

**MARCOS CALLISTO**

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM QUATRO  
ECOSSISTEMAS LÓTICOS AMAZÔNICOS SOB INFLUÊNCIA  
DAS ATIVIDADES DE UMA MINERAÇÃO DE BAUXITA  
(PORTO TROMBETAS, PARÁ).**

**TESE SUBMETIDA À  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
DOUTOR EM CIÊNCIAS**



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Centro de Ciências da Saúde  
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho  
1996.

205

Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Limnologia do Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob orientação do Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves. O Prof. Dr. Sebastião José de Oliveira foi co-orientador desta tese, sobretudo no estudo da fauna de Chironomidae (Diptera, Insecta), desenvolvida no Laboratório da Coleção Entomológica do Departamento de Entomologia, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ.

Instituições Financiadoras:

- 1- Mineração Rio do Norte S.A. (Porto Trombetas, Pará).
- 2- CNPq: bolsa de doutorado de março de 1994 a fevereiro de 1996.
- 3- CAPES: bolsa de doutorado de março a agosto de 1996.

Este humilde trabalho é dedicado à minha pequena Yasmin  
que chegou me "enfeitiçando" de alegria e felicidade,  
transformando totalmente meu dia-a-dia...  
e minhas noites...

"O homem que tem muito dinheiro na cidade grande não é feliz.  
Ele não vive a riqueza da Floresta Amazônica, seus igarapés,  
rios e lagos, seus pássaros, seus peixes..."  
(Delmo, amigo, mateiro e profundo conhecedor da Amazônia)  
E sua gente!!!

---

## Agradecimentos

---

Ao longo deste período de pouco mais de dois anos, inúmeras pessoas foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Sem sombra de dúvidas, esta tese é fruto do apoio, incentivo e participação de um grande número de amigos. Além disso, devo destacar a fabulosa convivência com os colegas do laboratório de Limnologia da UFRJ que, devido às muitas horas diárias de convivência, por vezes vivemos cenas típicas de uma grande família.

No âmbito institucional, gostaria de registrar meus mais sinceros agradecimentos à:

- Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho e ao Programa de Pós-Graduação em Biofísica por todas as facilidades proporcionadas.

- Ao Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, grande casa onde a cada dia fazemos novos amigos...

Para completar mais esta fase de minha formação, duas pessoas foram fundamentais na orientação de meus caminhos: o Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves e o Prof. Dr. Sebastião José de Oliveira.

Ao Chico, devo agradecer a todas as inúmeras oportunidades que me foram oferecidas e o grande prazer de ter sido seu orientado ao longo destes 7 anos, incluindo iniciação científica, mestrado e doutorado. Neste período tive o privilégio não só de compartilhar de todas as conquistas de nosso laboratório mas, sobretudo, de aprender muito sobre a famosa "político-ciência", que nenhum curso de graduação ou de pós-graduação seria capaz de ensinar. No dia-a-dia de nosso laboratório pude então ver (e crescer com) a evolução de uma verdadeira escola!

Exatamente no mês em que iniciei esta tese, tive o prazer de conhecer o Prof. Sebastião. A partir daí, busquei "sugar" ao máximo o seu conhecimento sobre os quironomídeos e, principalmente, deliciar-me com suas histórias e seu jeito de encarar a vida. Com ele pude ver, neste

curto espaço de tempo, o como o homem pode, e deve, saber dividir o seu dia-a-dia entre suas atribuições científicas (a Entomologia) e sua paixão pela rica e fabulosa Cultura Popular Brasileira. Ao Prof. Sebastião agradeço não só a co-orientação desta pesquisa, mas sobretudo, os ensinamentos transmitidos nas agradáveis conversas no Castelo de Manguinhos...

A estes dois Mestres eu devo grande parte de tudo que consegui aprender neste período...

Gostaria de agradecer também às inúmeras críticas e sugestões dos membros da banca examinadora, Dr. Sebastião José de Oliveira, Dr. Jorge Luiz Nessimian, Dr. Josimar Ribeiro de Almeida e Dr. Francisco de Assis Esteves; à Dra. Yocie Yoneshigue-Valentin (revisora e suplente). Agradeço também a compreensão dos membros da banca do exame de qualificação que aceitaram o "convite de grego", no corre-corre dos corredores, Dr. Wolfgang Pfeiffer, Dr. Jorge L. Nessimian e Dr. Fabio R. Scarano.

Aos amigos do laboratório de Limnologia, pelo grande prazer no convívio diário ao longo de todos esses anos, por terem me dado a alegria dos bate-papos na hora do almoço, pelo futebol (incerto) das quartas ou sextas-feiras, seguido dos chopinhos no final de tarde na Prefeitura ou no Kilograma... Assim, um brinde carinhoso aos meus grandes amigos André, Bias, Maurício, Júnior, João, Reinaldo, Cleber, Kika, Valéria, Pelé, Claudio, Alex, Dinho, Barbieri, Pedro, Rogério...

À Mineração Rio do Norte S.A. (MRN), pelo financiamento desta pesquisa, ao CNPq e à CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado. Sou especialmente grato aos funcionários do Setor de Meio Ambiente da MRN pelo apoio formidável e pela amizade que construímos nos períodos de coleta em Porto Trombetas. A oportunidade de realizar as amostragens nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e no rio Trombetas junto com os amigos Aldo, Delmo e Duda foram acompanhadas de momentos de intensa alegria. Além disso, gostaria de agradecer também aos meus queridos amigos de PTR, por terem recebido a mim, ao Júnior e João com tanto carinho, hospitalidade e pela gostosa alegria nos nossos churrascos nos domingos de folga... A todos, o meu muito obrigado.

Agradeço também à "mãe" da didática D. Georgina Marçal, por ter aceitado o desafio de preparar-me durante apenas 3 meses para a prova de francês, momento decisivo em minha vida.

Gostaria ainda de agradecer sinceramente aos grandes amigos Júnior e João por terem aceitado o desafio de me acompanhar nas coletas nos igarapés e, acima de tudo, por virem me ajudando pacientemente na discussão e interpretação das características ecológicas do "bentos". Além deles, agradeço também ao Dr. Reinaldo L. Bozelli por ter incentivado minha curiosidade desde o início de meu estágio em Limnologia, quando pacientemente desligava seu microscópio e se propunha a conversar comigo sobre as primeiras descobertas acerca dos macroinvertebrados... Ao longo da realização desta tese, a ajuda deles foi fundamental, em todas as fases, desde o ponta pé inicial, até o gol!

Ao Dr. Paulo da Costa (Dep. Zoologia/IB/UFRJ) pela identificação do *Polychaeta Namalycastis abiuma*.

O meu muito obrigado aos amigos do laboratório da Coleção Entomológica do IOC/FIOCRUZ, Prof. Sebastião, Fernanda, Conceição, Arlindo, Edson, Ana Paula, Margarete e Adelaide, por terem me adotado com tanto carinho...

Sou especialmente grato à secretária da Pós-Graduação do Instituto de Biofísica, que carinhosamente chamamos de Sandrinha, por ter quebrado todos os "galhos" e pela incrível paciência e prestatividade no trato com os alunos, além de atuação profissional exemplar.

Devo também agradecer a um grupo fundamental no apoio de todas as pesquisas no nosso laboratório de Limnologia: Sr. José, Joaquim, Pelé, Cláudio, Rose, Juscelino e Manuel.

Gostaria de agradecer às valiosas críticas e sugestões fundamentais formuladas ao manuscrito pelo grande amigo de todas as horas, André Furtado. Agradeço também à querida Paulina pela revisão do meu inglês aportuguesado no Abstract.

Acredito sinceramente que a família de um ser humano é o bem mais importante que ele possui. Assim, agradeço aos meus pais, Paulo e Marly, e à maninha Chris, por serem o berço de

mais uma conquista em minha vida profissional. O apoio e o carinho constantes foram fundamentais...

Às duas mulheres da minha vida, Silvinha e Yasmin, que acompanharam, na nossa nova família, o dia-a-dia, as viagens, os Congressos, as madrugadas de insônia, os finais-de-semana de sol sentado ao computador, as angústias, frustrações, ansiedades e as alegrias de um jovem idealista, obstinado incondicional por seus ideais...

E enfim, a todos aqueles que não citei agradeço sinceramente por cada sugestão, crítica, incentivo, descrédito e confiança, tão fundamentais para se alcançar um objetivo na vida...

Muito obrigado a todos vocês...

---

## RESUMO

---

Foram estudadas as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas na localidade de Porto Trombetas, município de Oriximiná, Pará, Brasil (1°25' e 1°35'S e 56°15' e 56°25'W). O objetivo foi investigar a estrutura taxonômica, composição e dinâmica sazonal das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, com ênfase na ocorrência e distribuição sazonal das larvas bentônicas de Chironomidae (Diptera, Insecta) nos períodos de chuvas (maio-junho) e seca (outubro-novembro) dos anos 1994 e 1995, em três estações amostrais em cada ecossistema, relacionando com as alterações ecológicas decorrentes das atividades de uma mineração de bauxita. No igarapé Saracá, na estação represada pela construção de uma rodoferrovia, foi encontrada maior riqueza taxonômica (especialmente gêneros de Chironomidae) e maiores densidades de organismos (principalmente Chironomidae e Olygochaeta). Na estação impactada com rejeito de bauxita no igarapé Caranã não foram encontrados organismos nos períodos de chuvas dos dois anos e apenas poucas larvas de *Polypedilum* e *Chironomus* (Chironomidae) nos períodos de seca. No igarapé Água Fria foi evidenciado que as larvas de Chaoboridae (Diptera, Insecta) foram dominantes na macrofauna bentônica e a influência negativa do rejeito de bauxita tem crescido gradativamente. Além disso, verificou-se que as condições ecológicas deste ecossistema continuarão a ser degradadas devido ao transporte das finas partículas de argila pela correnteza no local. No rio Trombetas ocorre lançamento acidental de minério de bauxita no leito do rio com deposição no sedimento. Com isso, tem-se observado o afinamento da composição granulométrica, com aumento da fração de argilas. Nesta seção do rio Trombetas tem-se observado a predominância de larvas de *Campsurus* (Polymitarcyidae, Ephemeroptera). Os dados obtidos evidenciaram que as atividades da mineração de bauxita acarretaram modificações físicas (represamentos com mudança do hidrodinamismo; presença de rejeito e/ou minério de bauxita no sedimento, alterando a composição granulométrica), químicas (teores de P-disponível, N-total e C-orgânico no sedimento) e biológicas (estrutura taxonômica das comunidades e distribuição de organismos). Além disso, foi evidenciada a possibilidade de utilização destes organismos como indicadores das condições ecológicas nos ecossistemas estudados, destacando diferenças temporais (períodos de chuvas e seca de 1994 e 1995) e espaciais (estações naturais e estações sob influência das atividades da mineração de bauxita).



---

**ABSTRACT**

---

**BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN FOUR AMAZONIAN LOTIC ECOSYSTEMS INFLUENCED BY THE ACTIVITIES OF A BAUXITE MINING (PORTO TROMBETAS, PARÁ).**

Benthic macroinvertebrate communities were studied on igarapés Saracá, Caranã, Água Fria and Trombetas river on Porto Trombetas, Municipality of Oriximiná, Pará, Brazil (1°25' e 1°35'S e 56°15' e 56°25'W). The main objective was to investigate the taxonomic structure, composition and seasonal dynamic of benthic macroinvertebrates, with emphasis on the occurrence and seasonal dynamics of benthic macroinvertebrates. Special attention was given to the occurrence and seasonal distribution of Chironomidae (Diptera, Insecta) benthic larvae on rainy (May-June) and dry seasons (October-November) of 1994 and 1995, on three sample stations in each ecosystem, relating with ecological modifications of the activities of a bauxite mining. The highest taxonomic richness (specially related with the number of Chironomidae genus) and highest densities of benthic organisms (Chironomidae and Oligochaeta) were found on igarapé Saracá, in the area affected by the dam. During the rainy season macrobenthic organisms were not found on impacted sample station of igarapé Caranã on both years, where just few larvae of *Polypedilum* and *Chironomus* were present on dry period. On igarapé Água Fria where the negative influence of the bauxite tailing is increasing gradually, Chaoboridae (Diptera, Insecta) larvae dominated the benthic macrofauna. Moreover it was observed that the degradation of ecological conditions of this ecosystem will probably continue because the transporte of fine particules of clay by the local corrent. On Trombetas river discharges of mineral occur accidentally and are deposited on the sediment. The data obtained showed that the mining activities made physical (hydrodynamic changes by the dam formed by construction of a railroad; presence of bauxite tailing and/or bauxite mineral on the sediment, modifying the granulometric composition), chemical (concentrations of available phosphorus, total nitrogen and organic carbon on sediment) and biological (taxonomic structure and distribution of organisms) modifications. It was evidenced the possibility of to use the benthic macroinvertebrates as indicators of ecological conditions on these ecosystems pointing out the temporal (rainy and dry seasons of 1994 and 1995) and spatial changes (natural sample stations and impacted sample stations influenced by the activities of bauxite mining).

---

**SUMÁRIO**

---

<b>I- INTRODUÇÃO</b>	1
Objetivos	7
<b>II- ÁREA DE ESTUDOS</b>	8
1- Localização geográfica	8
2- O clima	9
3- Os rios	10
4- A exploração do minério de bauxita pela Mineração Rio do Norte	11
5- A influência das atividades da mineração de bauxita sobre os ecossistemas lóticos em Porto Trombetas	11
<b>III- METODOLOGIA</b>	13
1- Períodos de amostragem	13
2- Estabelecimento das estações de coleta	13
2.1- Igarapé Saracá	13
2.2- Igarapé Caranã	13
2.3- Igarapé Água Fria	14
2.4- Rio Trombetas	14
3- Coleta de amostras na coluna d'água	14
3.1- Temperatura	15
3.2- Transparência da coluna d'água	15
3.3- Potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica da água	15
3.4- Alcalinidade total	15
3.5- Oxigênio dissolvido	15
4- Variáveis abióticas do sedimento	16
4.1- Coleta de amostras de sedimento	16
4.2- Carbono orgânico	16
4.3- Nitrogênio orgânico total	16

4.4- Fósforo disponível	16
5- Análise da composição granulométrica dos sedimentos	17
5.1- Preparação das amostras	17
5.2- Secagem das amostras	17
5.3- Peneiramento das amostras	18
5.4- Método da pipetagem	18
6- Comunidades de macroinvertebrados bentônicos	19
6.1- Montagem e identificação das larvas de Chironomidae	20
6.2- Coleta de insetos adultos	20
7- Hábitos alimentares e guildas tróficas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos	21
<b>IV- RESULTADOS</b>	22
1- Caracterização abiótica dos ecossistemas estudados	22
1.1- Variáveis abióticas da coluna d'água	22
1.1.1- Temperatura, profundidade e transparência da coluna d'água	22
1.1.2- pH, condutividade e alcalinidade	26
1.1.3- Oxigênio dissolvido.	30
1.2- Variáveis abióticas no sedimento	32
1.2.1- P-disponível, N-total e C-orgânico	32
1.2.2- Composição granulométrica	37
2- Estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos	39
2.1- Densidade de organismos e dominância relativa dos taxa dominantes	39
2.2- Variação sazonal e interanual das densidades totais nas estações de coleta	41
2.3- Hábitos alimentares e guildas tróficas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos	44
2.4- Larvas de Chironomidae bentônicas	46
2.5- Adultos de Chironomidae coletados nos igarapés Saracá, Caranã e Água Fria	54

<b>V- DISCUSSÃO</b>	55
1- Estrutura taxonômica, distribuição de organismos e relações com algumas variáveis abióticas	55
2- Variações sazonais na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos	66
3- Posição Trófica (guildas) e Hábitos Alimentares dos Macroinvertebrados Bentônicos	71
4- A estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadora da fragilidade ecológica dos igarapés amazônicos	78
5- O grau de influência das atividades da mineração de bauxita nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos ecossistemas estudados.	83
<b>VI- PRINCIPAIS CONCLUSÕES DESTA PESQUISA</b>	90
<b>VII- PERSPECTIVAS FUTURAS</b>	92
<b>VIII- BIBLIOGRAFIA</b>	93
<b>IX- ANEXOS (TABELAS)</b>	110

---

## I- INTRODUÇÃO

---

A flora e a fauna presentes em um rio geralmente são influenciadas pela qualidade da água no ecossistema (retratada por variáveis físicas, químicas, físico-químicas e bacteriológicas), além do ambiente físico do rio (velocidade da correnteza, tipo de substrato, forma do canal, etc.). Assim, a qualidade do habitat é um dos fatores mais importantes na determinação e no estabelecimento das comunidades biológicas em muitos rios (CALLISTO, *submetido*). Muitos dos métodos utilizados para avaliar a qualidade de água em rios são baseados em medições de parâmetros químicos, e métodos biológicos vêm sendo incrementados em várias partes do mundo (FRIBERG & JOHNSON, 1995). Dentre os métodos biológicos, os programas de monitoramento de indicadores biológicos proporcionam uma medição mais direta dos efeitos antropogênicos nos recursos aquáticos. Os indicadores biológicos têm a vantagem de integrarem a qualidade da água em um período de tempo, fornecendo assim uma imagem mais apropriada dos efeitos de um poluente ao nível de ecossistema, do que os métodos químicos, que fornecem apenas uma imagem momentânea da qualidade da água (a menos que inúmeras amostragens contínuas e de altíssimo custo sejam feitas). O ideal, no entanto, é a utilização conjunta de métodos químicos e biológicos, permitindo uma caracterização mais completa, muitas vezes altamente necessária para o adequado manejo dos recursos hídricos existentes.

Uma definição genérica das comunidades de macroinvertebrados bentônicos refere-se aos organismos que habitam os substratos de fundo de ecossistemas aquáticos continentais (sedimentos, pedaços de madeira, restos de troncos, pedras, macrófitas aquáticas, algas filamentosas, etc.), ao menos durante parte de seus ciclos de vida (CALLISTO, *no prelo*). Macroinvertebrados bentônicos, macrobentos, macrozoobentos, ou simplesmente, zoobentos são os animais que ficam retidos em malhas com diâmetro de poro maior que 200  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  (ESTEVES, 1988).

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos constituem-se em um importante componente no sedimento de rios e lagos, o qual vem despertando grande interesse devido aos

problemas decorrentes de poluição em corpos d'água continentais (INT PANIS, 1995; TOMAN, 1995).

Um primeiro passo no entendimento de como as comunidades de macroinvertebrados bentônicos estão relacionados à qualidade de água de um dado ecossistema é identificar quais as variáveis físicas e químicas que estão influenciando os organismos (DALL, 1995; TATE & HEINY, 1995). As comunidades biológicas em ecossistemas lóticos são afetadas por muitos fatores como a química da água (MEYER *et al.*, 1988) e suas características físicas (RESH & ROSENBERG, 1984). Variações naturais nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos também ocorrem em diferentes escalas espaciais (microhabitat a regional) (NAIMAN *et al.*, 1987; MINSHALL, 1988). Os fatores físicos que afetam as comunidades de macroinvertebrados bentônicos em rios incluem o substrato (MISHALL, 1984; RICHARDS, *et al.* 1993), regime fluviométrico (POFF & WARD, 1989), geomorfologia (HURYN & WALLACE, 1987; STATZNER *et al.*, 1988) e temperatura (VANNOTE & SWEENEY, 1980; WARD & STANFORD, 1982), particularmente em riachos que se estendem ao longo de gradientes altitudinais (WARD, 1986). Outros fatores que afetam as comunidades de macroinvertebrados são a utilização das terras adjacentes (QUINN & HICKEY, 1990) e as características das margens (GREGORY *et al.*, 1991).

Estudos de monitoramento biológico em rios são normalmente baseados em mudanças na estrutura das comunidades, p.ex.: mudanças na riqueza e equitabilidade taxonômicas, densidade, e/ou a predominância relativa de *taxa* indicadores. Como o tempo necessário para estudar as respostas de todos os grupos de organismos em ecossistemas lóticos sujeitos a impactos antrópicos seria extremamente longo, grupos específicos de organismos têm sido selecionados. Assim, protozoários, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes têm sido utilizados em diferentes métodos. No entanto, os macroinvertebrados bentônicos são o grupo que atualmente vêm sendo utilizados em mais de dois terços de todos os métodos biológicos modernos (ROSENBERG & RESH, 1993; FRIBERG & JOHNSON, 1995). As principais razões para esta escolha são:

- 1- A estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos refletem a qualidade ambiental uma vez que os organismos têm diferentes níveis de tolerância a poluentes.

2- Os macroinvertebrados bentônicos são conspícuos, muitas vezes abundantes, e são relativamente sedentários.

3- Para os macroinvertebrados bentônicos dispõe-se de metodologias de coleta adequadas e já estabelecidas.

4- Os macroinvertebrados bentônicos têm ciclos de vida relativamente longos comparando-se com os organismos planctônicos (variando entre semanas, meses e anos).

Gradientes ambientais em pequena escala espacial são considerados importantes na determinação de heterogeneidades na distribuição de comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Por outro lado, gradientes ambientais em grandes escalas são usados para delimitar comunidades e habitats espacialmente distintos (WHITTAKER & LEVIN, 1975). Como o espaço é uma das três dimensões de nicho, estudos ecológicos muitas vezes iniciam-se com uma descrição da abundância relativa das espécies (quando estas são conhecidas) em várias estações em uma área de estudo (INT PANIS, 1995). Assim, a maioria das pesquisas acerca de comunidades de macroinvertebrados bentônicos passam, obrigatoriamente, por uma fase inicial de caracterização, a partir de um levantamento taxonômico dos organismos nos ecossistemas estudados.

Apesar de espécies de vários filos terem invadido os ecossistemas aquáticos continentais, algumas tiveram especial sucesso. A macrofauna bentônica da maioria destes ecossistemas é dominada numericamente (e em termos de biomassa) pelos Insecta (WARD, 1992). Em geral, as formas imaturas de insetos aquáticos e semi-aquáticos são mais importantes do que os adultos, nos ecossistemas aquáticos continentais. Dentre os Diptera, a família Chironomidae é o grupo mais importante em termos de amplitude de habitats que ocupa, diversidade de hábitos alimentares e estratégias adaptativas (CRANSTON, 1995). O número de espécies de Chironomidae que coexistem em qualquer corpo d'água continental é normalmente muito maior que qualquer outro grupo taxonômico (INT PANIS, 1995). Em certas condições, como em baixas concentrações de oxigênio dissolvido, as larvas de Chironomidae podem ser os únicos insetos presentes no sedimento (EPLER, 1995). Algumas espécies de Chironomidae em sua fase larval apresentam adaptações para viverem em extremos de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de corrente e

produtividade (CRANSTON, 1995). Os problemas taxonômicos com as larvas de Chironomidae têm encorajado vários estudos em ecologia aquática e hoje conta com chaves de identificação que muito ajudam, mas que ainda não resolvem todos os problemas, destacando-se WIEDERHOLM (1983); EPLER (1992 e 1995); TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995).

