadas neste estudo tenham evidenciado os impactos provocados no trecho estudado do rio Acre, é importante que se amplie o número de variáveis a serem analisadas, como por exemplo, metais pesados, fenóis, compostos organoclorados e bioindicadores, que possibilitam a identificação outras formas de ação antrópica que o rio possa estar sofrendo.

Levando em conta que as águas do rio Acre são utilizadas para o abastecimento público, é imprescindível que medidas sejam adotadas no sentido de reduzir a ação antrópica que provoca poluição, como por exemplo, implantar o tratamento de esgotos domésticos para melhorar a qualidade da água do rio antes que essa bacia hidrográfica fique em situação crítica.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)