Segundo DERMOTT (1985), as comunidades de organismos aquáticos apresentariam uma forte relação com baixos valores de pH (inferiores a 5,0). Assim, desde a afirmação clássica de WELCH (1952) ("águas ácidas caracterizam-se por baixa diversidade de espécies e baixa produtividade") inúmeros pesquisadores têm constatado que as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são mais pobres (em termos de riqueza de espécies) e possuem menor densidade em corpos d'água com baixos valores de pH (MARGALEF, 1983; WARD, 1992; BEGON *et al.*, 1996). Alguns autores investigaram as relações entre populações aquáticas e variações de pH, em algas (GRAHN *et al.*, 1974), zooplâncton (ROFF & KWIATKOWSKI, 1977), e peixes (BEAMISH & HARVEY, 1972; WRIGHT & SNEKVIK, 1978). Além destes, a diminuição numérica da fauna bentônica como resultado do decréscimo do pH foi observado na Escandinávia (WIEDERHOLM & ERIKSSON, 1977; MOSSBERG & NYBERG, 1979). Alguns grupos, particularmente moluscos e crustáceos, são apontados como altamente sensíveis a baixos valores de pH (SUTCLIFFE & CARRICK, 1973; OKLAND, 1980). Por outro lado, alguns estudos não encontraram uma relação direta entre os valores de pH ou alcalinidade total e abundância, diversidade e número de *taxa* de macroinvertebrados bentônicos (COLLINS *et al.*, 1981; KELSO *et al.*, 1982; DERMOTT, 1985).

Os animais bentônicos possuem em seu micro-habitat partículas com grande amplitude de valor nutricional (LODGE *et al.*, 1994). Estes autores afirmam que os animais pequenos tendem a ser mais especialistas, com uma dieta de melhor e maior qualidade do que animais maiores. Estes últimos necessariamente ingerem sedimento para alimentarem-se de algas e bactérias. Esta hipótese engloba 6 afirmativas:

1- Alguns animais bentônicos pequenos são preferencialmente especialistas quanto ao hábito alimentar, enquanto grandes animais possuem dietas mais amplas (mais generalistas), tendendo a apresentar omnivoria.



2- A eficiência de assimilação deve aumentar com o decréscimo do tamanho de corpo.

3- A relação ingestão/produção deve no entanto decair com a redução do tamanho de corpo.

4- Apesar das espécies de macrofauna aparentemente serem incapazes de utilizar a biomassa microbiana como sua fonte principal de carbono (FINDLAY *et al.*, 1986), as espécies de meiofauna podem ter esta capacidade.

5- As espécies de meiofauna podem exercer um controle direto sobre o tamanho e a *taxa* de renovação de alguns de seus recursos alimentares.

6- Os omnívoros, especialmente os detritívoros, abrangem invertebrados bentônicos grandes, o que possibilita uma alta estabilidade de resistência populacional (conforme CONNELL & SOUSA, 1983) do que os invertebrados pequenos, mais especialistas quanto à dieta; quando as partículas de alta qualidade estão em menor abundância, os omnívoros podem persistir alimentando-se de partículas com baixa qualidade nutricional, mas em alta quantidade.

Poucos dados científicos existem disponíveis para testar qualquer das 6 afirmativas, mas algumas observações são consistentes com as predições. Alguns pequenos animais bentônicos realmente aparentam uma dieta alimentar extraordinariamente especializada (POURRIOT, 1977), quando muitos macroinvertebrados, p.ex., Gastropoda, Decapoda, e insetos, são omnívoros (cf. PIMM, 1982).

Muitos igarapés da Amazônia têm o nível d'água influenciado pelo regime de chuvas local. Nestes ecossistemas, ao contrário do que ocorre em ecossistemas lênticos, a densidade e/ou biomassa de macroinvertebrados bentônicos é fortemente influenciada pelas variações sazonais (periódicas ou não) na descarga e no fluxo (como exemplo, BOULTON & LAKE, 1992; WRIGHT, 1992), e algumas vezes, as variações sazonais de densidade não parecem seguir nenhum padrão (BUNN *et al.*, 1986).

Em estudos sobre a ecologia de macroinvertebrados bentônicos, a composição granulométrica dos sedimentos exerce forte influência na estruturação destas comunidades de

organismos, bem como na determinação de possíveis alterações decorrentes da presença de rejeitos (ou efluentes) sólidos, responsáveis pelo assoreamento e modificações na natureza física dos sedimentos aquáticos (CALLISTO & ESTEVES, 1995; *no prelo a*; *no prelo b*; FONSECA *et al.*, *submetido*).

Na região de Porto Trombetas inúmeros corpos d'água têm sido afetados direta ou indiretamente pelas atividades de uma mineração de bauxita. As alterações incluem represamento de vários igarapés decorrente da construção de uma rodo-ferrovia que liga a vila de Porto Trombetas à mina de bauxita, com profundas modificações do hidrodinamismo, conteúdo de matéria orgânica e granulometria do sedimento. Além disso, em alguns trechos tem sido evidenciada a presença de minério de bauxita no leito destes corpos d'água, além do lançamento de rejeito de lavagem de minério de bauxita no igarapé Caranã e, mais recentemente, no igarapé Água Fria (neste último, decorrente do extravazamento de uma bacia de contenção de rejeito). Devido às características de pH ácido, baixa condutividade elétrica, alcalinidade total reduzida ou não detectada, baixas concentrações de nutrientes no sedimento, estes igarapés têm se mostrado com elevado grau de fragilidade ecológica, o que significa dizer que pequenas alterações em sua estrutura e funcionamento podem resultar em modificações ecológicas imprevisíveis, podendo chegar ao caso extremo de ausência de organismos bentônicos.

Nesta pesquisa foram estudados os padrões de estrutura e dinâmica sazonal, além de composição e distribuição de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas, na localidade de Porto Trombetas, Município de Oriximiná, Pará, Brasil.

---

## OBJETIVOS

---

1- Caracterizar a estrutura taxonômica, distribuição numérica (densidade de organismos e dominância relativa) e dinâmica sazonal das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e no rio Trombetas no trecho próximo a Porto Trombetas.

2- Realizar levantamento, registrar ocorrência e distribuição sazonal das larvas bentônicas de Chironomidae nos períodos de chuvas e de seca nos anos de 1994 e 1995, nos quatro ecossistemas.

3- Inventariar a fauna adulta de Chironomidae, nos períodos de chuvas e de seca no ano de 1995, nos igarapés Saracá, Caranã e Água Fria.

4- Avaliar as concentrações de carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo disponível e a composição granulométrica do sedimento nas estações de coleta dos ecossistemas estudados e relacionar estas concentrações com a distribuição dos macroinvertebrados bentônicos.

5- Inferir sobre o papel das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadoras das alterações ecológicas nos ecossistemas estudados.

6- Inferir sobre as consequências do represamento dos corpos d'água, presença de rejeito e/ou minério de bauxita na distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos com ênfase nas larvas de Chironomidae.

7- Identificar as principais guildas alimentares, com base na categorização funcional dos hábitos alimentares dos macroinvertebrados bentônicos.

8- Estudar as variações interanuais (1994 e 1995) e sazonais (chuvas e seca) na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos na perspectiva de biomonitoramento ecológico.

## II- Área de Estudos

### 1. Localização Geográfica

Os igarapés Saracá, Caraná, Água Fria e o rio Trombetas localizam-se entre  $1^{\circ}25'$  e  $1^{\circ}35'$  latitude sul e  $56^{\circ}15'$  e  $56^{\circ}25'$  longitude oeste, próximos à localidade de Porto Trombetas, no município de Oriximiná, no Estado do Pará, Brasil (Figura 1).

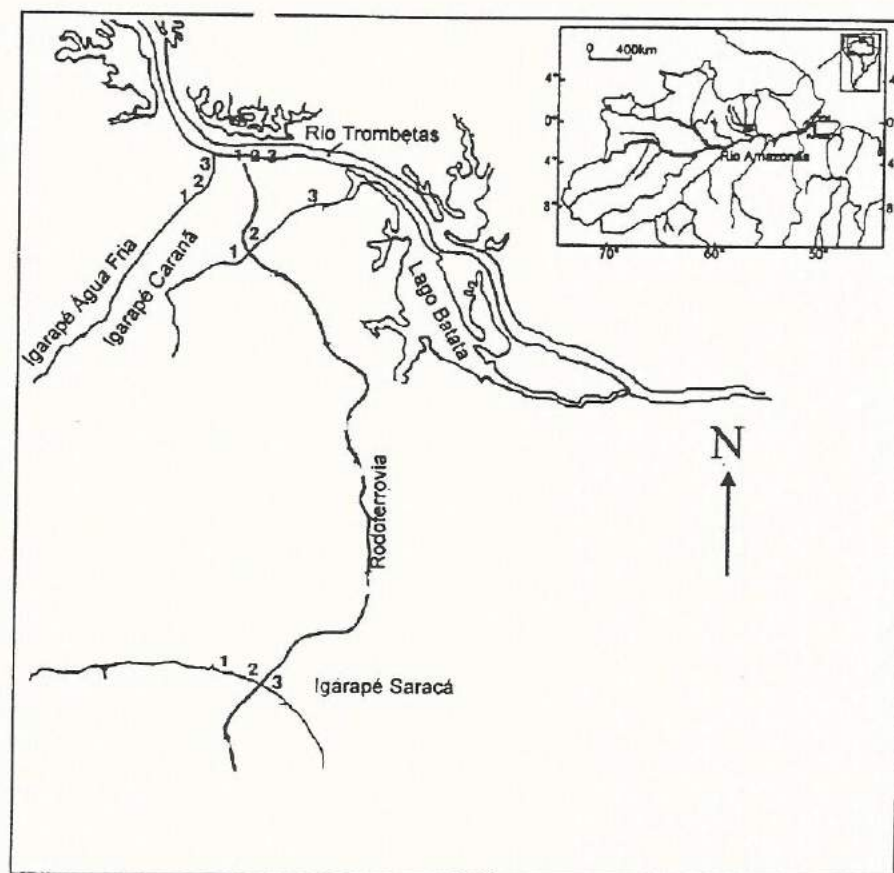


Figura 1: Mapa da região com as estações de coleta nos igarapés Saracá, Caraná, Água Fria e rio Trombetas. (Fonte: mapa do IBGE - Região Norte do Brasil, 1: 100 000)

## 2. O Clima

O regime pluvial é um dos mais importantes, senão o principal, fator climático determinante das características da região amazônica. As flutuações de nível d'água dos igarapés da região apresentam variações relacionadas com a incidência e distribuição de chuvas. As pesquisas ecológicas desenvolvidas por outros autores na Amazônia têm destacado que os igarapés são diretamente influenciados pelo regime de precipitação a nível local e mesmo regional, que leva a alterações no volume dos ecossistemas aquáticos (SIOLI, 1984; WALKER, 1992).

A precipitação total desta imensa bacia varia entre 1.800 e 3.000 mm.ano<sup>-1</sup>. Os níveis de precipitação atmosférica são desiguais. Na parte meridional do estuário do Amazonas encontram-se altos índices, chegando a mais de 2.600 mm.ano<sup>-1</sup>; enquanto que no noroeste as precipitações anuais alcançam 3.600 mm.ano<sup>-1</sup> (SALATI & MARQUES, 1984). Em uma faixa intermediária que vai do alto e médio até o baixo Amazonas, ocorrem menores quantidades de chuvas, com média de 1.800 a 2.000 mm.ano<sup>-1</sup> (SIOLI, 1985). Nas encostas dos Andes podem ser alcançados valores acima de 5.000 mm.ano<sup>-1</sup>. A precipitação não é igualmente distribuída durante o ano inteiro, ocorrendo uma época seca e uma época chuvosa bem distinta (JUNK, 1980).

A radiação máxima que atinge a região amazônica varia de 730 a 875 cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, dependendo das condições climáticas do local, hora, mês e latitude. Do total de radiação solar que chega ao topo do estrato arbóreo mais alto da floresta, apenas 30% é utilizado no aquecimento local e o restante é reciclado nos processos de evapotranspiração e evaporação, quando moléculas de vapor d'água voltam à atmosfera, formando novas nuvens, responsáveis pelas típicas chuvas torrenciais da região (SALATI & MARQUES, 1984).

Estas peculiaridades climáticas conferem à Amazonia uma tendência isotérmica com média mensal entre 24°C e 28°C e amplitude diária podendo alcançar 10°C (SALATI & MARQUES, 1984).

### 3. Os Rios

Como SIOLI (1984) mostrou, a diversidade de rios amazônicos deve-se não só à geomorfologia de seus canais, mas também às suas propriedades físicas e químicas. Neste sentido, Sioli desenvolveu uma tipologia para os rios amazônicos:

Rios de água branca: turvos, com cor "barrenta" ou "café com leite", com transparência ao disco de Secchi de 0,10 a 0,50 m, pH entre 6,2 e 7,2, transportando alta carga de material em suspensão e dissolvido, originário dos Andes. Exemplos: rios Amazonas e Madeira.

Rios de água preta: com transparência da coluna d'água em torno de 1,30 - 2,90 m, pH 3,8 a 4,9, com águas de cor escura, cor de chá forte, marrom-café, ou café. Estes rios drenam podzóis com horizontes B compacto ou ausente sob vegetação típica, chamada regionalmente de caatinga, campina ou campinara. Exemplos: Rio Negro e alguns de seus afluentes, Rio Cururú (tributário do rio Tapajós).

Rios de água clara: mais ou menos transparentes, águas verdes ou verde-oliva, com transparência ao disco de Secchi de 1,10 m a 4,30 m, pH 4,5-7,8, nascentes nos maciços das Guianas e o do Brasil Central, relevo regular e, portanto, menores possibilidades de erosão. Segundo SIOLI (1985), como estas regiões apresentam-se com estações secas e chuvosas bem marcadas, estes rios apenas transportam elevadas quantidades de material em suspensão no período das chuvas, quando a transparência da coluna d'água reduz-se até cerca de 0,80 m. Exemplos: rios Tapajós, Xingú e Trombetas.

### 4. A Exploração do Minério de Bauxita pela Mineração Rio do Norte

A Companhia Mineração Rio do Norte S/A iniciou suas atividades de extração de bauxita no ano de 1979, na serra do Saracá, com uma produção anual de 3,35 milhões de toneladas, atingindo 5,0 milhões de toneladas anuais em 1988 (LAPA & CARDOSO, 1988), sendo 12 milhões a meta para 1996.

No processo de beneficiamento da bauxita é formado um rejeito ou efluente inorgânico. Inicialmente este rejeito de bauxita era lançado no igarapé Caranã que desagua no lago Batata. Depois, através da ampliação dos dutos de transporte, o lançamento passou a ser realizado diretamente na parte noroeste do lago. Este efluente é formado por água e finas partículas quimicamente inertes, basicamente óxidos de alumínio, silicatos e óxidos de ferro. Ao longo dos dez anos de lançamentos do efluente de lavagem de bauxita (1979-1989) foi despejado um volume anual de 18 milhões de m<sup>3</sup>, o que resultou no assoreamento do igarapé Caranã ao longo de 5Km e de cerca de 30% do total da área do lago Batata (ESTEVEZ *et al.*, 1990).

## **5. A Influência das Atividades da Mineração de Bauxita sobre os Ecossistemas Lóticos em Porto Trombetas**

Na região de Porto Trombetas, inúmeros corpos d'água vêm sofrendo consequências ecológicas direta ou indiretamente relacionadas às atividades da mineração de bauxita. Dentre estes ecossistemas, os igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e o trecho do rio Trombetas próximo ao porto foram escolhidos como objeto de estudos desta pesquisa. Em cada ecossistema foram estabelecidas 3 estações amostrais, sendo as de número 1, localizadas em áreas naturais, livres de qualquer modificação de suas características ecológicas.

No igarapé Saracá foi constatado que o represamento decorrente da construção da rodoferrovia que liga a vila de Porto Trombetas à mina de bauxita foi responsável por alterações na hidrodinâmica de um trecho do corpo d'água. Nesta seção represada o igarapé passou a apresentar características de um ecossistema lêntico. Houve mudança na cor da água, passando de límpida e transparente do trecho natural a montante, para uma cor castanho escuro ou "chá forte" devido, provavelmente, à presença de ácidos húmicos e fúlvicos. Além disso, devido ao alagamento de uma extensa faixa de vegetação de terra firme que vivia às margens do igarapé, hoje observa-se a formação de "paliteiros" (restos de troncos secos, sem a copa das árvores). Com este aporte de matéria orgânica, o sedimento deste trecho represado do igarapé apresenta-se com maiores concentrações de nutrientes (carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo disponível) do que o trecho natural, o que favoreceu a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em termos de riqueza e densidade de organismos.

O igarapé Caranã também apresenta um trecho represado pela construção da rodoferrovia e, de uma maneira geral, as mesmas alterações que o trecho represado do igarapé Saracá. No entanto, no igarapé Caranã observa-se maior ocorrência de macrófitas aquáticas enraizadas de folhas flutuantes (p.ex. *Nymphoides* spp., Meniantacea). Além disso, foi constatado que os igarapés Saracá e Caranã recebem em seus leitos materiais inorgânicos, tais como argilas, siltes e fragmentos de rochas que se assemelham ao minério de bauxita. Muito provavelmente estes materiais têm origem na rodoferrovia que corta estes ambientes (decorrente do trânsito de trens, carros e ônibus), carreamento por chuvas e/ou erosão das encostas. Outra forma de influência sobre a estrutura e funcionamento do igarapé Caranã decorre do lançamento do rejeito de lavagem de minério de bauxita que foi lançado durante cerca de 10 anos, responsável por profundas alterações nesta seção do ambiente.

No igarapé Água Fria foi observado o transbordamento do rejeito de bauxita, depositado em uma bacia próxima às margens, para o leito do igarapé, comprometendo as características ecológicas em uma área considerável do ecossistema.

Na estação de coleta no rio Trombetas localizada abaixo da esteira que transporta minério de bauxita dos armazéns de secagem para os navios no porto, foi constatada a presença de minério no sedimento. Desta maneira foi observado que a queda acidental de minério de bauxita no leito do rio (provavelmente intensificada durante o período de chuvas) acarretou alteração na estrutura taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Ainda no rio Trombetas, na estação amostral a jusante do porto, foi observado que o lançamento dos esgotos de Porto Trombetas (após processados na estação de tratamento da mineração) contribuem para o aumento de matéria orgânica no leito do rio.



---

### III- Metodologia

---

#### 1- Períodos de Amostragem

As coletas foram realizadas nos períodos de chuvas e seca dos anos 1994 e 1995. No primeiro ano as coletas realizadas no período de chuvas ocorreram de 10 a 19 de maio; e as coletas no período de seca de 15 a 25 de novembro. No segundo ano, de 05 a 16 de maio e de 15 a 26 de outubro.

#### 2- Estabelecimento das Estações de Coleta (figura 1)

##### 2.1. Igarapé Saracá (figura 18, pág. 85)

Estação 1: No ano de 1994, esta estação localizou-se a cerca de 2 Km a montante da rodoferrovia. No segundo ano de estudo, esta estação foi remanejada para um trecho mais a montante em uma seção do igarapé que melhor conserva suas características naturais, localizando-se a cerca de 4 Km da rodoferrovia.

Estação 2: A cerca de 50 m do ponto de captação de água de serviço da mina (a montante da rodoferrovia).

Estação 3: A jusante, cerca de 200 m da rodoferrovia, próxima à região litorânea do igarapé.

##### 2.2. Igarapé Caraná (figura 19, pág. 86)

Estação 1: No ano de 1994, esta estação localizou-se em um trecho represado do igarapé, a montante da rodoferrovia. No segundo ano, esta estação foi remanejada para 2 Km a montante, em um trecho mais natural do igarapé, localizada no Clube "Igarapé das Pedras".

Estação 2: A jusante da ferrovia, cerca de 200 m, em um ponto central do igarapé.

Estação 3: A jusante, localizada em uma região onde era lançado o rejeito de bauxita, que pelo igarapé era conduzido até o lago Batata.

### **2.3. Igarapé Água Fria (figura 20, pág. 87)**

Estação 1: A montante, no leito principal do igarapé, cerca de 500 m do ponto de confluência com o rio Trombetas.

Estação 2: a cerca de 50 m do corpo principal do igarapé, localizada no ponto de interseção entre o igarapé e o vertedouro da bacia de contenção dos resíduos do sistema de decantação da lavagem de bauxita.

Estação 3: a cerca de 10 m da desembocadura do igarapé no rio Trombetas.

### **2.4. Rio Trombetas (figura 20, pág. 87)**

Estação 1: A montante do porto, cerca de 600 metros, tendo como pontos notáveis o ponto de captação de água e o porto.

Estação 2: cerca de 5 metros a jusante do porto, na região próxima à margem, abaixo da esteira que transporta o minério de bauxita dos armazéns de estocagem para os navios atracados.

Estação 3: cerca de 500 metros a jusante do porto.

## **3- Coleta de amostras na Coluna d'água**

As amostras de água do fundo da coluna d'água foram coletadas com garrafa do tipo "Van Dorn" com capacidade de cinco litros, e posteriormente transferidas para frascos de polietileno. Visando-se a determinação de oxigênio dissolvido na água, parte das amostras coletadas foi transferida, evitando-se a formação de bolhas, para frascos de volumes conhecidos e tampa chanfrada, e então fixados com sulfato manganoso e azida sódica iodada.

Em seguida, os frascos com água foram transportados ao laboratório montado no Horto Botânico da Mineração Rio do Norte. A água contida em cada frasco de polietileno foi utilizada para as determinações de pH, alcalinidade total e condutividade elétrica.

## **Variáveis Abióticas**

### **3.1. Temperatura**

Em cada estação de coleta foi determinado um perfil térmico vertical na coluna d'água utilizando-se um termômetro eletrônico marca FAC-400, com precisão de leitura de 0,1°C.

### **3.2. Transparência da coluna d'água**

A transparência da coluna d'água foi estimada através da profundidade máxima de visibilidade de um disco de Secchi branco, com 25 cm de diâmetro, à sombra.

### **3.3 Potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica da água**

O potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica da água foram medidos, respectivamente, por meio de pHmetro portátil previamente calibrado com tampões 4 e 7, e condutivímetro também previamente calibrado, ambos os aparelhos da marca Digimed. A condutividade elétrica foi expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à temperatura padrão de 25°C.

### **3.4. Alcalinidade total da água**

A alcalinidade total foi determinada pelo método Gran, modificado por CARMOUZE (1994).

### **3.5. Oxigênio dissolvido**

As amostras fixadas com sulfato manganoso e azida sódica iodada logo após a coleta, foram utilizadas para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido na água, através do método de WINKLER, modificado por GOLTERMAN *et al.* (1978). Esse método consiste na acidificação das amostras fixadas e posterior titulação com tiosulfato de sódio 0,0125 N. Em seguida, os

valores obtidos em mg/l foram transformados para porcentagem de saturação, utilizando para tal a tabela apresentada por GOLTERMAN *et al.* (*op. cit.*).

## **4- Variáveis Abióticas no Sedimento**

### **4.1. Coleta de amostras de sedimento**

As amostras da fração superficial do sedimento (0-5 cm de profundidade) foram coletadas com coletor do tipo AMBÜHL & BÜHRER (1975). No laboratório, as amostras foram secas em estufa a 60°C durante 72 horas, para as posteriores determinações dos conteúdos de carbono orgânico, nitrogênio orgânico total e fósforo disponível.

### **4.2. Carbono orgânico**

Os teores de carbono orgânico foram determinados através de oxidação com dicromato de potássio, procedendo-se, em seguida, à titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1N, segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1975).

### **4.3. Nitrogênio orgânico total**

Os teores de nitrogênio orgânico total foram determinados pelo método de Kjeldahl, descrito em ALLEN *et al.*, 1974.

### **4.4. Fósforo disponível**

Os teores de fosfato disponível foram obtidos a partir de extração conforme proposto por ESTEVES (1983) e determinados de acordo com GOLTERMAN *et al.* (1978).

## 5- Análise da Composição Granulométrica dos Sedimentos

A metodologia utilizada para análise da composição granulométrica das amostras de sedimentos das diversas estações analisadas foi proposta por SUGUIO (1973), constando das fases descritas abaixo.

### 5.1. Preparação das Amostras

As amostras foram lavadas sobre duas peneiras, com malhas de 2,00 mm e 0,062 mm, com água destilada, adicionada cuidadosamente com um picete e espalhada com a ajuda de um pincel macio. O material menor que 0,062 mm foi retido em uma bandeja de plástico branco. As frações que ficaram retidas nas peneiras foram secas em estufa e depois peneiradas. A fração menor que 0,062 mm, composta por siltes e argilas foi colocada em provetas de um litro (até o volume de 950 ou 970 ml) e o volume completado a um litro com solução desfloculante, composta por 45,7g de Hexametáfosfato de Sódio, 7,9 g de Carbonato de Sódio, dissolvidos a 40°C em água e completados a 1 l em balão volumétrico. A utilização desta solução desfloculante tem como objetivo evitar ou, ao menos, minimizar a floculação (ou coagulação) das partículas de sedimentos argilosos ou silticos, que resulta na formação de aglutinados de partículas. Estas amostras colocadas em provetas foram submetidas ao método da pipetagem.

### 5.2. Secagem das Amostras

As amostras de sedimento das estações com altas concentrações de areias, foram secas durante várias horas (cerca de 36 a 48 h) em estufa a 100°C. As amostras com argilas (estações impactadas pelo rejeito de bauxita) e siltes (demais estações) foram secas em uma temperatura média de 50-60°C, para não modificar os argilo-minerais sensíveis a temperaturas elevadas. Para evitar-se o endurecimento do material, como normalmente acontece com sedimentos muito finos (siltes e argilas), foram adicionados 20 ml de solução desfloculante.

### 5.3. Peneiramento das Amostras

As porções maiores que 0,062 mm, secas em estufa, foram peneiradas em um aparelho agitador magnético da marca Bertel, na intensidade de vibração 6, por 30 minutos. As peneiras utilizadas e respectivos *phis* foram:

Tabela 1: Escalas granulométricas em milímetros, *phi* e respectiva classificação de grãos.

Peneiras escala mm	escala <i>phi</i>	Classificação dos Grãos
2,00	-1,0	Areia Muito Grossa
1,00	0,0	Areia Muito Grossa
0,71	0,5	Areia Grossa
0,50	1,0	Areia Grossa
0,35	1,5	Areia Média
0,25	2,0	Areia Média
0,177	2,5	Areia Fina
0,125	3,0	Areia Fina
0,088	3,5	Areia Muito Fina
0,062	4,0	Areia Muito Fina

A classificação de grãos utilizada seguiu o sistema americano chamado escala de Wentworth que SUGUIO (1973) explica como sendo sistemática e logarítmica, baseada na base 2, e cujos limites de classes são de acordo com limites de distinções entre cargas transportadas em suspensão e por tração.

### 5.4. Método da Pipetagem

A intervalos periódicos e rigidamente seguidos, foram realizadas pipetagens com pipeta volumétrica de 20 ml a profundidades também pré-determinadas e o volume colocado em pequenos potes plásticos pré-pesados em balança analítica, segundo tabela abaixo.

Tabela 2: Tempos, profundidades e granulações para análise granulométrica por pipetagem.

Número	Tempo Pipetagem (Temperatura Local)		Profundidade	Peso Frações	Escala $\phi$
	20°C	24°C			
4A	10'	15'	20 cm	(4A+4B)/2 X	
4B	15'	20'	20 cm	X 50=a	5=a-b
5	1'56"	1'45"	20 cm	X 50=b	6=b-c
6	7'44"	6'58"	10 cm	X50=c	7=c-d
7	31'	28'	10 cm	X50=d	8=d-e
8	2h3'	1h51'	10 cm	X50=e	9=e-f
9	4h6'	3h42'	5 cm	X50=f	10=f-g
10	16h24'	14h50'	5 cm	X50=g	>10=g

Estes potes foram secos em estufa a 40 °C e, após a evaporação da água (cerca de 48 horas) novamente pesados. Os cálculos destes pesos foram realizados conforme procedimento indicado na tabela acima.

Ao final desta etapa do processo, foram determinados os pesos dos  $\phi$ s 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0, 10,0 e >10,0. A unidade  $\phi$  ( $\phi$ ) foi introduzida por KRUMBEIN (1934), que é o logaritmo negativo de base 2 da granulometria em milímetro.

Segundo SUGUIO (1973), nesta escala, grãos com 1 mm possuem um valor igual a zero, grãos mais finos têm valores positivos e grãos mais grossos têm valores negativos. Esses valores, que são números inteiros, coincidem com os limites de classes da escala de Wentworth.

## 6- Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos

As amostras de sedimento foram coletadas com um coletor modificado do modelo proposto por AMBÜHL & BÜHRER (1975). A utilização deste equipamento possibilita retirar perfis ("core") de 0,025 m<sup>2</sup> de área sem a mistura das diferentes frações de sedimento. CECCHERELLI & FABBRI (1978) afirmam que este tipo de aparato de coleta é indicado sobretudo para ambientes rasos com sedimentos finos compostos principalmente por siltes e argilas, ricos em partículas orgânicas, devido à possibilidade de coleta de amostras sem perda de material. Para o efeito desta pesquisa foi estudada a fração superficial de 0-10 cm, considerada por diversos autores como a mais

representativa para a maioria dos organismos nos estudos desta comunidade (FURSE *et al.*, 1984; ROSENBERG & RESH, 1993). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e, transportadas para o laboratório de campo. No laboratório, foram lavadas sobre duas peneiras com abertura de malha de 1,00 e 0,50 mm, triadas com auxílio de microscópio estereoscópico Zeiss com aumento de até 400 vezes, e os exemplares preservados em álcool a 70%

Em cada estação amostral foram coletadas 7 amostras (seguindo ELLIOT, 1977), sendo 5 para a triagem dos organismos e cálculo dos valores de densidade relativa ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) e uma para a análise da composição granulométrica do sedimento, e uma para estimativa de P-disponível, N-total e C-orgânico.

### **6.1- Montagem e Identificação das Larvas de Chironomidae**

Para a identificação das larvas de Chironomidae foi seguida a metodologia utilizada anteriormente por CALLISTO *et al.* (1996). As larvas que foram armazenadas em frascos com álcool 70% e posteriormente desidratadas em álcool 90% e 100%, por um período de 30 a 40 minutos. Depois disso, foram deixadas por 1 a 2 minutos em papel absorvente e então depositadas por 30 minutos em lactofenol de Amann, montadas em lâmina e lamínula e observadas em microscópio Olympus com aumento de 400 vezes.

### **6.2- Coleta de Insetos Adultos**

Para a coleta de insetos adultos, foram realizadas coletas na margem, próximo ao leito dos igarapés Saracá (estação 3), Caranã (estação 1) e Água Fria (estação 1) no período de chuvas e Saracá (estação 3) e Caranã (estação 1) no período de seca. Os insetos foram atraídos por uma fonte luminosa simples (lâmpada incandescente de 12 volts/40 watts) colocada próxima a um lençol branco ao entardecer. A captura foi realizada com sugador entomológico e os insetos fixados em álcool 70%. A identificação taxonômica foi realizada no laboratório da Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ-RJ), pelo Prof. Dr. Sebastião José de Oliveira.



## **7- Hábitos Alimentares e Guildas Tróficas das Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos**

O estabelecimento da categorização funcional a partir dos hábitos alimentares dos organismos coletados seguiu MERRIT & CUMMINS (1984).

---

## RESULTADOS

---

### 1- Caracterização abiótica dos ecossistemas estudados

#### 1.1- Variáveis abióticas da coluna d'água

##### 1.1.1- Temperatura, Profundidade e Transparência da coluna d'água

Os ecossistemas estudados apresentaram valores de temperatura no fundo da coluna d'água (próximo ao sedimento) entre 24,4 °C e 33,4 °C durante o período de coleta. Nos períodos de seca dos dois anos de estudos foram observadas temperaturas mais elevadas do que nos períodos de chuvas (figura 2).

No igarapé Saracá, os valores máximo e mínimo foram obtidos em 1994, respectivamente 24,4 °C durante o período de chuvas e 28,5 °C no período de seca. No igarapé Caranã, os valores máximo e mínimo ocorreram em 1995 (24,5 °C e 32,4 °C), respectivamente nos períodos de chuvas e seca. No igarapé Água Fria, a menor temperatura foi registrada no período de chuvas de 1995 (24,9 °C) e a maior, no período de seca deste mesmo ano (33,4 °C). No rio Trombetas, a menor temperatura foi obtida no período de chuvas de 1994 (26,3 °C) e a maior, na seca de 1995 (32,7 °C).

Quanto à profundidade da coluna d'água dos ecossistemas estudados foi observado que os igarapés Saracá e Caranã apresentaram menor variação entre os períodos de chuvas e seca dos dois anos de estudos, se comparados ao igarapé Água Fria e ao rio Trombetas (figura 3). No entanto, foi constatado que nas estações amostrais localizadas nos trechos represados pela construção da rodoferrovia que liga a mina de bauxita ao porto, respectivamente nas estações Saracá-2 e Caranã-2, foram obtidos os maiores valores de profundidade. Por outro lado, a amplitude de variação de nível d'água do igarapé Água Fria nos períodos de chuvas e de seca acompanhou a variação do pulso de inundação do rio Trombetas, ao qual é permanentemente ligado.

Nos quatro períodos amostrais estudados, a amplitude de variação da profundidade da coluna d'água nos ecossistemas foi: no igarapé Saracá, 0,4 m na seca de 1994 e 3,3 m nas chuvas deste mesmo ano; no igarapé Caranã, 0,5 m e 2,5 m, nos mesmos períodos; no igarapé Água Fria, na

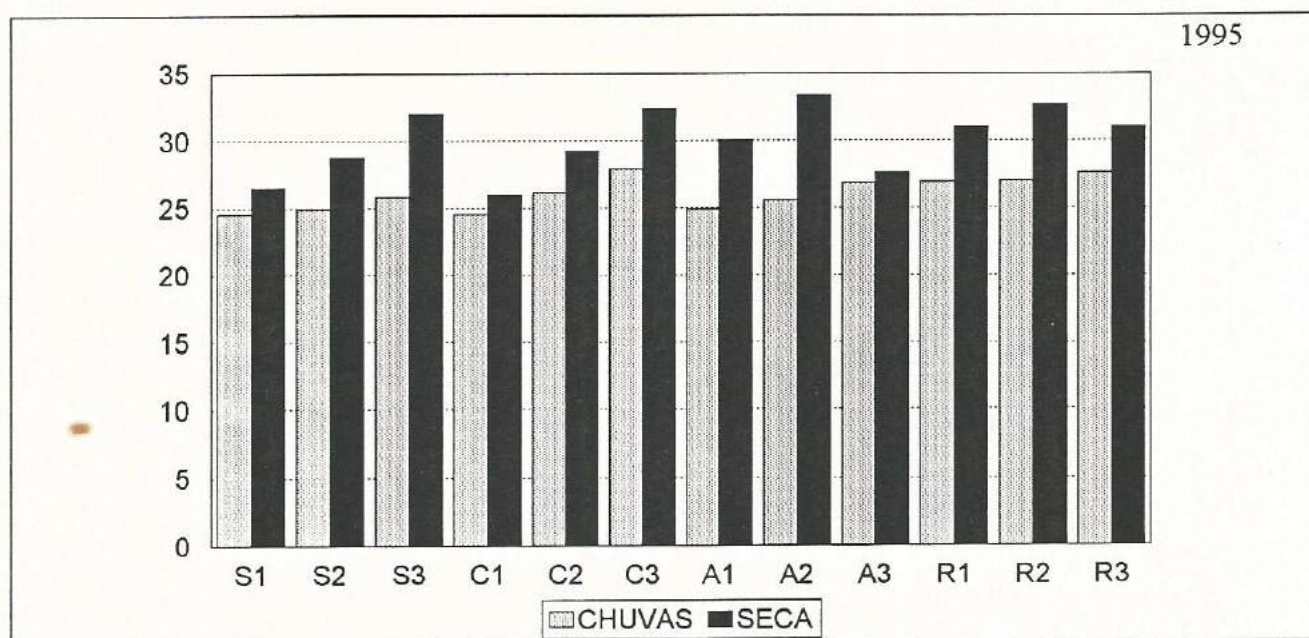
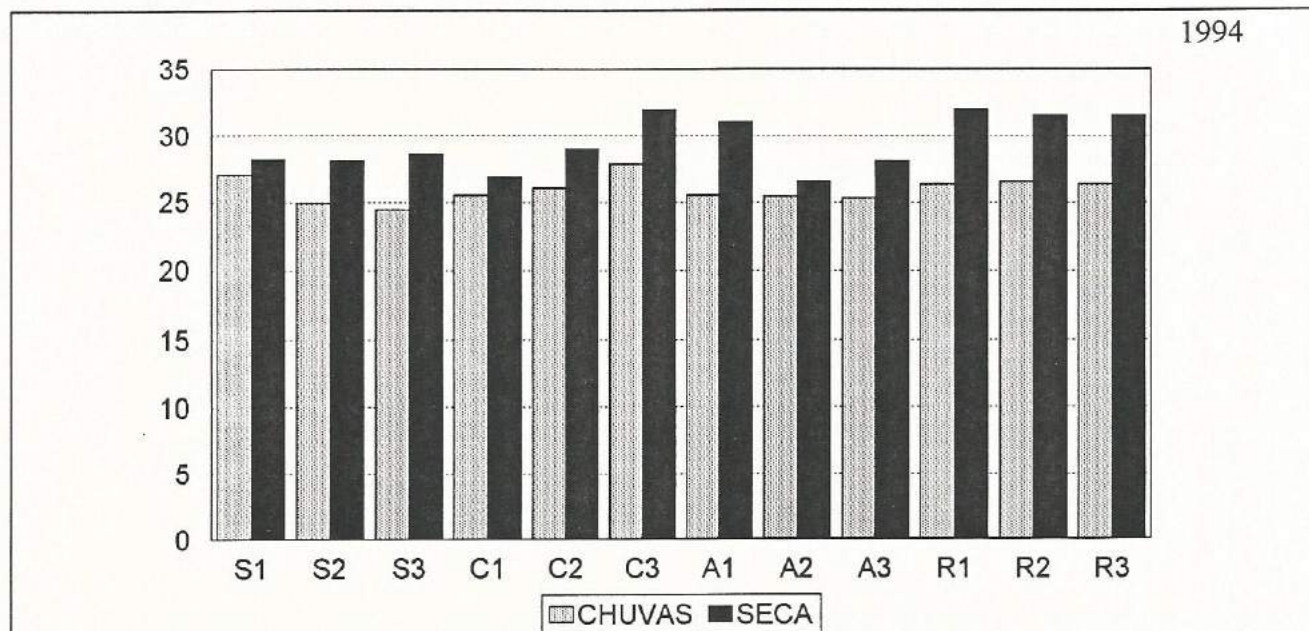


Figura 02: Variação de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) do fundo da coluna d'água nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

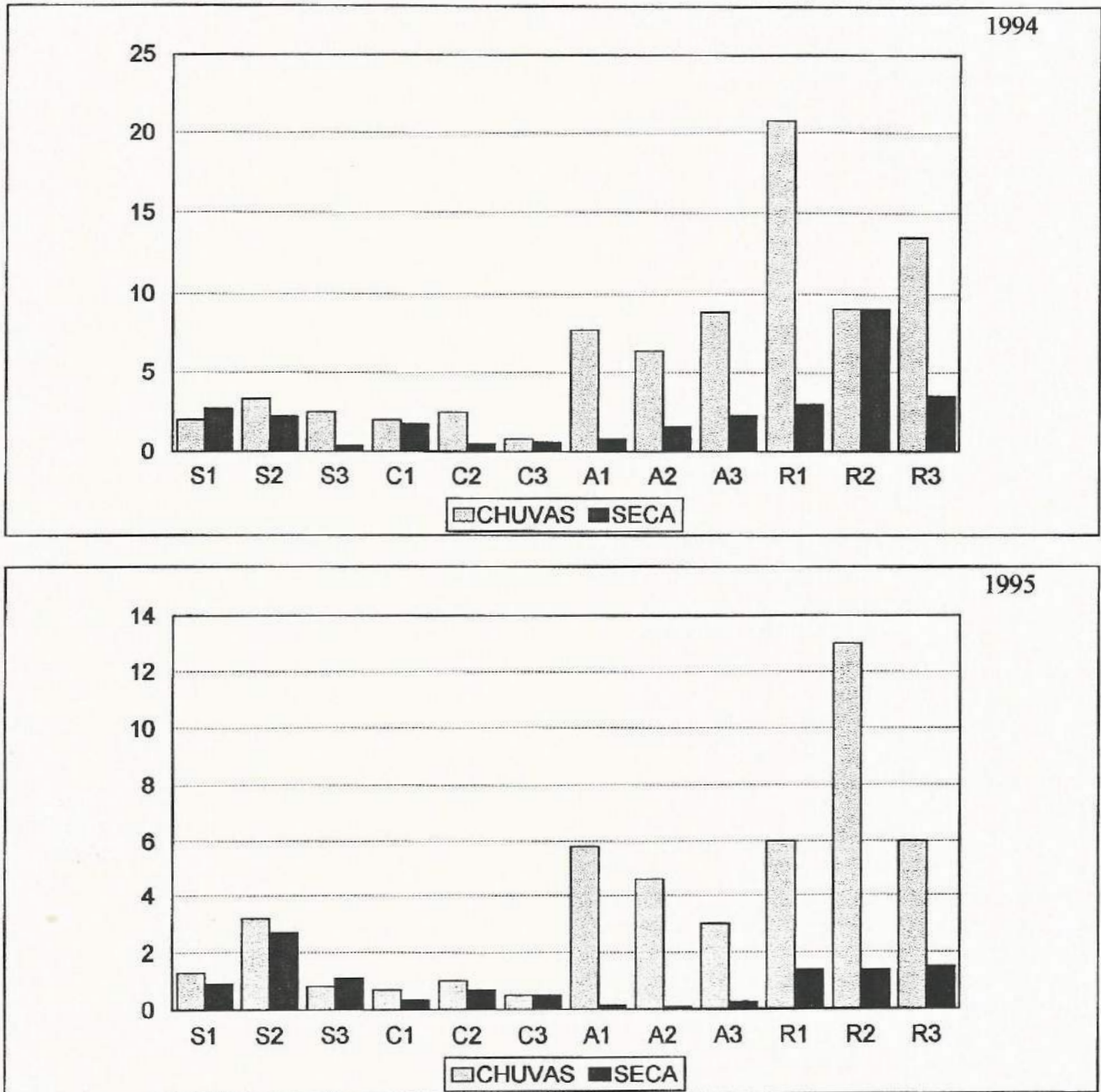


Figura 3: Variação de profundidade da coluna d'água nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

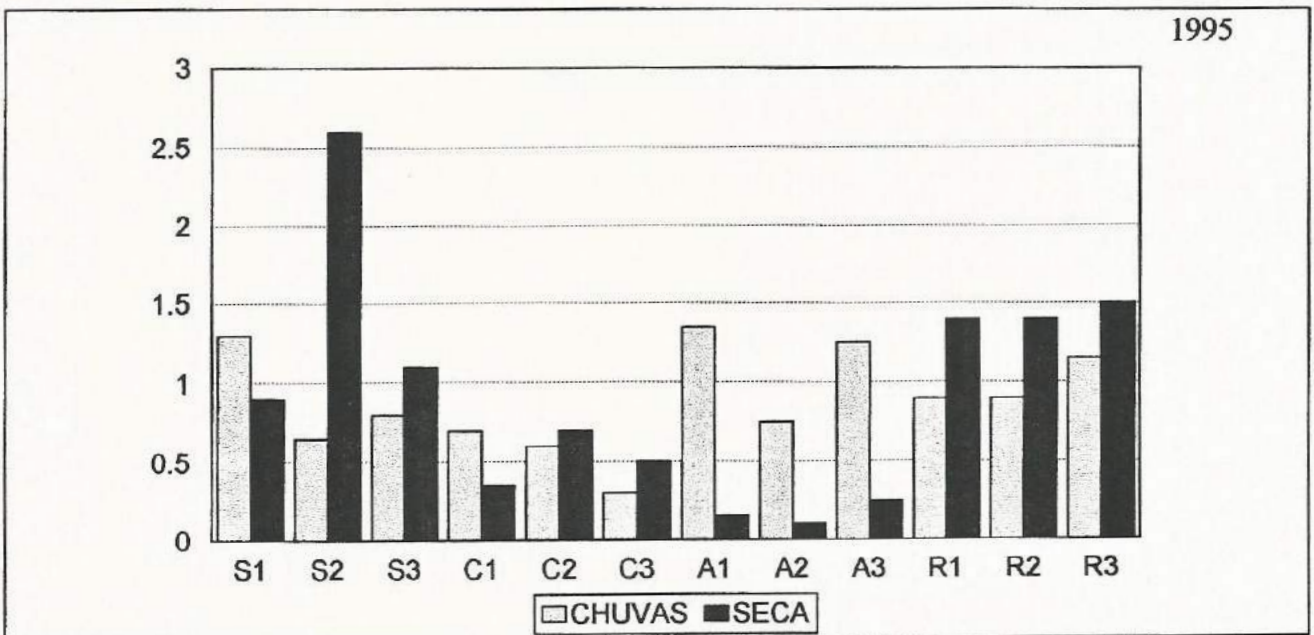
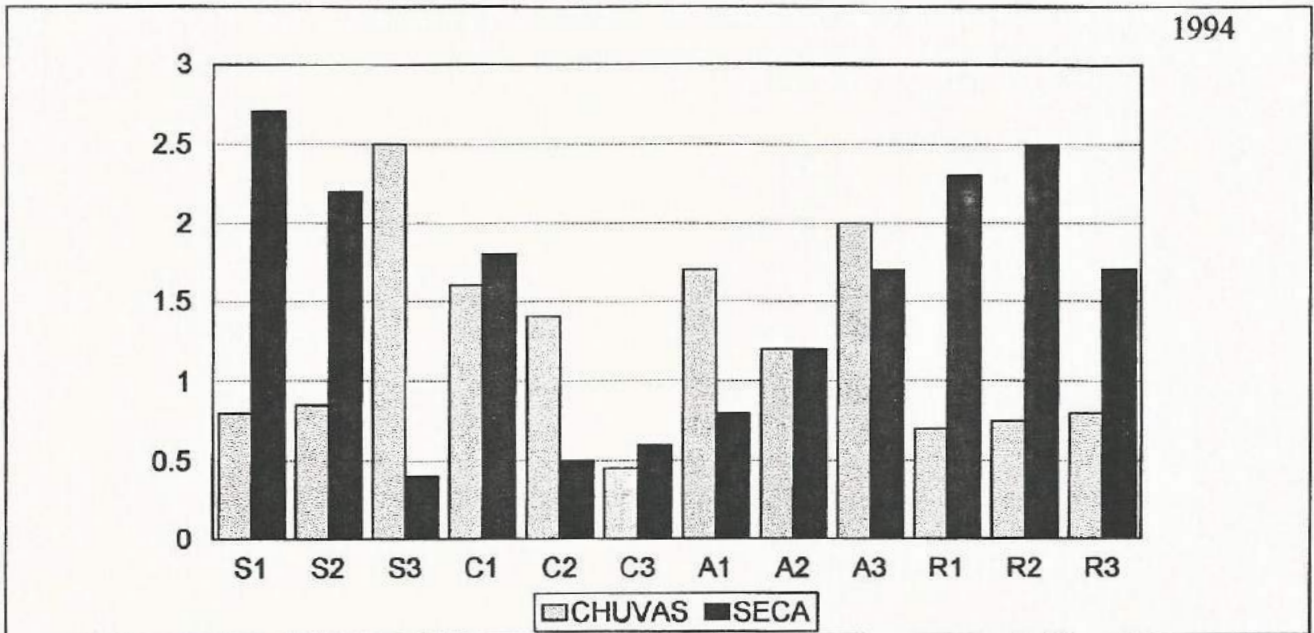


Figura 04: Variação de transparência da coluna d'água (disco de Secchi) nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

coleta do período de seca de 1995 houve drástica redução do nível d'água, tendo sido atingido o valor mínimo de 0,1 m e o máximo de 8,8 m nas chuvas de 1994; no rio Trombetas, 2,0 m na seca de 1995 e 20,8 m nas chuvas de 1994.

Quanto aos valores de transparência da coluna d'água, inferida através da visibilidade do disco de Secchi, foi observada uma marcada diferença entre os períodos de chuva e seca do ano de 1994 nos igarapés Saracá, Caranã e rio Trombetas (figura 4). Por outro lado, as diferenças nos valores de transparência foram evidentes apenas na estação Saracá-2, no igarapé Água Fria e no rio Trombetas (este último com menor variação).

No igarapé Saracá os valores máximo e mínimo de transparência foram obtidos no período de seca de 1994 (respectivamente 0,4 e 2,7 m). No igarapé Caranã o valor mínimo obtido foi de 0,3 m nas chuvas de 1995 e o máximo, 1,8 na seca de 1994. No igarapé Água Fria, o menor valor de transparência foi estimado no período de seca de 1995 (0,1 m) e o maior, nas chuvas de 1994 (2,0 m). No rio Trombetas, no ano de 1994 foram obtidos respectivamente o máximo (2,5 m, no período de seca) e o mínimo (0,7 m, no período de chuvas).

### **1.1.2- pH, condutividade e alcalinidade**

Os igarapés Saracá, Caranã e Água Fria possuem águas com pH muito ácido, tendo sido 3,6 o menor valor (figura 5). O rio Trombetas apresenta águas levemente ácidas (pH entre 5,1 e 6,7).

Foi observado no ano de 1994 valores de pH mais ácidos no período de seca nas estações amostrais dos igarapés Caranã e Água Fria. Neste último, o mesmo padrão foi obtido no ano seguinte.

Ao longo das coletas realizadas no igarapé Saracá, o pH da água variou entre 4,2 e 5,0. No igarapé Caranã, entre 3,6 e 5,6; no igarapé Água Fria, entre 3,6 e 5,97; e no rio Trombetas, entre 5,1 e 6,7.

Os ecossistemas estudados caracterizam-se por serem pobres em eletrólitos livres, o que se reflete em baixos valores de condutividade elétrica. No primeiro ano de coletas foram observados

maiores valores de condutividade no período de seca nas estações do igarapé Água Fria (figura 6). Em 1995, no período de chuvas foram observados os maiores valores de condutividade, exceto na estação Água Fria-2.

No igarapé Saracá, os valores de condutividade oscilaram entre 7,3 e 74,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No igarapé Caraná, o menor valor de condutividade foi 6,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na seca de 1994, e o maior, 82  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no período de chuvas de 1995. No igarapé Água Fria a condutividade variou entre 10 e 92  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . E no rio Trombetas, entre 11 e 45  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os igarapés Saracá, Caraná, Água Fria e o rio Trombetas caracterizam-se por apresentarem baixíssima alcalinidade total, o que significa uma reduzida capacidade de tamponamento.

No período de chuvas de 1994 não foi detectada alcalinidade nas estações amostrais, exceto nas estações Saracá-2, Caraná-1 e rio Trombetas-2. No período de seca, não foi detectada alcalinidade total nas estações amostrais dos igarapés Caraná e Água Fria. No período de chuvas de 1995 somente foi encontrada alcalinidade nas estações Caraná-1, Água Fria-3 e rio Trombetas-2. E finalmente, no período de seca de 1995, não foi detectada alcalinidade nas estações amostrais dos igarapés Saracá e Água Fria (tabelas 3 a 6).

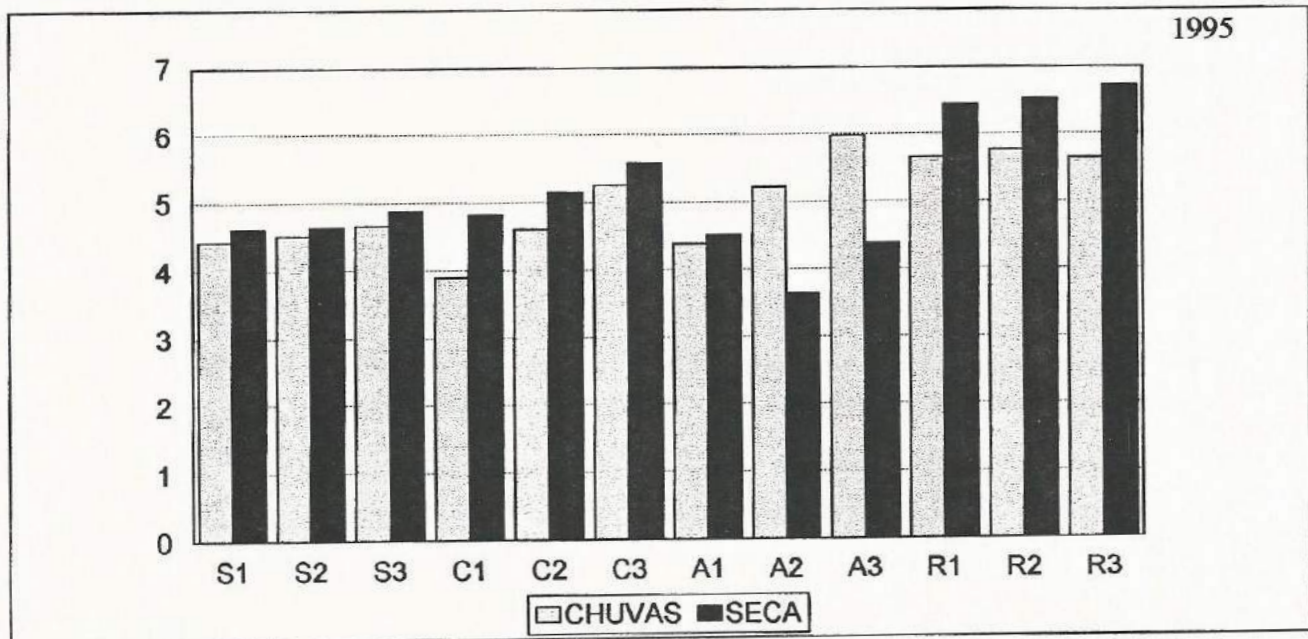
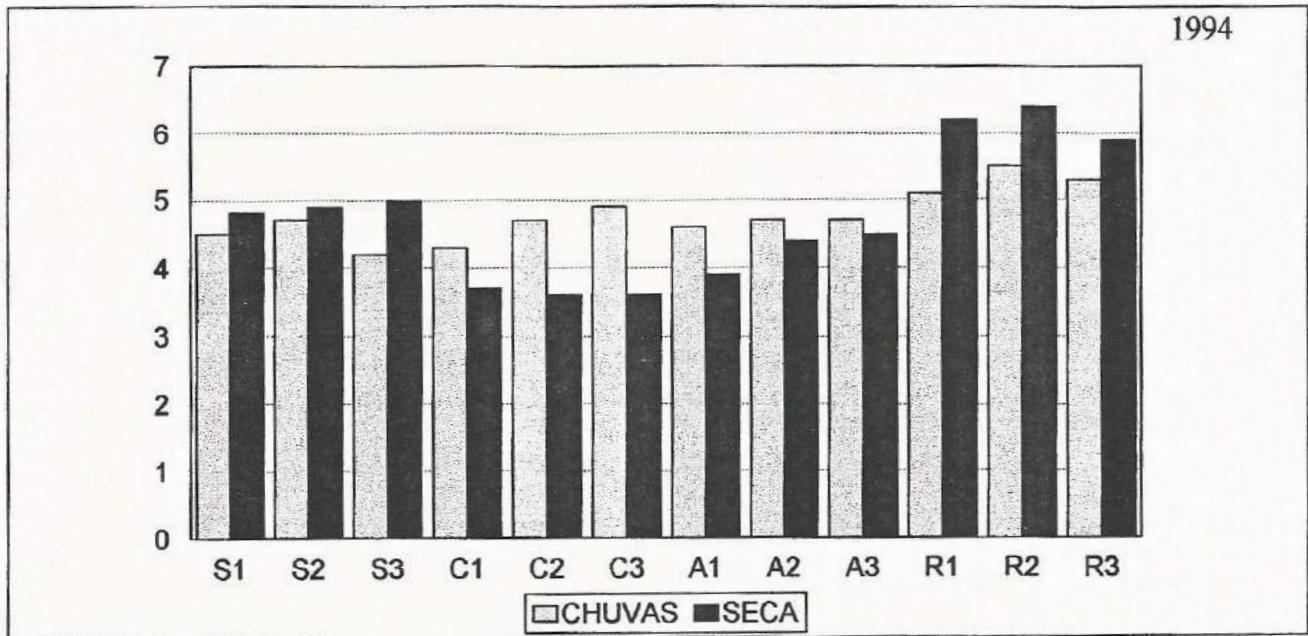


Figura 05: Variação de pH do fundo da coluna d'água nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).



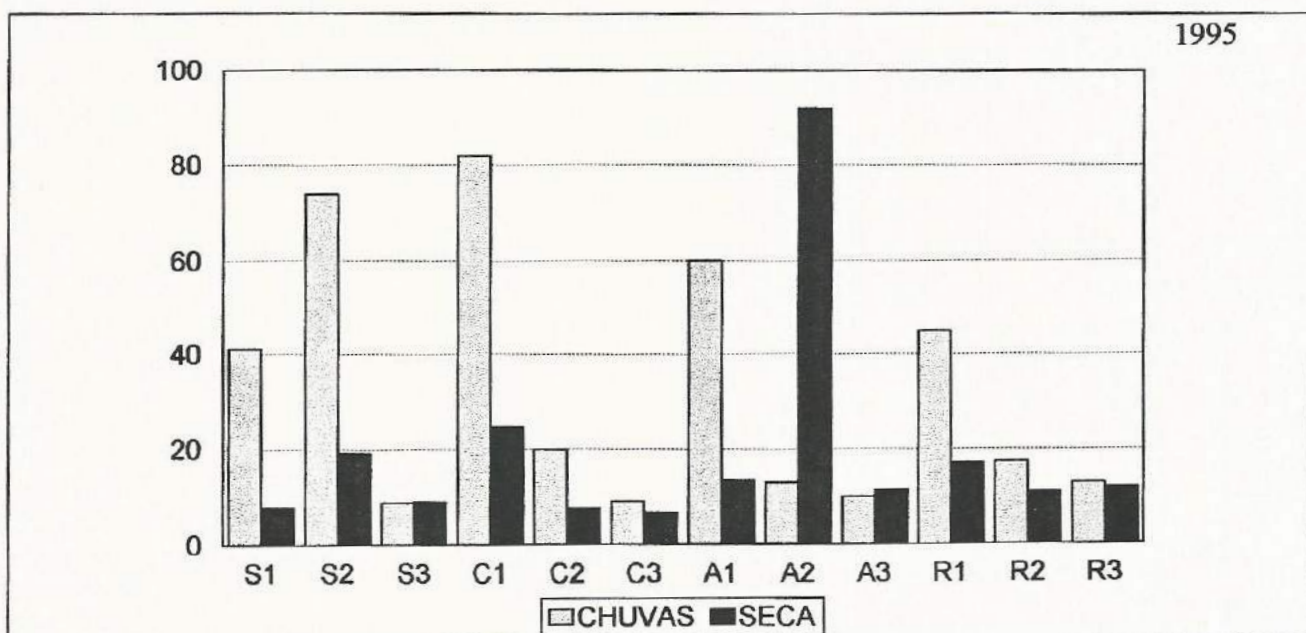
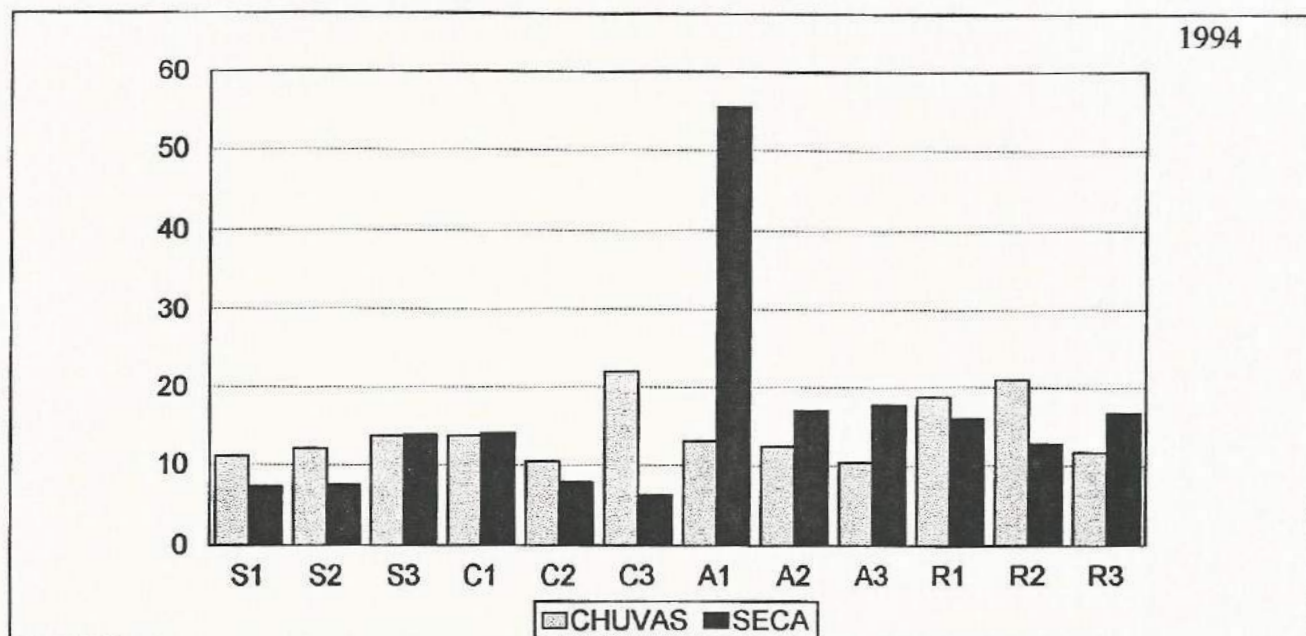


Figura 06: Variação de condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) do fundo da coluna d'água nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

### 1.1.3- Oxigênio dissolvido

No primeiro ano de coletas, no período de chuvas, foram encontrados menores teores de oxigênio dissolvido nas estações Saracá-2, Caranã-1 e Caranã-2, localizadas nos trechos represados destes ecossistemas. Nas estações amostrais do igarapé Água Fria foram observados os menores teores de oxigênio dissolvido na camada inferior da coluna d'água, próximo ao sedimento, no primeiro ano de estudos (figura 7).

Ao longo das coletas, os valores de porcentagem de oxigênio dissolvido na camada inferior da coluna d'água variaram entre 7,65 e 107,04%. No igarapé Saracá, o valor mínimo registrado foi 38% nas chuvas de 1994 e o valor máximo, 101,11 nas chuvas do ano seguinte. No igarapé Caranã, o máximo de oxigênio dissolvido foi 107,04% na seca de 1994 e o mínimo, 31,71% nas chuvas deste mesmo ano. No igarapé Água Fria, 7,65% nas chuvas de 1994 e 102,92% nas chuvas do ano seguinte. No rio Trombetas, 73,02% nas chuvas de 1994 e 105,23% nas chuvas de 1995.

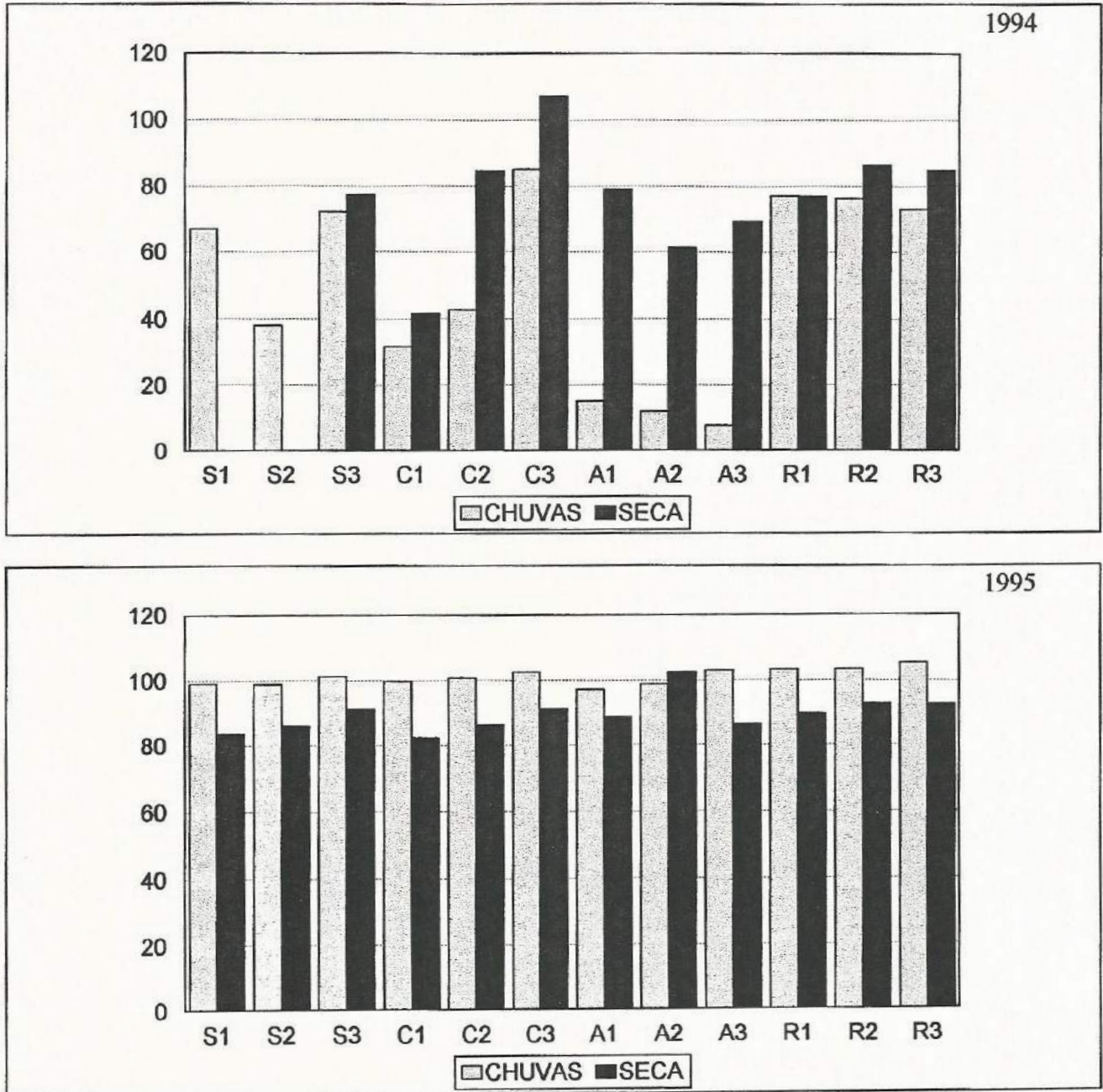


Figura 07: Variação de oxigênio dissolvido (% saturação) do fundo da coluna d'água nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

## 1.2- Variáveis abióticas no sedimento

### 1.2.1- P-disponível, N-total e C-orgânico

Quanto aos teores de P-disponível, N-total e C-orgânico no sedimento foi observado que nas estações localizadas nos trechos represados dos igarapés Saracá e Caranã foram encontradas maiores concentrações, como nas estações Saracá-2 e Caranã-2 (figuras 8 a 10). Por outro lado, nas estações sob influência do rejeito de bauxita, além da estação rio Trombetas-2, com minério de bauxita, foram encontrados menores teores de nutrientes no sedimento.

No ano de 1994, na estação Saracá-3, no período de chuvas, foi obtido o maior valor de P-disponível no sedimento, seguido da estação rio Trombetas-3 na seca; Caranã-2 e Água Fria-2. Os menores teores foram obtidos nas estações Caranã-3 e rio Trombetas-2.

Os resultados de P-disponível no sedimento obtidos no segundo ano de estudos foram coerentes com aqueles do ano anterior. No período de chuvas, o maior valor encontrado foi na estação Água Fria-1, seguida das estações rio Trombetas-1 e rio Trombetas-3. Por outro lado, foram encontradas baixas concentrações nas estações amostrais com presença de minério ou rejeito de bauxita no sedimento, como nas estações Caranã-3, Água Fria-2 e rio Trombetas-2. No período de seca, novamente os maiores valores foram encontrados nas estações rio Trombetas-1 e rio Trombetas-3. Nas estações com presença de bauxita, foram encontradas as menores concentrações de P-disponível.

Padrão semelhante foi observado quanto aos teores de N-total. Na estação Saracá-2 foram encontrados os maiores teores em 1994. No igarapé Caranã foi observado um gradiente decrescente nas estações 1, 2 e 3, tendo sido encontrados os menores teores, mais uma vez, na estação 3. No igarapé Água Fria, foram registrados os menores teores na estação 3, próximo à confluência com o rio Trombetas. No rio Trombetas, novamente na estação 2 foram registrados os menores valores, seguida das estações 1 e 3.

Em 1995, foi evidenciado que no período de chuvas os maiores valores foram encontrados na estação Saracá-2 e Água Fria-1. No período de seca, as maiores concentrações foram encontradas nas estações rio Trombetas-1 e rio Trombetas-3. Em ambos os períodos de coleta, as menores concentrações ocorreram nas estações Caranã-3, Água Fria-2 e rio Trombetas-2.

A distribuição dos teores de C-orgânico nas amostras das estações estudadas em 1994 corroboram os resultados obtidos de P-disponível e N-total. Os maiores valores foram encontrados nas estações Saracá-2 e Água Fria-2. No igarapé Caranã uma vez mais houve a presença de um gradiente onde quanto mais distante do ponto onde outrora foi o lançamento do rejeito de lavagem de bauxita, maiores os teores de C-orgânico. Deve-se destacar ainda que nas estações Caranã-3 e rio Trombetas-2, no período de chuvas, não foi detectado C-orgânico no sedimento.

Quanto aos valores obtidos em 1995, aparentemente não foi observado um padrão semelhante àqueles obtidos para N-total e P-disponível. No período de chuvas, nas estações Saracá-2 e Água Fria-1 foram obtidos os valores mais elevados. Não foi detectado nas estações Caranã-1, Caranã-3 e rio Trombetas-2, devendo-se chamar atenção para o baixo resultado na estação Água Fria-2. No período de seca, os maiores resultados ocorreram nas estações rio Trombetas-1, rio Trombetas-3, Caranã-2 e Saracá-2. Por outro lado, os menores valores foram obtidos nas estações Saracá-1, Saracá-3, Caranã-1 e Água Fria-2.

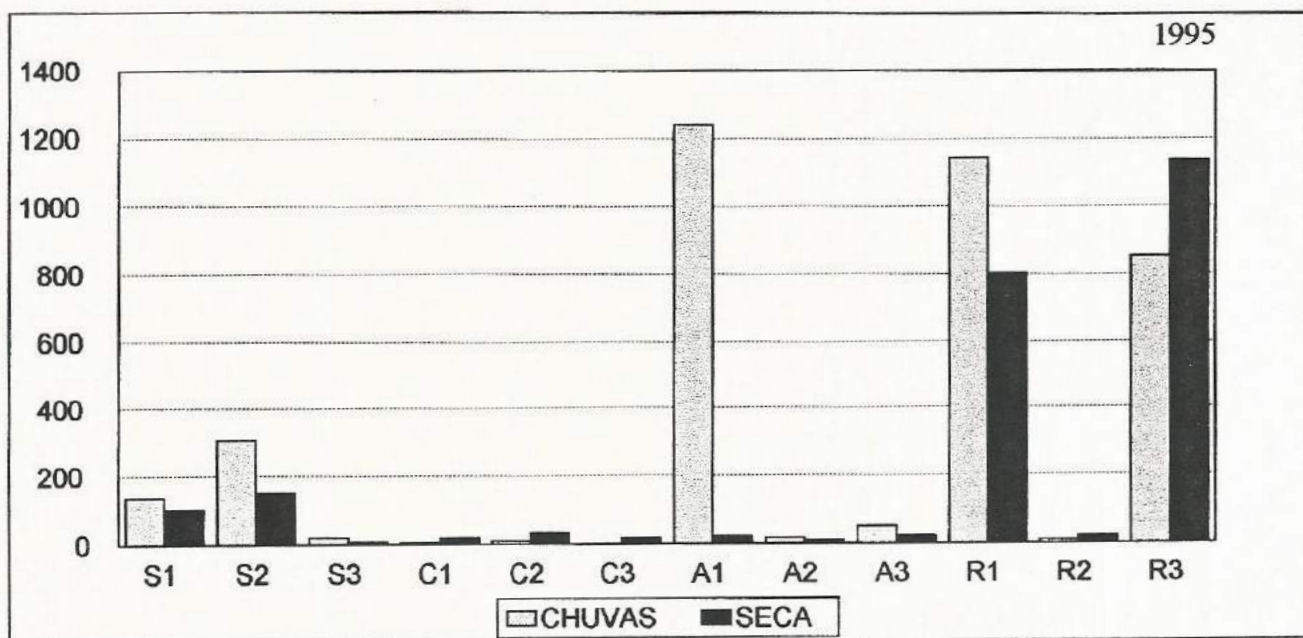
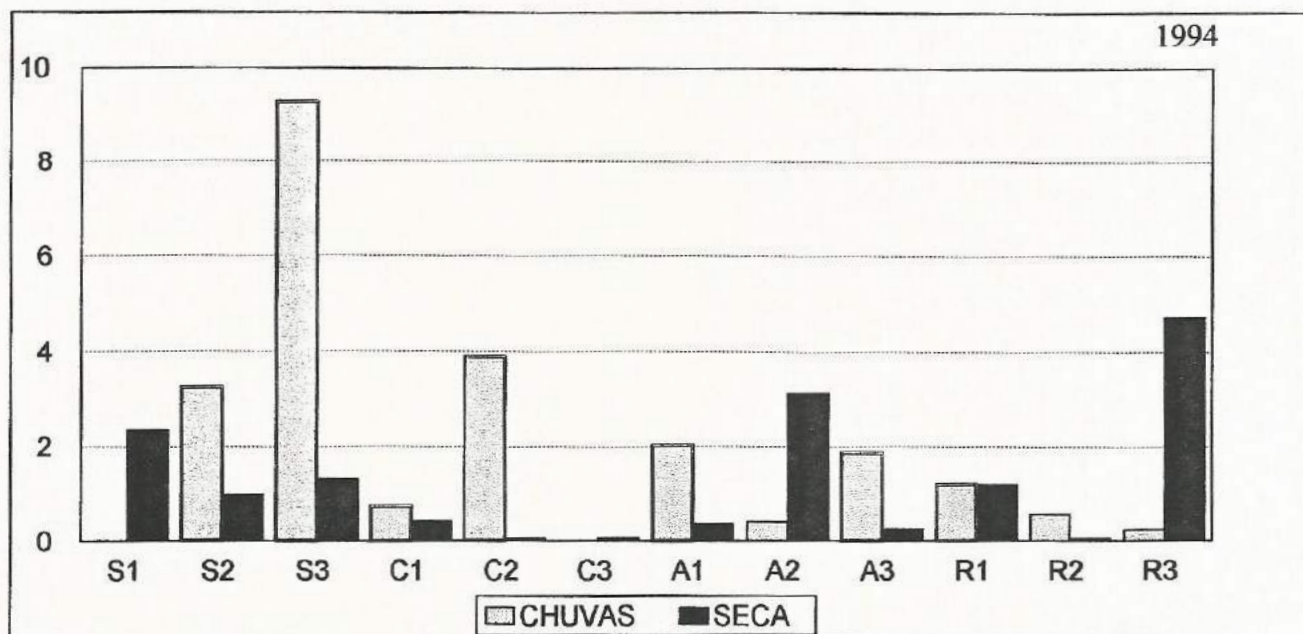


Figura 08: Variação dos teores de P-disponível no sedimento ( $\mu\text{mol/g}$ ) nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

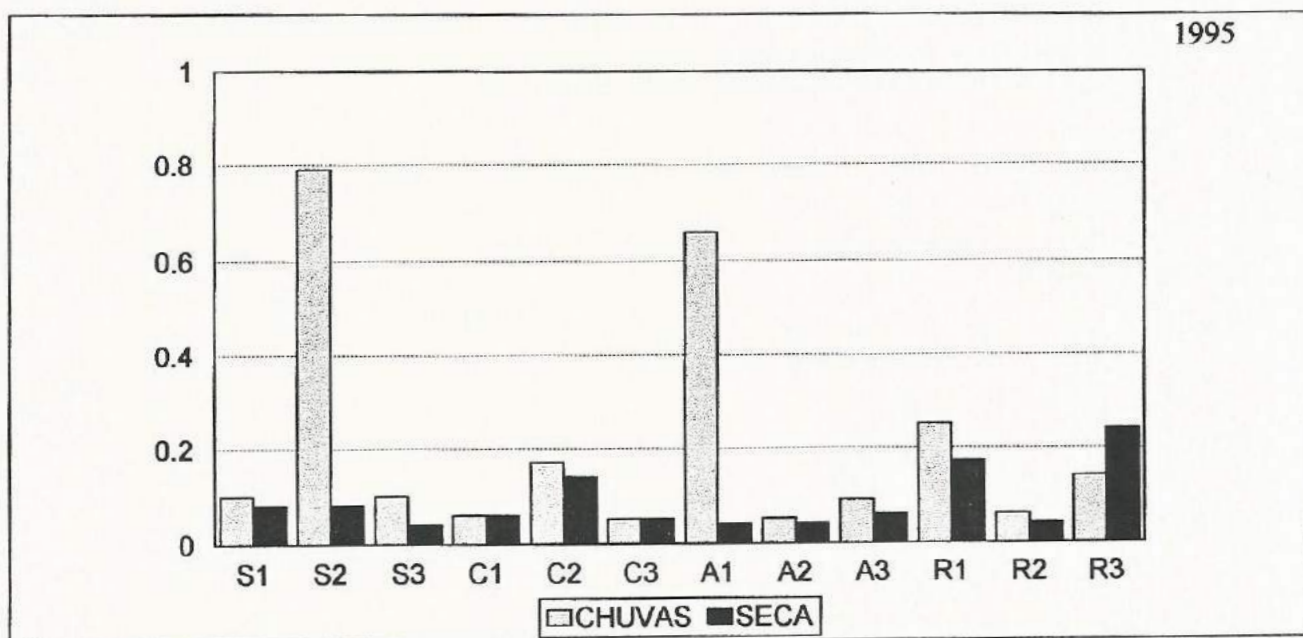
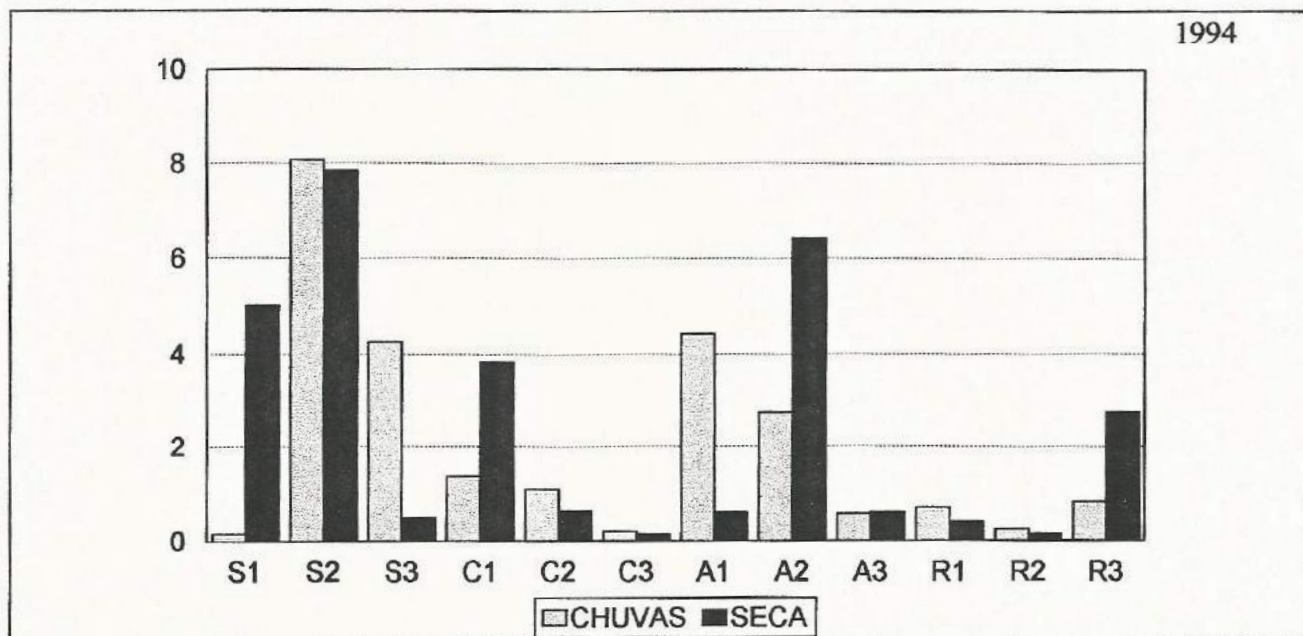


Figura 09: Variação dos teores de N-total no sedimento (mmol/g) nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

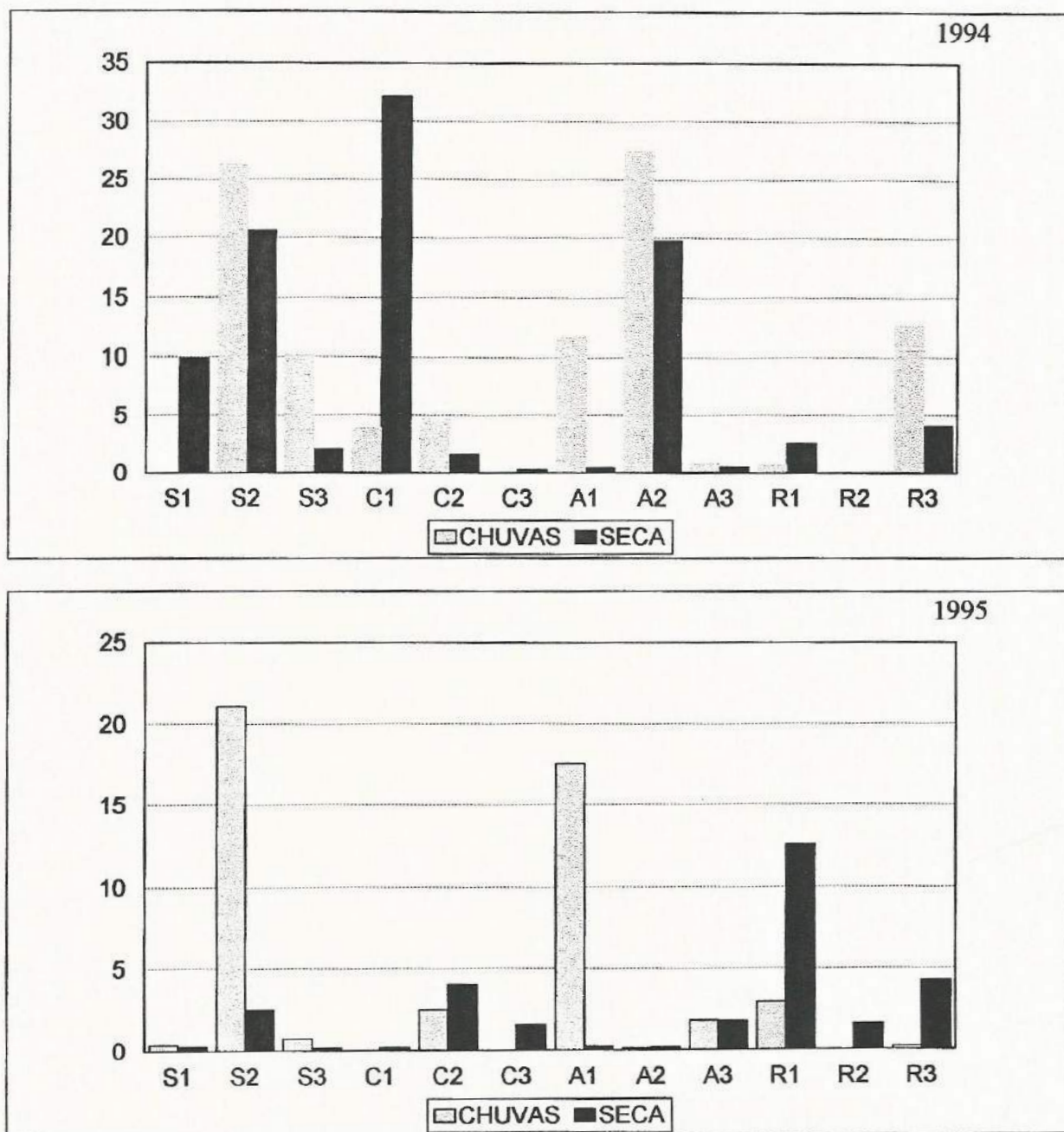


Figura 10: Variação dos teores de C-orgânico no sedimento (mmol/g) nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).



### 1.2.2- Composição granulométrica

Os resultados da análise da composição granulométrica das amostras de sedimento são apresentados na figura 11.

Foram evidenciados no período de chuvas de 1994 dois grupos distintos. O primeiro, com o sedimento formado basicamente por areias e seixos, englobando as estações Saracá-1, Água Fria-1, Água Fria-2, Água Fria-3, rio Trombetas-1 e rio Trombetas-2. O segundo grupo apresentou-se formado por cerca de 70% de siltes e 30% de argilas e englobou as demais estações amostrais. No período de seca, apenas a estação Água Fria-2 apresentou sedimento formado por cerca de 60% de siltes e 40% de argilas. Todas as outras estações apresentaram o predomínio (acima de 95%) de areias e seixos (tabelas 7 e 8).

No segundo ano de coletas no período de chuvas foi observada a formação de três grupos de estações amostrais, quanto à distribuição granulométrica. O primeiro, com sedimentos formados apenas por siltes e argilas, na proporção de 50% para cada, englobando as estações Caranã-2 e Água Fria-1. O segundo grupo apresentou-se com sedimento composto por areias, seixos e siltes (com menos de 5% de argilas), englobando as estações Saracá-1, Saracá-2, Caranã-1, Água Fria-2 e rio Trombetas-2. Ao terceiro grupo pertenceram as demais estações com o sedimento composto por areias, seixos, siltes e argilas, em proporções aproximadas. No entanto, no período de seca houve uma repetição do padrão observado no ano anterior, havendo o predomínio acima de 90% de areias e seixos na grande maioria das estações amostrais, exceto nas estações Caranã-2 e Caranã-3, formadas basicamente por siltes e argilas.

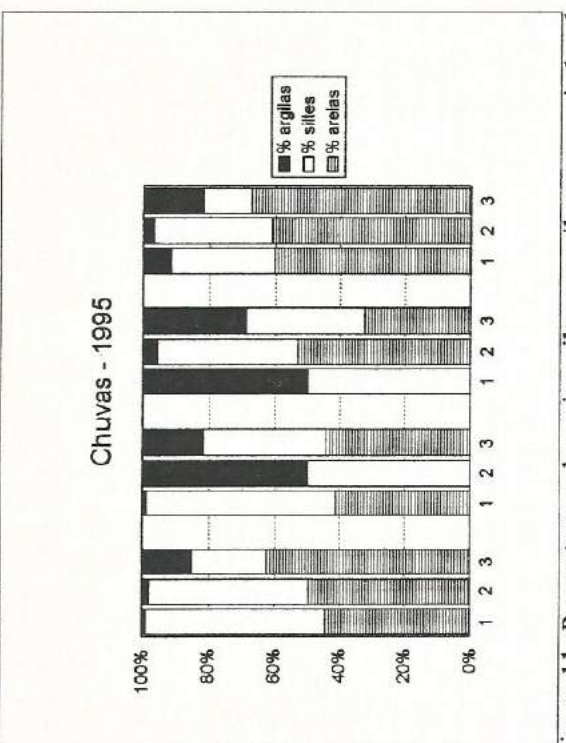
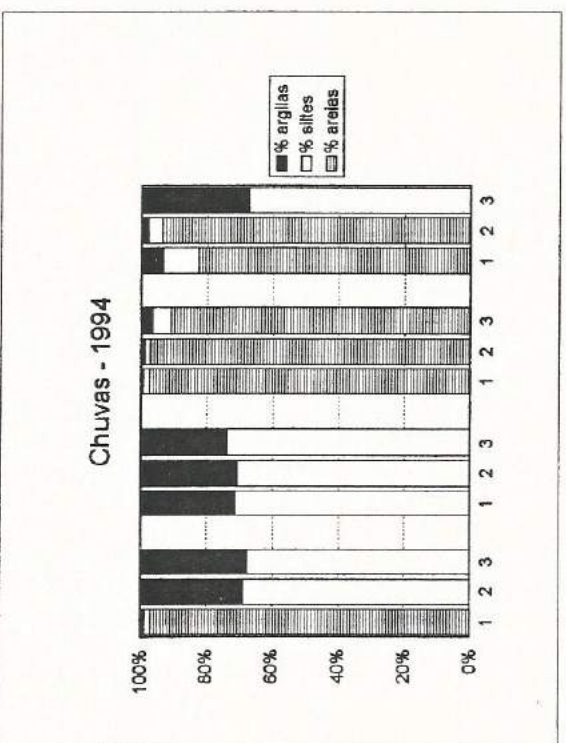
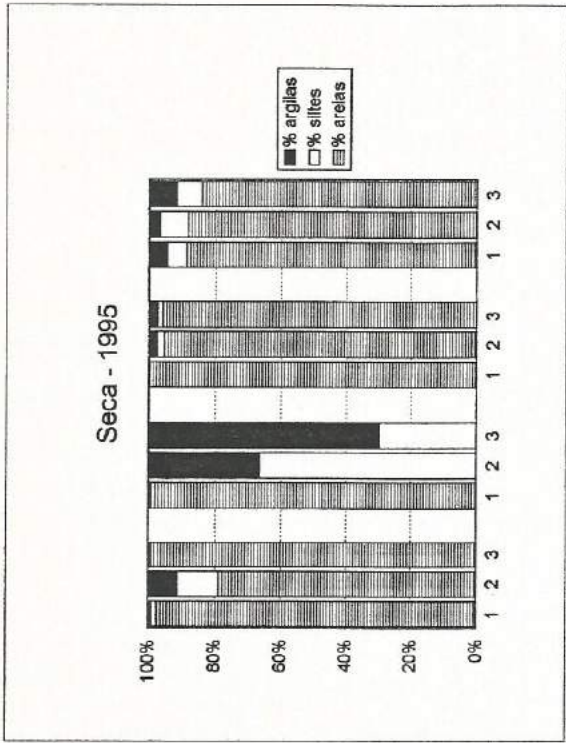
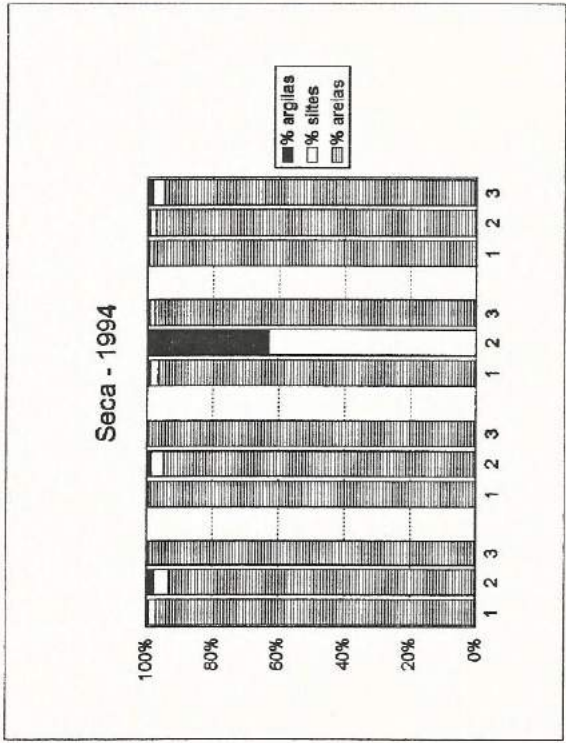


Figura 11: Porcentagem de areias, siltes e argilas, nos períodos de chuvas e seca dos anos de 1994 e 1995, nas três estações estudadas dos igarapes Saraca, Carana, Agua Fria e rio Trombetas (nesta ordem, respectivamente 1, 2 e 3, da esquerda para a direita, em cada gráfico).

## 2- Estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos

### 2.1- Densidade de organismos e dominância relativa dos taxa dominantes

Nas tabelas 9 a 16 são apresentados os dados de densidade de organismos em indivíduos por metro quadrado ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) e dominância relativa ( $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) nas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas, nos anos de 1994 e 1995.

Nas estações amostrais do igarapé Saracá, no período de chuvas de 1994 foi observado o predomínio de larvas de Chironomidae (Diptera), especialmente da subfamília Chironominae (50, 46 e 88 %, respectivamente nas três estações). Na estação 2, localizada no trecho represado do igarapé foram também encontrados Oligochaeta (44 %). Na estação 3 houve o registro de *Zenithoptera* (Libellulidae, Odonata), além de larvas de Trichoptera. No período de seca deste mesmo ano, a família Chironomidae dominou numericamente apenas nas estações 1 e 2 (55 e 26 %, respectivamente), enquanto que na estação 3, houve o predomínio de ninfas de Trichoptera (39 %). Foram encontrados dois morfotipos de larvas de Chaoboridae (Diptera, Insecta) na estação 2 e ninfas de *Idiataphe* (Libellulidae: Odonata). Adultos de Oligochaeta foram encontrados nas três estações, mas com baixas densidades (40, 64 e 64  $\text{ind}/\text{m}^2$ ). Nas estações 2 e 3 foram encontradas ninfas de *Campsurus* (Polymitarcyidae, Ephemeroptera).

No período de chuvas de 1995 foram evidenciados dois padrões de estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostrais do igarapé Saracá. Na estação Saracá-1 houve o predomínio de larvas de gêneros de Chironominae. Nas estações Saracá-2 e Saracá-3, foi constatado o predomínio de Oligochaeta (77 e 68 %). Larvas de Chaoboridae foram encontradas apenas na estação 2 e ninfas de Odonata da família Gomphidae, somente na estação 3. No período de seca deste mesmo ano, uma vez mais as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas três estações amostrais do igarapé Saracá distribuíram-se de forma diferenciada. Na estação Saracá-1 houve novamente o predomínio de larvas de Chironominae (65 %); na estação Saracá-2, larvas de Chironominae e Orthoclaadiinae, além de larvas de Chaoboridae; e na estação Saracá-3, Oligochaeta (60 %).

Nas estações amostrais do igarapé Caranã, no período de chuvas de 1994 foi observado padrão semelhante na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações 1 e 2, tendo sido encontradas apenas as famílias Chironomidae (95 e 81 %, respectivamente) e Chaoboridae (5 e 19 %). No entanto, na estação Caranã-3, localizada no trecho onde outrora era lançado o rejeito de lavagem de bauxita, não foram encontrados macroinvertebrados. Nas coletas realizadas no período de seca deste mesmo ano, foi evidenciado um padrão de estrutura de comunidade diferente nas estações 1 e 2, com o predomínio de Oligochaeta na estação Caranã-1 e larvas de Chironominae na estação 2. Foi também registrada a ocorrência de casulos vazios de larvas de Trichoptera, além de ninfas de Homoptera e Coleoptera. Na estação Caranã-3, apenas larvas da subfamília Chironominae foram encontrados.

No período de chuvas de 1995 os macroinvertebrados bentônicos distribuíram-se de forma semelhante ao que havia sido encontrado no ano anterior nas três estações amostrais do igarapé Caranã. A distribuição da macrofauna nas estações 1 e 2 teve o predomínio de larvas de Chironomidae e adultos de Oligochaeta. Na estação Caranã-3 novamente não foram encontrados organismos bentônicos. Por outro lado, nas amostragens realizadas no período de seca foi constatado o predomínio de larvas de Chironomidae nas três estações amostrais. Nas estações Caranã-1 e Caranã-2 foi registrada a ocorrência de casulos vazios de larvas de Trichoptera e Oligochaeta (32 ind/m<sup>2</sup>, em ambas). Na estação 1 ocorreram também larvas de Ceratopogonidae (24 ind/m<sup>2</sup>) e ninfas de Odonata, família Libellulidae.

Nas coletas realizadas no igarapé Água Fria, no período de chuvas de 1994, foram registrados os maiores valores de densidade de larvas de Chaoboridae, nas estações 1 e 2, pertencentes a dois morfotipos (240 e 320 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente). Na estação 3 não foram encontrados macroinvertebrados bentônicos. Por outro lado, no período de seca deste mesmo ano, a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foi totalmente diferenciada. Foram encontradas elevadas densidades de larvas de Chironomidae nas três estações amostrais. Foram registradas também ninfas do Ephemeroptera *Campsurus* nas estações 2 e 3.

Nas coletas realizadas no período de chuvas de 1995 no igarapé Água Fria foi evidenciada a presença de larvas de Chaoboridae, dominantes nas estações 1 e 2 (50 e 89 %, respectivamente). Nas

estações 1 e 3, 33 e 23 % da fauna bentônica foi constituída por Oligochaeta adultos. No período de seca deste mesmo ano, Oligochaeta dominou nas estações 1 e 3 (67 e 100 %) e larvas de Chironominae na estação 2 (90 %).

Nas coletas realizadas no rio Trombetas no período de chuvas de 1994 foi evidenciado o predomínio de larvas de Chironomidae na estação 1 (38,4 % ind/m<sup>2</sup>). Por outro lado, nas estações 2 e 3, os Oligochaeta adultos dominaram com 61 e 40 % da macrofauna. No período de seca foi observado que a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foi diferenciada: nas estações 1 e 3, Oligochaeta; na estação 2, larvas de Chironomidae.

No segundo ano de coletas no rio Trombetas, durante o período de chuvas, foi observado o predomínio de larvas de Chironomidae nas estações amostrais 1 e 3, seguido de Oligochaeta na estação 2. Por outro lado, no período de seca deste mesmo ano, a macrofauna das estações 1 e 3 foram dominadas numericamente por Oligochaeta.

## **2.2- Variação sazonal e interanual das densidades totais nas estações de coleta**

Na figura 12 pode-se observar a variação sazonal e interanual dos valores de densidade total das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas diversas estações amostrais dos ecossistemas estudados nas quatro coletas.

Comparando-se os dois anos de coleta pode-se dizer que, de uma maneira geral, em 1994 os valores de densidade total foram representativamente maiores no período de seca, exceto nas estações Saracá-2 e Caraná-2, localizadas em um trecho represado pela construção da rodoferrovia, além da estação rio Trombetas-2. Por outro lado, nas coletas realizadas no ano de 1995, as diferenças entre os dois períodos de amostragem, considerando-se uma mesma estação amostral não foram representativas. No entanto, deve-se destacar a expressiva diferença observada nos valores obtidos na estação Saracá-3.

Analisando-se as estações amostrais do igarapé Caraná, pôde-se observar que na estação 3, localizada no local onde outrora ocorrera o lançamento de rejeito de lavagem de bauxita, foram

observadas as menores densidades totais de macroinvertebrados bentônicos. Esta diferença não foi tão nítida nas estações Água Fria-2 e rio Trombetas-2, também com presença de bauxita (rejeito e minério, respectivamente) no sedimento.

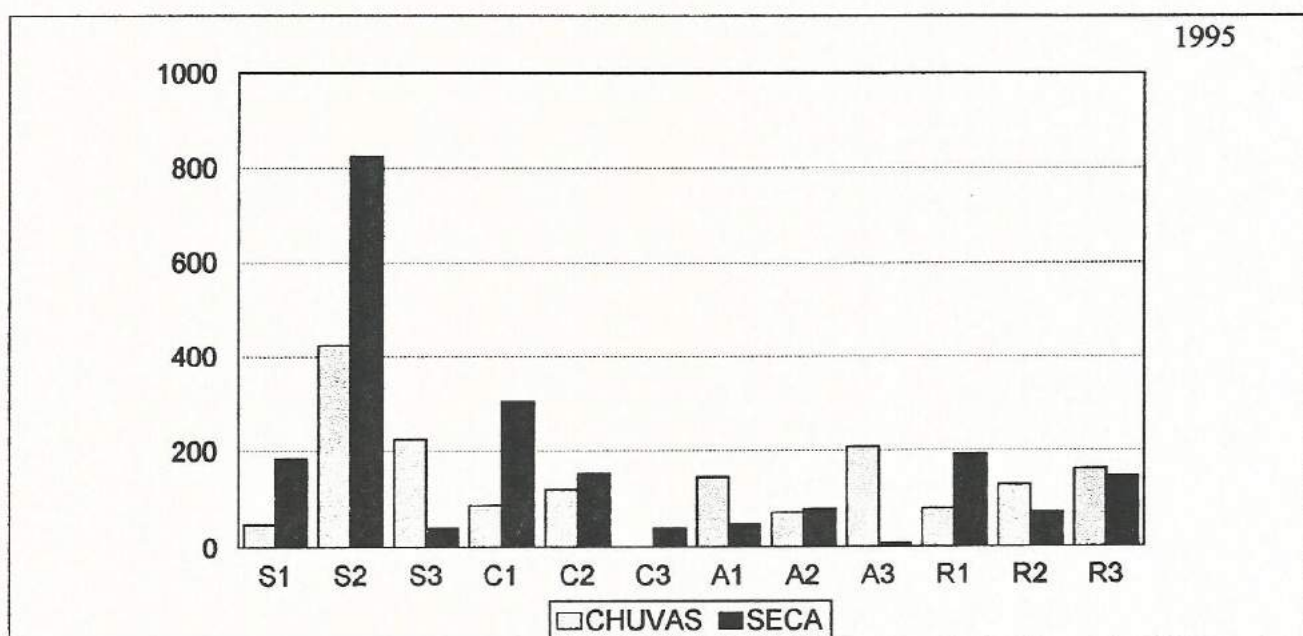
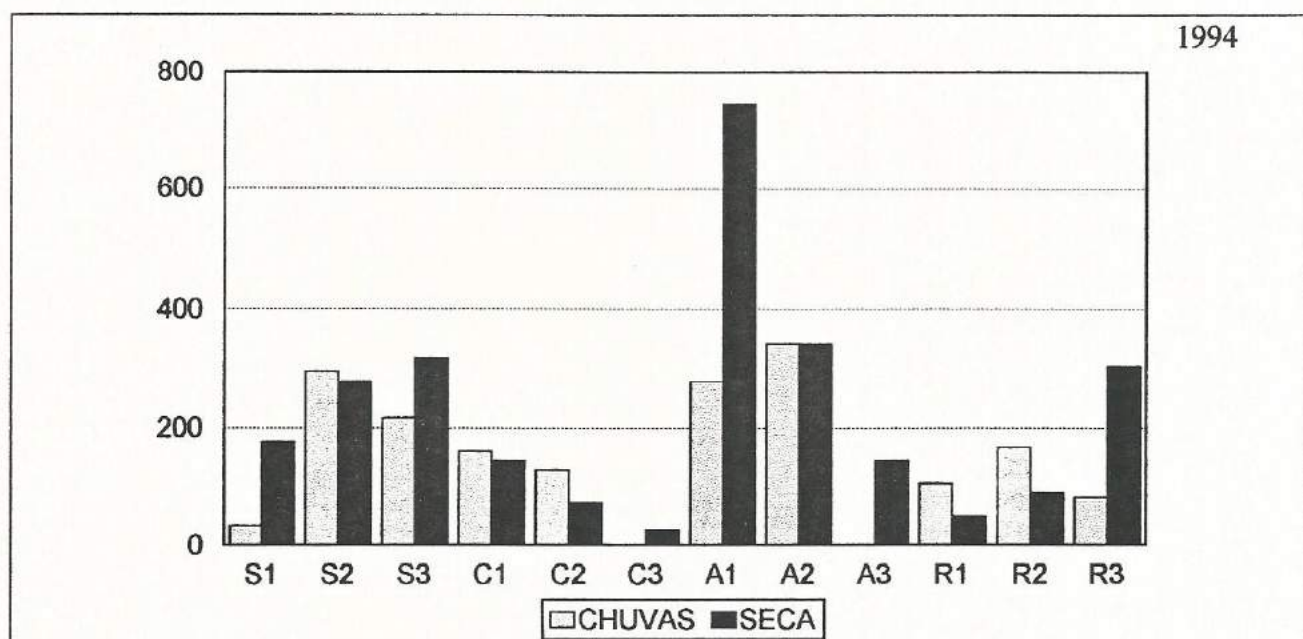


Figura 12: Densidade total de macroinvertebrados bentônicos nos períodos de chuvas e seca nos anos de 1994 e 1995 nos ecossistemas estudados. (S1: Saracá-1; S2: Saracá-2; S3: Saracá-3; C1: Caranã-1; C2: Caranã-2; C3: Caranã-3; A1: Água Fria-1; A2: Água Fria-2; A3: Água Fria-3; R1: Rio Trombetas-1; R2: Rio Trombetas-2; R3: Rio Trombetas-3).

### 2.3- Hábitos alimentares e guildas tróficas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos

A figura 13 apresenta a distribuição dos macroinvertebrados coletados nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas (tabelas 17 e 18).

Como fragmentadores foram classificados alguns gêneros de Chironominae e Orthoclaadiinae (Chironomidae, Diptera), larvas de Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera e adultos de Oligochaeta e o Polychaeta *Namalycastis abiuma*. Como coletores, alguns Chironominae e Trichoptera. Os raspadores englobaram alguns Chironominae, Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera (larvas) e adultos de Oligochaeta. Os carnívoros foram as larvas de Tanypodinae, Chaoboridae, ninfas de Odonata, Coleoptera e Trichoptera. Muitas vezes, Tanypodinae e Chaoboridae apresentam alimentação variada (carnívora-herbívora) e possuem hábitos coletores (gatherers). Não foram encontrados organismos filtradores nos ecossistemas estudados.

No período de chuvas de 1994, nas estações amostrais do igarapé Saracá foi observado o predomínio de carnívoros na estação 1, fragmentadores e raspadores na estação 2 e fragmentadores na estação 3. No igarapé Caranã, na estação 1 houve equivalência no número de fragmentadores, coletores e raspadores. Na estação 2 houve o predomínio dos fragmentadores e na estação 3, não foram encontrados organismos bentônicos. No igarapé Água Fria, nas estações 1 e 2, a guilda dos carnívoros foi dominante, principalmente devido às larvas de Chaoboridae. Na estação 3, não foram encontrados macroinvertebrados bentônicos. Nas estações 1 e 2 do rio Trombetas foi observado o maior número de fragmentadores e raspadores; na estação 3, fragmentadores e raspadores.

No período de seca de 1994, no igarapé Saracá foi observado o predomínio de fragmentadores e raspadores nas estações 1 e 3; na estação 2 predominaram os carnívoros. No igarapé Caranã constatou-se o predomínio de fragmentadores e raspadores na estação 1; na estação 2, fragmentadores; estação 3, fragmentadores, coletores e raspadores. No igarapé Água Fria, na estação 1, as guildas com maior números de macroinvertebrados bentônicos foram os fragmentadores, coletores e raspadores; na estação 2, as quatro tiveram mais ou menos o mesmo número de organis-



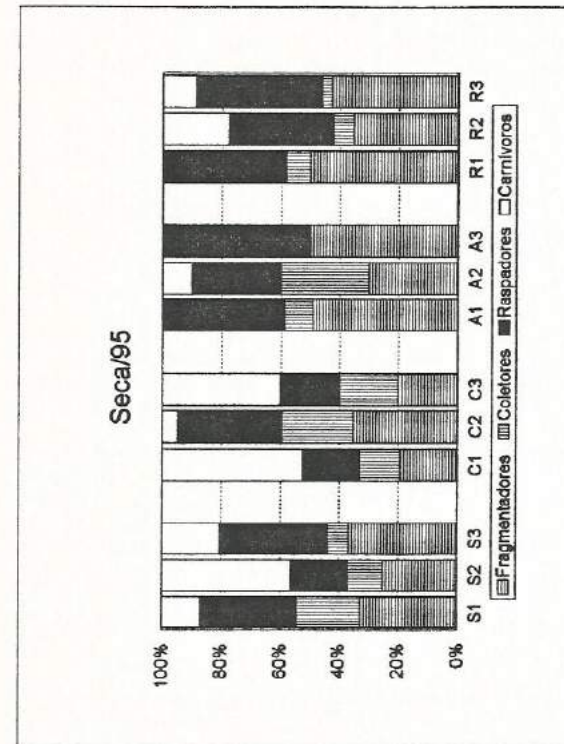
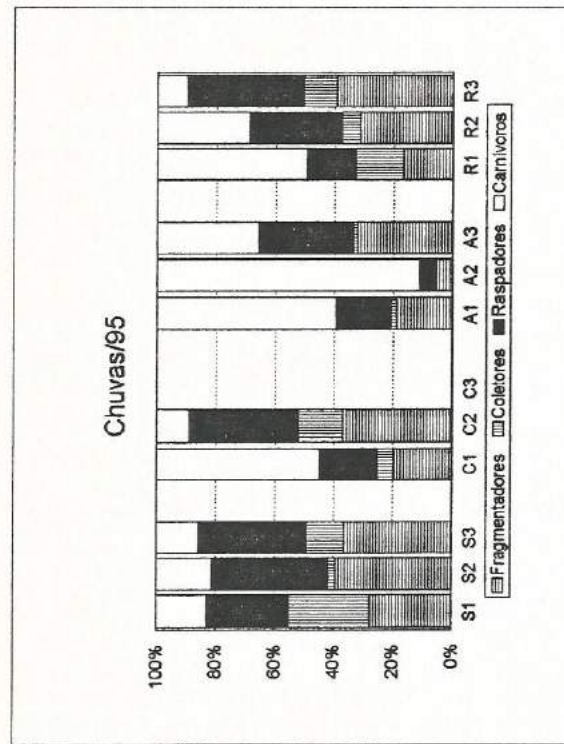
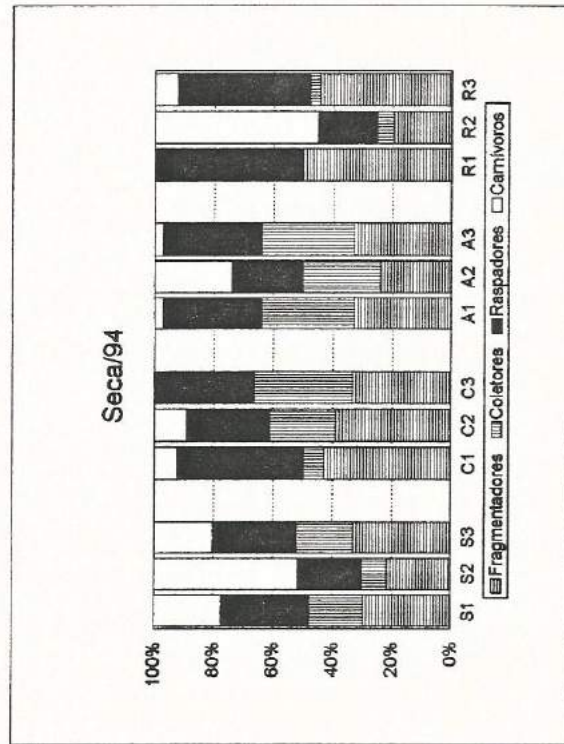
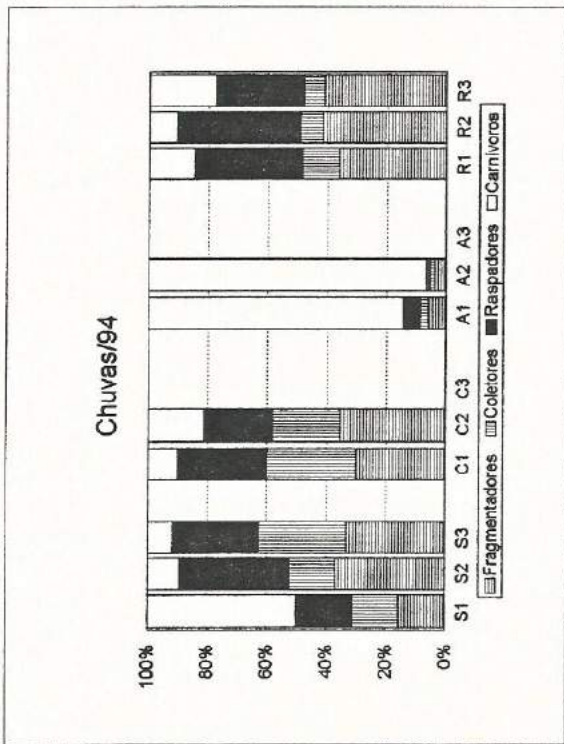


Figura 13: Guildas de fragmentadores, coletores, raspadores e carnívoros nas diversas estações amostrais, nos períodos de chuvas (alto, à esquerda) e seca (baixo, à direita) de 1994 e chuvas (abaixo, à esquerda) e seca (abaixo, à direita) de 1995. (S1, S2, S3: igarapé Saracá; C1, C2, C3: igarapé Caraná; A1, A2, A3: igarapé Água Fria; R1, R2, R3: rio Trombetas).

mos; na estação 3, fragmentadores, coletores e raspadores. No rio Trombetas, na estação 1, fragmentadores e raspadores; na estação 2, carnívoros; na estação 3, fragmentadores e raspadores.

Na coleta realizada no período de chuvas de 1995, na estação 1 do igarapé Saracá, as guildas de fragmentadores, coletores e raspadores apresentaram o mesmo número de organismos; nas estações 2 e 3, predomínio de fragmentadores e raspadores. No igarapé Caranã, os carnívoros predominaram na estação 1; fragmentadores e raspadores na estação 2. Não foram encontrados organismos na estação 3. No igarapé Água Fria a guilda dos carnívoros foi mais numerosa nas três estações amostrais. No rio Trombetas, foi evidenciado o predomínio de carnívoros na estação 1, fragmentadores e raspadores nas estações 2 e 3.

No período de seca de 1995 no igarapé Saracá, fragmentadores e raspadores foram dominantes nas estações 1 e 3; carnívoros na estação 2. No igarapé Caranã, carnívoros nas estações 1 e 3, fragmentadores e raspadores na estação 2. No igarapé Água Fria, fragmentadores e raspadores nas estações 1 e 3, fragmentadores, coletores e raspadores na estação 2. Nas estações amostrais do rio Trombetas, fragmentadores e raspadores predominaram nas três estações amostrais.

#### **2.4- Larvas de Chironomidae bentônicas**

Na figura 14 são apresentados os números de gêneros de Chironomidae identificados e o somatório de densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) nas diversas estações amostrais.

No igarapé Saracá pôde-se constatar que a variação na riqueza de gêneros identificados esteve diretamente relacionada aos valores de densidade de organismos. Especialmente no ano de 1995 foi observado que na estação 2 (localizada em um trecho represado) foi encontrado a maior riqueza de gêneros de Chironomidae, coincidindo com os maiores valores de densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ).

Nas coletas realizadas no ano de 1994 no igarapé Caranã não foi observada uma diferença marcante entre as estações 1 e 2, nem em termos de riqueza taxonômica, nem densidade de organismos. No período de chuvas dos dois anos não foram encontradas larvas de Chironomidae na

estação 3 deste ecossistema. No período de seca de 1995 foi evidenciado um gradiente decrescente tanto de riqueza de gêneros quanto de valores de densidade, nas três estações amostrais.

No igarapé Água Fria, em geral foi encontrada baixa riqueza genérica, associada a baixos valores de densidade de organismos. No entanto, o período de seca de 1994 foi atípico, com alta riqueza de gêneros de Chironomidae e elevadíssimos valores de densidade de organismos.

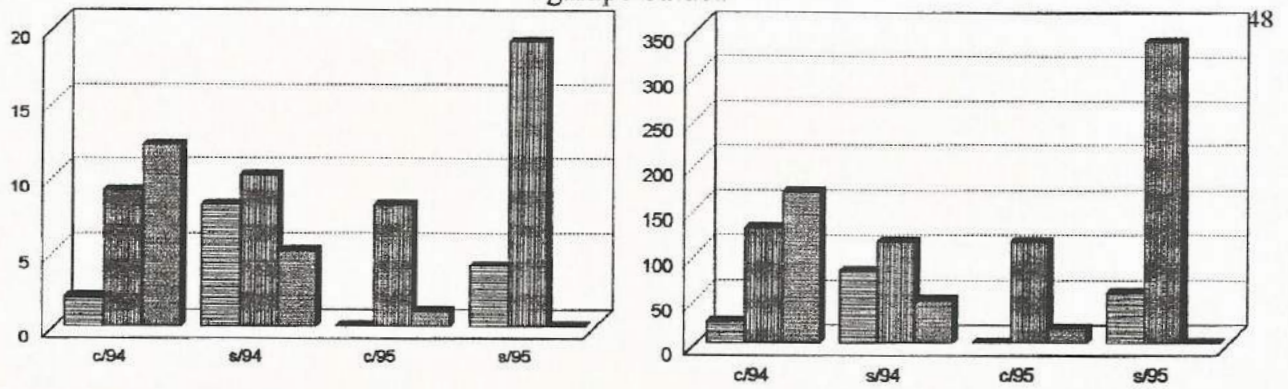
Nas estações amostrais do rio Trombetas foram encontrados poucos gêneros de Chironomidae (máximo de 5), com baixos valores de densidade de larvas de Chironomidae. Dos quatro ecossistemas estudados, o rio Trombetas foi o mais pobre em termos de fauna bentônica de Chironomidae.

As larvas da Família Chironomidae (Diptera, Nematocera) dominaram a fauna de macroinvertebrados bentônicos, na maioria das estações estudadas nos dois anos de coletas. Em geral, a maioria das larvas encontradas pertenceram à subfamília Chironominae, tanto em termos de abundância relativa, quanto em composição taxonômica (figuras 15 e 16). Por outro lado, os Tanypodinae foram dominantes apenas no igarapé Água Fria, no período de chuvas de 1994; no rio Trombetas, no período de seca de 1994; igarapés Saracá e Água Fria, no período de chuvas de 1995.

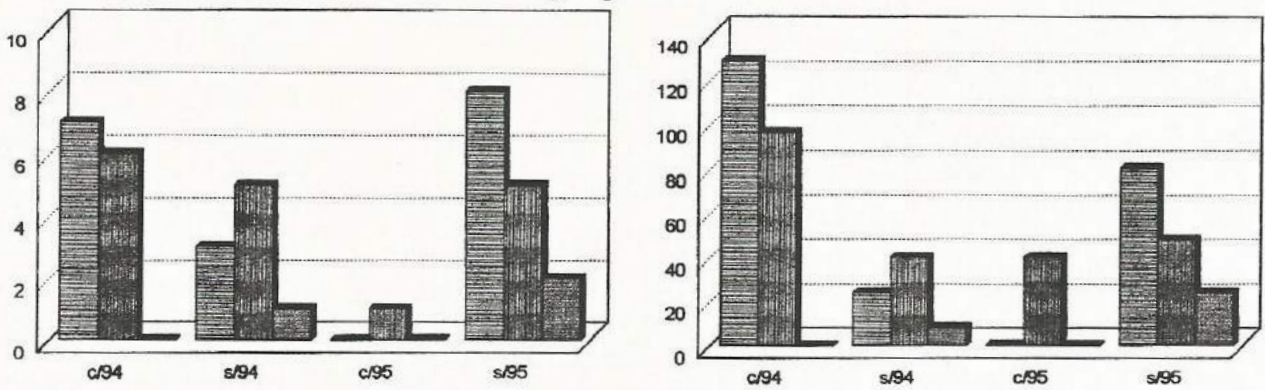
No igarapé Saracá, no período de chuvas de 1994, nas estações 2 e 3 foram encontradas maiores densidades de larvas de Chironomidae, em uma maior riqueza de gêneros, do que na estação 1. Na estação 1 foram registrados apenas os gêneros *Tanytus* spp. e *Cladopelma* sp.; na estação 2 houve o predomínio de *Cladopelma* sp. e *Chironomus* spp.; na estação 3, *Chironomus* spp., *Tribelos* sp., *Stenochironomus* sp. e *Polypedilum* spp..

Na coleta realizada no período de seca neste igarapé foi observada uma drástica alteração na estrutura da fauna de Chironomidae, comparando-se as três estações amostrais. Na estação 1 foi

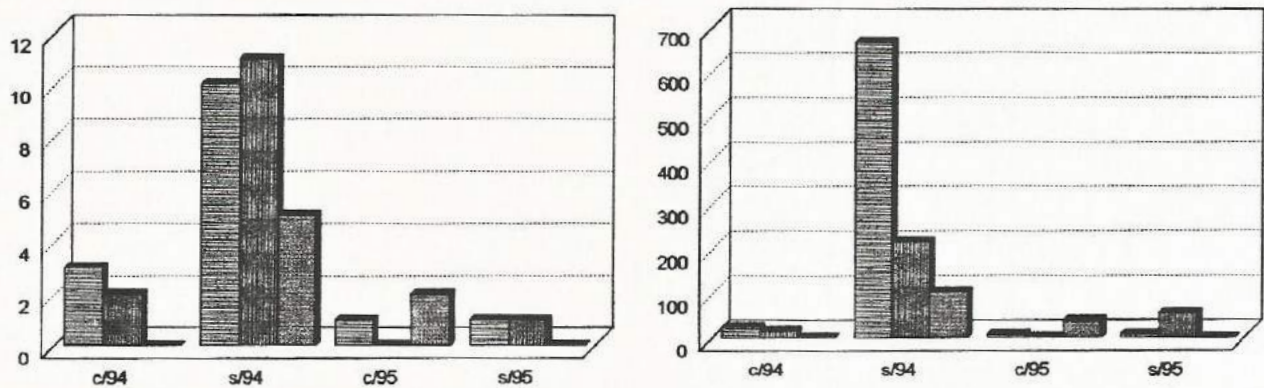
### Igarapé Saracá



### Igarapé Caraná



### Igarapé Água Fria



### Rio Trombetas

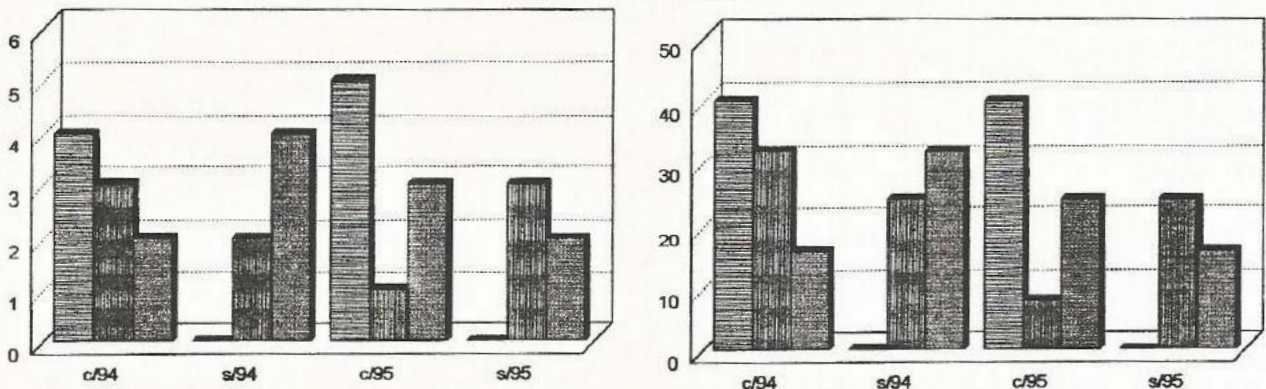
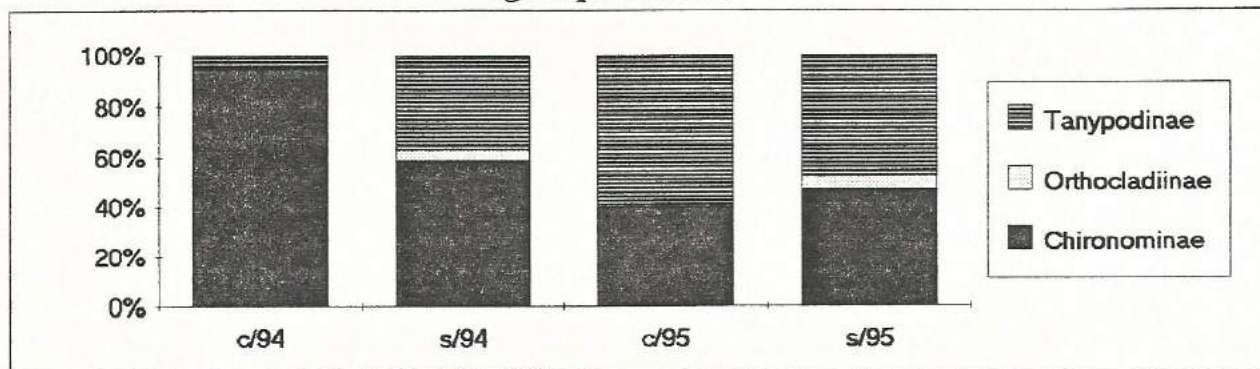
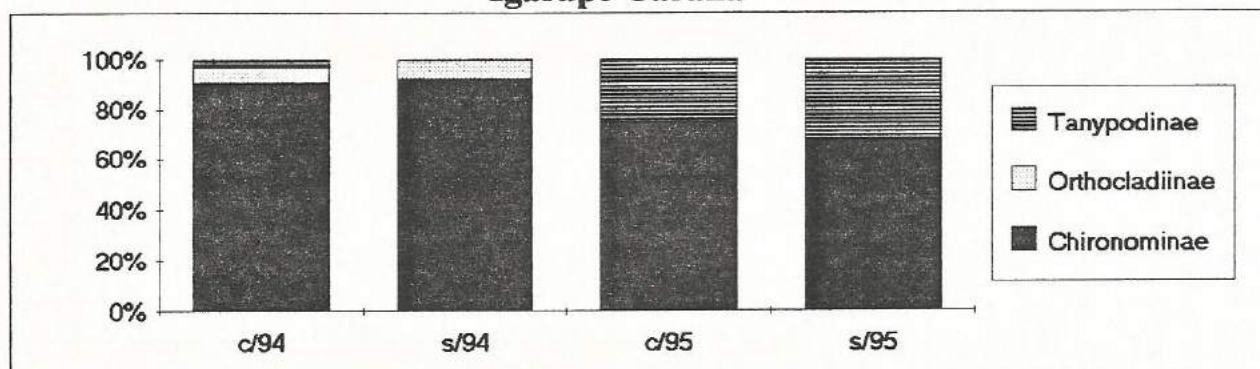


Figura 14: Números de larvas de Chironomidae coletadas nos ecossistemas estudados nos períodos de chuvas e seca de 1994 e 1995. Os gráficos da esquerda apresentam o número de gêneros identificados, os gráficos da direita apresentam os valores de densidade dos gêneros identificados. (em cada gráfico, a sequência de colunas representam as estações amostrais 1, 2 e 3).

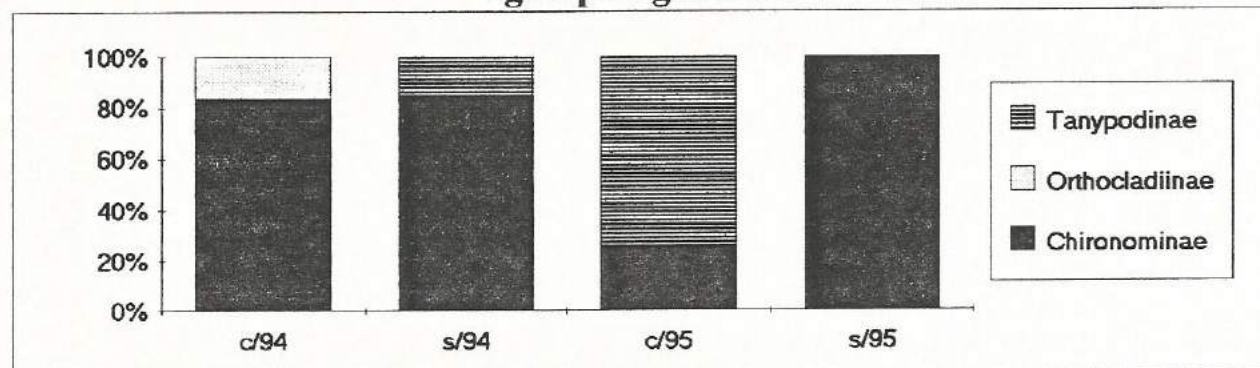
### Igarapé Saracá



### Igarapé Caranã



### Igarapé Água Fria



### Rio Trombetas

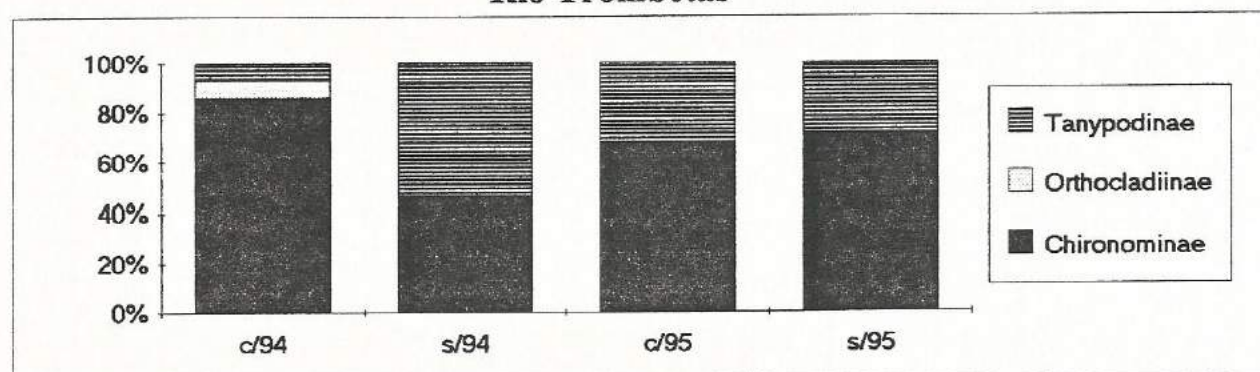
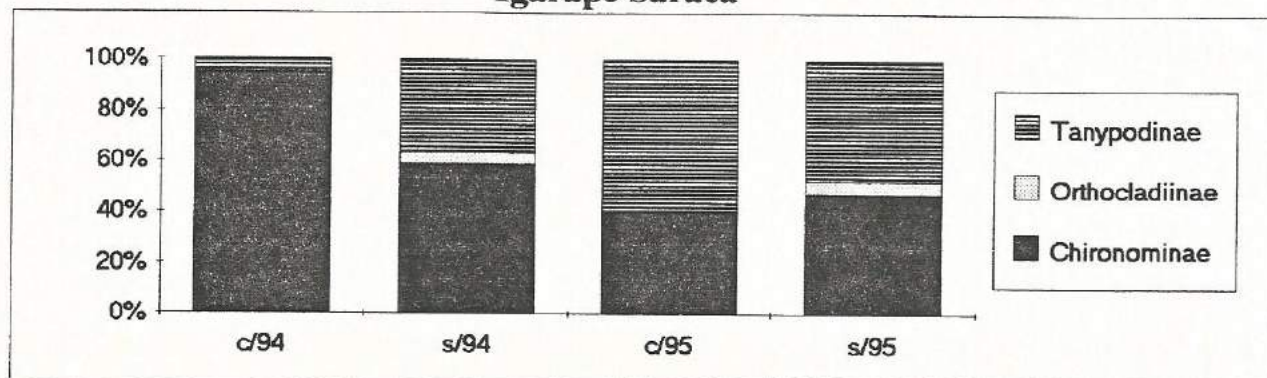
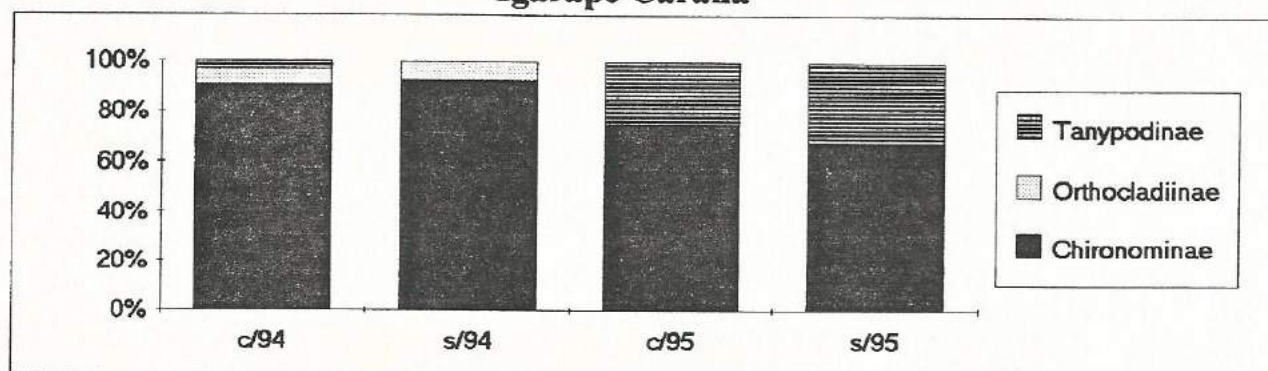


Figura 15: Porcentagem de abundância relativa das larvas de Chironomidae nos ecossistemas estudados, nos períodos de chuvas e seca de 1994 e 1995.

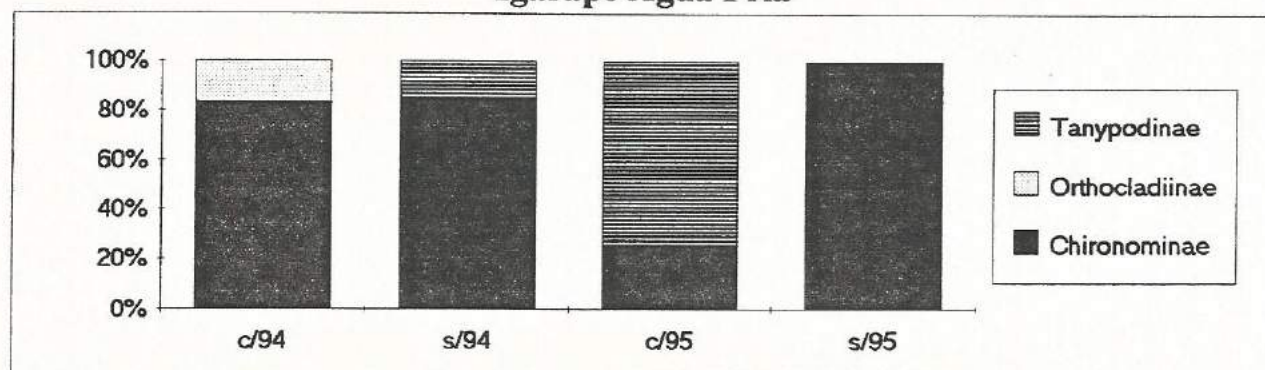
### Igarapé Saracá



### Igarapé Caraná



### Igarapé Água Fria



### Rio Trombetas

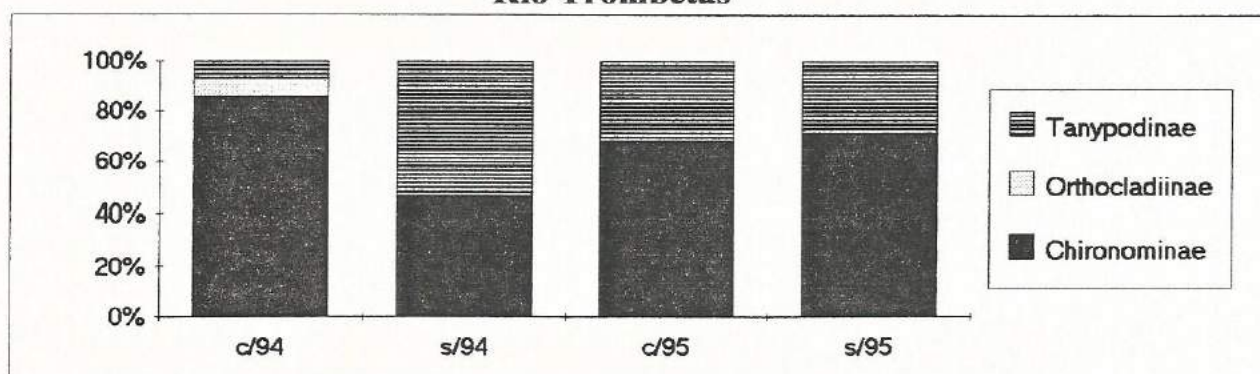


Figura 16: Porcentagem de composição taxonômica das larvas de Chironomidae nos ecossistemas estudados, nos períodos de chuvas e seca de 1994 e 1995.

observada a maior densidade de organismos, seguida das estações 2 e 3. Nas três estações as larvas de *Chironomus* spp. foram importantes numericamente, acompanhadas de *Alotanypus* sp. na estação 1; *Tanypus* sp. e *Parachironomus* sp. na estação 2; *Labrundinia* sp. e *Ablabesmyia* spp. na estação 3. No entanto, pode-se dizer que as densidades nas estações 1 e 2 não foram representativamente distintas, o que refletiria a semelhança entre os dois pontos de coleta.

No segundo ano de coletas no igarapé Saracá, mais uma vez foi observado que a estação 1 (natural) apresentou baixa densidade de larvas de Chironomidae no período de chuvas, com apenas 32 ind/m<sup>2</sup> (pertencentes a gêneros não identificados de Chironomini), tendo aumentado a densidade no período de seca (120 ind/m<sup>2</sup>), tendo sido encontrados os gêneros *Djalmabatista* sp., *Chironomus* spp. e *Endochironomus* sp. Na estação 2 (localizada no trecho represado do igarapé) no período de chuvas foi observado o predomínio de *Tanypus* sp., *Nilothauma* sp., *Chironomus* spp. e *Polypedilum* (*Polypedilum*) sp. Na estação 3 foi encontrado o maior valor de densidade de organismos (1000 ind/m<sup>2</sup>), pertencentes a um gênero não identificado, com base na literatura consultada (EPLER, 1992; 1995; TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995; WIEDERHOLM, 1983). Por outro lado, no período de seca, a maior densidade de larvas de Chironomidae foi observada na estação 2 (represada) com 528 ind/m<sup>2</sup>. Foi observado o predomínio de *Djalmabatista* spp., um gênero de Tanypodini não identificado e *Chironomus* spp..

No igarapé Caraná, nas coletas realizadas no ano de 1994, praticamente não houve diferença quanto à estrutura da fauna de Chironomidae nas estações 1 e 2 (neste primeiro ano, ambas localizavam-se em trechos represados, à montante e à jusante da rodoferrovia). No período de chuvas foi observado o predomínio de exúvias de *Chironomus* spp. e *Polypedilum* spp. na estação 1. Na estação 2, *Parachironomus* sp., *Tribelos* sp. e *Polypedilum* spp.. No período de seca, na estação 1 foram encontrados os gêneros *Chironomus* spp., *Cladopelma* sp. e *Parachironomus* sp., enquanto na estação 2, um gênero próximo a *Thienemanniella* sp., *Chironomus* spp., *Dicrotendipes* sp., *Polypedilum* spp.. Na estação 3, localizada na área que recebeu rejeito de bauxita, no período de chuvas não foram encontradas larvas de Chironomidae e na seca, apenas 24 ind/m<sup>2</sup>.

No segundo ano de coletas no igarapé Caraná, mais uma vez não foram observadas diferenças entre as estações 1 e 2 no período de chuvas. Por outro lado, no período de seca, na

estação 1 foram encontradas 216 ind/m<sup>2</sup> com o predomínio de *Alotanypus* sp., *Djalmabatista* sp., *Chironomus* spp. e um gênero não identificado de Chironomini. Na estação 2 foram encontrados os gêneros *Ablabesmyia* spp., *Goeldichironomus* spp., *Polypedilum* spp., *Stenochironomus* sp. e um gênero não identificado de Chironomini. Na estação 3 houve a repetição do padrão observado no ano anterior, tendo sido constatada a ausência de organismos no período de chuvas e apenas poucas larvas no período de seca (*Ablabesmyia* spp. e *Chironomus* spp.).

No igarapé Água Fria, no ano de 1994, foi observado um padrão totalmente diferenciado nos dois períodos amostrais. No período de chuvas foram encontradas baixas densidades de larvas de Chironomidae nas estações 1 e 2 (24 ind/m<sup>2</sup>). Na estação 1 foram encontradas larvas de *Goeldichironomus holoprasimus*, *Polypedilum* spp. e exúvias de *Goeldichironomus* spp.. Na estação 2, larvas de um gênero não identificado de Orthocladiinae, exúvias de *Chironomus* spp. e *Polypedilum (Polypedilum)* sp.. Na estação 3, não foram encontradas larvas de Chironomidae. No período de seca foi encontrado um gradiente numérico decrescente nas estações 1, 2 e 3 (704, 280 e 112 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente). Na estação 1 predominaram exúvias de *Chironomus* spp., larvas de *Goeldichironomus* spp., *Parachironomus* sp., *Polypedilum* sp. e *Rheotanytarsus* sp. Na estação 2, *Polypedilum* sp., larvas de um gênero não identificado de Chironomini, *Djalmabatista* sp. e *Cladopelma* sp.. Na estação 3, *Polypedilum (Tripodura)* sp., *Goeldichironomus holoprasinus* e *Alotanypus* sp..

No segundo ano de coletas no igarapé Água Fria, no período de chuvas, não foram encontradas larvas de Chironomidae na estação 2, situada ao lado de uma bacia de rejeito de bauxita, que neste período transbordou para o leito do igarapé. Na estação 1 foram encontradas larvas apenas do gênero *Chironomus* spp.. Na estação 3, larvas de *Tanytus* sp. e *Ablabesmyia* spp., além de um gênero não identificado de Tanypodini e outro de Chironomini. No período de seca, não foram encontradas larvas de Chironomidae na estação 3, coincidindo com o escoamento de rejeito de bauxita da bacia de decantação e deposição neste trecho do igarapé, próximo ao rio Trombetas. Na estação 1 foi encontrada baixa densidade de *Endochironomus* sp. e na estação 2, *Polypedilum (Polypedilum)* sp., além de larvas pertencentes a um gênero não identificado em ambas as estações.



No rio Trombetas foram encontradas baixas densidades de larvas de Chironomidae. No período de chuvas de 1994 na estação 1 foram encontradas os gêneros *Tribelos*, *Polypedilum*, gênero próximo a *Tribelos* e *Djalmabatista*. Na estação 2, *Polypedilum (Polypedilum) sp.*, exúvias de *Polypedilum spp.* e *Goeldichironomus spp.*. Na estação 3, larvas de gênero A de Roback (1966) e exúvias de *Goeldichironomus spp.*. No período de seca, não foram encontradas larvas de Chironomidae na estação 1. Na estação 2 houve o predomínio de larvas da subfamília Tanypodinae onde foram encontradas larvas de um gênero novo de Coelotanypodiini (segundo Fittkau, com. pess.), larvas não identificadas de Pentaneurini e *Polypedilum sp.* Na estação 3, gênero novo Coelotanypodiini, *Tanypus sp.*, *Chironomus spp.*.

No segundo ano de coletas houve uma maior participação dos gêneros de Tanypodinae. No período de chuvas, na estação 1 foram encontrados *Chironomus spp.*, gênero A de Roback (1966) e gênero novo (Fittkau, com. pess.). Na estação 2, larvas pertencentes a gêneros não identificados de Pentaneurini, Coelotanypodiini, Tanypodini e Chironomini. Na estação 3, *Ablabesmyia sp.*, *Chironomus sp.* e gênero A de Roback (1966). No período de seca foram encontradas, na estação 1, larvas de um gênero não identificado de Chironominae e larvas de Tanytarsini. Na estação 2, gênero novo (Fittkau, com. pess.), *Tanypus spp.*, *Goeldichironomus spp.* e larvas não identificadas de Chironomini. Na estação 3, gênero novo (Fittkau, com. pess.), *Ablabesmyia spp.* e gêneros não identificados de Tanytarsini.

## 2.5- Adultos de Chironomidae coletados nos igarapés Saracá, Caranã e

### Água Fria

Os dados apresentados nesta pesquisa foram obtidos em uma única estação de coleta nos igarapés Saracá e Caranã (respectivamente, estações 3 e 1 das amostragens de bentos) nos dois períodos de coleta de 1995. Os exemplares foram depositados na Coleção Entomológica do IOC/FIOCRUZ.

O levantamento preliminar dos adultos de Chironomidae coletados na margem dos igarapés Saracá e Caranã registrou a ocorrência de 64 espécies pertencentes a 22 gêneros. Além disso, o material detém ainda 15 gêneros possivelmente novos (5 Orthoclaadiinae e 10 Chironominae).

Na coleta realizada no período de chuvas, no igarapé Caranã, foi observado o predomínio do número de taxa e de indivíduos de Chironominae em relação a Tanypodinae e Orthoclaadiinae. Por outro lado, no igarapé Saracá foi encontrado maior número de indivíduos Tanypodinae.

No período de chuvas foram capturados 1384 indivíduos sendo 307 machos (22,2%) e 1077 fêmeas (77,8%). No igarapé Saracá, *Laurotanypus travassosi* Oliveira, Messias e Silva-Vasconcelos (1992) foi dominante (226 indivíduos), seguido de *Labrundinia* spp. (155 indivíduos). No igarapé Caranã foi observado o predomínio numérico de Tanytarsini (vários gêneros).

---

## V- DISCUSSÃO

---

### 1- Estrutura Taxonômica, Distribuição de Organismos e Relações com Algumas Variáveis Abióticas

Numa revisão realizada por LIEBMANN (1962), este autor cita que a utilização de indicadores biológicos de poluição em ecossistemas aquáticos continentais teve início na metade do século 19 com os trabalhos de Kolenati e Cohn. Estes pesquisadores constataram que os organismos que ocorriam em águas poluídas eram distintos daqueles que viviam em águas limpas. Desde então, mais de 15 métodos diferentes para investigação de bioindicadores de qualidade de água foram desenvolvidos (revisados por ILLIES & SCHMITZ, 1980; WOODIWISS, 1980).

A utilização de métodos biológicos tem evoluído ao longo dos tempos, calcado no conhecimento taxonômico das espécies de macroinvertebrados bentônicos que vivem nos ecossistemas lóticos e lênticos da Europa e Estados Unidos. Na Europa nasceu o conceito de sistema sapróbico, publicado em 1908 e 1909 por Kolkwitz e Marsson, baseado na presença de espécies indicadoras das comunidades planctônicas e perifíticas. Nos EUA os métodos utilizados basearam-se na presença ou ausência de espécies de macroinvertebrados reconhecidamente indicadoras, habitantes das comunidades bentônica e perifítica (De PAUW & VANHOOREN, 1983).

Desde que August Thienemann publicou seu artigo sobre a tipologia de lagos com base na distribuição dos gêneros *Chironomus* e *Tanytarsus* (THIENEMANN, 1921), muito tem sido feito e escrito sobre tipologia de lagos baseado em comunidades de Chironomidae e os fatores responsáveis pelas variações observadas na sua distribuição. BRUNDIN (1951) postulou que a composição da fauna de Chironomidae na região limnética de lagos estratificados é governada primariamente pelas variações nas condições de oxigênio no habitat, e que haveria uma relação indireta entre a composição da fauna e o estado trófico (HEINIS *et al.*, 1994). As espécies de *Chironomus* vivendo no hipolímnio de lagos eutróficos estariam melhor adaptadas às condições desfavoráveis de oxigênio do que, por exemplo, espécies de *Tanytarsus* que ocorreriam predominantemente em habitats bem oxigenados. As condições de oxigênio no sedimento teriam sido descritas indiretamente pela

quantidade de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água e pela cor e potencial redox do sedimento (HEINIS *et al*, 1994).

A Amazônia detém uma elevada riqueza taxonômica de Chironomidae, com centenas de espécies em, provavelmente, dezenas de gêneros novos, ainda desconhecidos do ponto de vista taxonômico (FITTKAU, 1971). Nesta pesquisa, não foi possível identificar algumas larvas, nem mesmo ao nível genérico (sendo chamadas de organismos não identificados), havendo sido utilizados os desenhos e chaves de WIEDERHOLM (1983), EPLER (1992 e 1995), TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO (1995), tendo sido chamadas como gêneros não identificados.

A presença de *Goeldichironomus holoprasimus*, *G. pictus*, *G. amazonicus*, *Goeldichironomus* sp. e o Chironomini gênero A de ROBACK (1966) no sedimento dos ecossistemas estudados concorda com FITTKAU (1971) e PINDER e REISS (1983) que caracterizam a planície amazônica como área de distribuição geográfica destes gêneros.

As larvas de Chironomidae que foram encontradas vivendo no sedimento dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas pertencem a vários gêneros acidófilos como *Monopelopia*, *Procladius*, *Djalmabatista*, *Polypedilum* e *Zavreliella* (REISS, 1990; NESSIMIAN & SANSEVERINO, 1995). Por outro lado, os gêneros *Ablabesmyia*, *Larsia*, *Tanytus*, *Chironomus*, *Dicrotendipes*, *Endochironomus*, *Polypedilum*, *Pseudochironomus*, *Paratanytarsus*, *Tanytarsus*, são conhecidos por sua distribuição cosmopolita (FITTKAU e ROBACK, 1983; PINDER e REISS, 1983). Deve-se ressaltar ainda que algumas espécies de *Chironomus* spp. preferem ou estão restritas a corpos d'água com compostos húmicos e fúlvicos, podendo explicar sua ocorrência nas estações Saracá-2 e Caranã-2 (represadas e com águas com cor preta).

Com a construção da rodoferrovia que liga a mina de bauxita à vila de Porto Trombetas, vários igarapés foram represados, tendo o seu leito original alterado. Este processo levou à formação de "baías" onde estes trechos passaram de ambientes lóticos a ambientes lênticos. Com isso, a vegetação de terra firme que vivia às margens destes igarapés foi inundada, perecendo, restando apenas alguns troncos eretos nas áreas represadas. As árvores pertencentes à vegetação de terra firme não são adaptadas a períodos de alagamento como a vegetação de igapó. Assim,

morreram intoxicadas devido ao excesso de malato que segundo MITSCH & GOSSELING (1993) seria convertido em piruvato (produto final da glicólise) e então a acetaldeído e etanol. Por outro lado, as espécies tolerantes a inundações, como as de mata de igapó, não teriam a enzima e conseqüentemente o malato acumularia.

A construção da rodoferrovia resultou na queda acidental de materiais utilizados na sua construção para dentro dos corpos d'água. Isto resultou em sedimentos com maiores teores de siltes e argilas, provavelmente carregados pelas chuvas ou erosão das margens. Além disso, analisando-se os dados de C-orgânico, N-total e P-disponível, foi encontrado que neste trecho do igarapé Saracá houve um aumento dos teores de matéria orgânica no sedimento, além da mudança na coloração da água, passando de límpida e transparente nas estações Saracá-1 e Caranã-1 a uma coloração escura (tipo cor de chá forte), característica de ecossistemas aquáticos ricos em ácidos húmicos e fúlvicos (estações Saracá-2 e Caranã-2).

No igarapé Caranã foram observados maiores valores de C, N e P na estação Caranã-2, nos períodos de chuvas e de seca. Nesta estação, os teores de C-orgânico e P-disponível foram maiores no período de seca de 1995. Por outro lado, os teores de N-total obtidos nas estações Caranã-1 e Caranã-3 não apresentaram variação entre os dois períodos amostrais. Os padrões encontrados podem ser explicados pela influência diferenciada das atividades da mineração de bauxita. Os baixos valores de C, N e P encontrados na estação 1 confirmam as características naturais deste trecho do igarapé, com sedimento pobre em nutrientes. Na estação Caranã-2 evidenciam-se alterações semelhantes àquelas observadas na estação Saracá-2 (represamento, alteração das características hidrodinâmicas e coloração da água), além de ocorrerem macrófitas aquáticas submersas e de folhas flutuantes. Os baixos valores encontrados na estação Caranã-3 podem ser atribuídos à presença de rejeito de lavagem de minério de bauxita neste trecho do igarapé, que foi responsável por profundas alterações nas características ecológicas deste trecho do ecossistema, acarretando alterações nas variáveis físicas, químicas e físico-químicas do sedimento (CALLISTO *et. al.*, *no prelo*).

De uma maneira geral, dentre as estações amostrais estudadas, a estação 3 do igarapé Caranã apresentou-se como a mais seriamente afetada pelas atividades da mineração de bauxita. Não foram encontrados macroinvertebrados bentônicos nos períodos de chuvas dos dois anos e apenas poucas

larvas de *Polypedilum* e *Chironomus* nos períodos de seca. Nesta seção do igarapé, a presença de rejeito de bauxita modificou as características ecológicas do ecossistema, resultando nos valores mais elevados de temperatura da coluna d'água, provavelmente devido à maior retenção de calor pelas partículas de argilas em suspensão. No ano de 1994 o sedimento apresentou-se com granulometria muito fina (74% de siltes e 26% de argilas) e C-orgânico não detectável. Nesta seção do igarapé foi constatado então um afinamento do sedimento, acompanhado de baixos teores de matéria orgânica, refletindo as condições criadas pelo lançamento de rejeito de bauxita por 10 anos. No período de seca, o sedimento tornou-se arenoso (99,4% de areias), provavelmente como resultado de erosão de suas margens (favorecida pela eliminação da mata ciliar) e transporte de grãos, tendo sido encontradas baixas densidades de *Ablabesmyia* sp., *Chironomus* sp. e Chironomini gênero A (ROBACK, 1966). Analisando a fauna de Chironomidae do igarapé Caranã, comparando-se as três estações amostrais, pôde-se observar que estes animais tiveram sua composição taxonômica e distribuição espaço-temporal drasticamente alteradas neste trecho, provavelmente devido à presença de rejeito de minério de bauxita no sedimento.

Nas estações amostrais do igarapé Água Fria foi observado o predomínio de larvas de Chaoboridae e registros de casulos vazios de larvas de Trichoptera, além de algumas larvas de Chironominae. O padrão de distribuição dos macroinvertebrados bentônicos neste ecossistema pode ser relacionado às reduzidas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água, especialmente no período de chuvas do ano de 1994.

Segundo LINDEGAARD (1995), as espécies de macroinvertebrados bentônicos mais tolerantes a estresse em ecossistemas aquáticos continentais são aquelas com coloração vermelha. Elas possuem hemoglobina e com isso podem manter a disponibilidade de oxigênio dissolvido interno mesmo em baixas concentrações ambientais, comparadas com outras espécies de ecossistemas naturais. As espécies pertencem principalmente a duas famílias de Oligochaeta (Tubificidae e Lumbriculidae) e a um conjunto de gêneros de Chironomidae (*Chironomus*, *Goeldichironomus*, *Endochironomus*, etc.). Estes organismos são capazes de sobreviver durante curtos períodos de anoxia (de uma a poucas semanas). Em condições de abundância alimentar (fungos e bactérias) e mínima competição intra-específica, podem apresentar-se em altíssima

abundância (acima de 5000 ind/m<sup>2</sup>), sendo portanto chamadas de "pollution-dominants". Nestas comunidades pode haver também o aumento numérico da guilda dos carnívoros.

Na estação 2 do igarapé Água Fria ocorre frequentemente o transbordamento do rejeito de bauxita de um tanque de decantação para o leito do igarapé. Nesta estação amostral, observa-se então um sedimento silte-argiloso. Também neste trecho do igarapé foi evidenciado que a presença de rejeito de minério de bauxita alterou as características do sedimento, refletindo na fauna de Chironomidae, que desapareceu no período de chuvas de 1995. No período de seca, com a drástica redução da profundidade da coluna d'água do igarapé Água Fria, ocorre o escoamento das argilas que normalmente estão no sedimento da estação 2, em direção ao rio Trombetas, sedimentando-se na estação 3 do igarapé. Como resultado, o sedimento nesta estação assume as características das áreas com rejeito de bauxita, com altos teores de argilas e siltes e baixa concentração de P-disponível, N-total e C-orgânico. Também nesta estação amostral foi evidenciada a ausência de larvas de Chironomidae.

Nos igarapés amazônicos estudados nesta pesquisa, Oligochaeta e larvas vermelhas pertencentes a alguns gêneros de Chironominae foram encontradas com altas densidades em seções com altos teores de matéria orgânica no sedimento e menores concentrações de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água. Na estação Caraná-2 foram abundantes os gêneros *Polypedilum* (*Polypedilum*) e *Goeldichironomus*. E no igarapé Água Fria, larvas de *Chironomus*, *Goeldichironomus* e *Polypedilum* (*Polypedilum*) em 1994, substituídas por *Endochironomus* em 1995. Além destas, as larvas de Chaoboridae foram especialmente abundantes nas estações do igarapé Água Fria. Neste ecossistema foram observadas a maior amplitude de variação de nível d'água. Este fato pode ser atribuído à desembocadura do igarapé Água Fria no rio Trombetas, e às flutuações de nível d'água durante o pulso de inundação deste rio. Assim, observa-se que o rio Trombetas "barra" as águas do igarapé, fazendo com que a profundidade chegue a 9 metros, favorecendo a ocorrência de estratificação térmica da coluna d'água. Além disso, foram obtidos baixos valores de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água, além de forte cheiro de gás sulfídrico nas amostras de sedimento, muito provavelmente devido à decomposição da matéria orgânica. A ocorrência de larvas de Chaoboridae provavelmente estaria relacionada à estratificação

térmica da coluna d'água e aos reduzidos teores de oxigênio dissolvido no fundo. Estas larvas apresentam migração diária, vivendo parte do período na coluna d'água (à noite) e parte no fundo (de dia). Esta habilidade se traduz em hábito de vida ora planctônico, ora bentônico, com inúmeras vantagens ecológicas para estes organismos (PEREIRA, 1994). As larvas de Chaoboridae, segundo STAHL (1959), GREEN (1972) e STRIXINO (1973) possuem fototaxia negativa, o que as obriga a permanecer no fundo durante o dia, buscando regiões de baixa penetração luminosa. Além disso, estes organismos possuem dois pares de sacos aeríferos que lhes permite flutuar na coluna d'água e capturar presas do zooplâncton. Segundo dados de literatura, as presas são capturadas com as antenas prênsis e mandíbulas, sendo depois ingeridas inteiras. O impacto potencial desses predadores é considerável, tendo sido demonstrado que, em alguns casos, são capazes de remover acima de 20% das populações de presas do zooplâncton por dia (LEWIS, 1979; PASTOROK, 1980 e RIESSEN *et alii*, 1988).

As três estações amostrais no rio Trombetas foram estabelecidas próximas ao porto com o objetivo de inferir sobre a influência de quedas acidentais de minério de bauxita no leito do rio durante o processo de carregamento dos navios. As larvas bentônicas do gênero *Campsurus* (Polymitarcyidae, Ephemeroptera) distribuem-se preferencialmente em substratos moles, compostos basicamente por siltes e argilas. A ocorrência do gênero *Campsurus* na estação 2 do rio Trombetas indiretamente sugeriria alteração na composição granulométrica desta seção do ecossistema, indicando influência da queda acidental de bauxita no leito do rio. Em pesquisas anteriores este *taxon* foi encontrado na área impactada por bauxita no lago Batata (localizado na bacia hidrográfica do rio Trombetas) e ausente nas áreas naturais do lago. A ocorrência deste organismo seria um indicador da degradação das condições ecológicas resultantes das atividades de mineração de bauxita na região de Porto Trombetas (PEREIRA, 1994; CALLISTO & ESTEVES, 1995; CALLISTO, *no prelo*). Frequentemente observa-se a queda acidental deste minério ao ser transportado dos armazéns de estocagem para os porões dos navios no porto. Os dados obtidos em outras pesquisas evidenciaram que este organismo preferencialmente coloniza com altos valores de densidade (CALLISTO & ESTEVES, 1995; *no prelo a*; FONSECA *et al.*, *no prelo*) e biomassa (FONSECA, comunicação pessoal) as áreas impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata.



Na estação 1 do rio Trombetas foi encontrado o Polychaeta *Namalycastis abiuma*. Esta espécie havia sido coletada no rio Tapajós (também de águas claras, como o rio Trombetas), próximo à cidade de Santarém por CORRÊA (1948).

A ocorrência de animais marinhos em águas continentais é mais fácil em regiões de baixas latitudes do que nas altas. Primeiramente, porque nos trópicos a última glaciação não perturbou o desenvolvimento da fauna. Além disso, as concentrações de oxigênio dissolvido não diminuem tanto quanto em rios e lagos setentrionais durante o inverno, quando há o congelamento de sua superfície. Finalmente, as oscilações térmicas, do ciclo anual, são menos pronunciadas em ecossistemas límnicos tropicais do que nas regiões temperadas e polares (CORRÊA, 1948).

Em uma dada comunidade biológica natural, as espécies (ou *taxa* presentes) muito raramente são igualmente representadas. Existem algumas que são muito comuns, algumas com abundância intermediária e as restantes representadas por apenas poucos indivíduos. As relações entre o número de espécies e as abundâncias dessas espécies na comunidade é conhecida como a distribuição de abundância de espécies (DEATH, 1996).

NESSIMIAN & SANSEVERINO (1995) encontraram uma correlação negativa entre a ocorrência de larvas de *Goeldichironomus* sp. e teores de oxigênio dissolvido em um brejo entre dunas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. Na presente pesquisa foram encontradas larvas de *Goeldichironomus* spp. vermelhas juntamente com larvas de Chaoboridae (no igarapé Água Fria) ou com Oligochaeta (nas áreas represadas dos igarapés Saracá e Caranã). A ocorrência deste gênero pode ser relacionada a baixos teores de oxigênio dissolvido na interface água-sedimento nestas estações amostrais. Esta característica explicaria o odor de H<sub>2</sub>S no momento da coleta de amostras de sedimento nestes ecossistemas.

No período de chuvas, os resultados obtidos no igarapé Água Fria evidenciaram maiores concentrações de C, N e P na estação 1, seguida da estação 3 e estação 2. Por outro lado, no período de seca, os resultados obtidos foram maiores na estação 3 quanto aos teores de c-orgânico e N-total. Este padrão diferenciado dos valores de C, N e P podem ser atribuídos à acentuada variação de nível d'água neste igarapé (de 3,0 a 8,5 m no período de chuvas a 0,1 a 0,4 m no período

de seca), que acompanha as oscilações do pulso de inundação do rio Trombetas, ao qual está permanentemente conectado. Tal evento acarreta na inundação das matas de igapó adjacentes, contribuindo para o aumento na entrada de materiais alóctones de natureza orgânica, também observado em outras planícies de inundação (BONETTO *et al*, 1994). Os menores valores encontrados na estação Água Fria-2 podem ser atribuídos à sua localização próxima a um antigo tanque de decantação de rejeito de lavagem de minério de bauxita e ao transbordamento deste rejeito para o leito do igarapé. Este transbordamento é intensificado ao longo da diminuição do nível d'água do igarapé Água Fria e acarreta modificações nas características do sedimento deste trecho do ecossistema.

As concentrações de C, N e P obtidas nas três estações do rio Trombetas foram bastante diferenciadas, nos dois períodos de coleta. Foram evidenciados maiores valores de c-orgânico na estação 1, provavelmente devido ao aporte orgânico alóctone da mata de igapó que neste trecho do rio Trombetas encontra-se menos alterado por ação antrópica do que nas estações 2 e 3. Além disso, na estação 2 foram encontrados os menores valores de C, N e P, nos dois períodos de coleta. Estes resultados podem ser atribuídos à presença de minério de bauxita no sedimento deste trecho do rio, proveniente do derramamento acidental durante o transporte dos armazéns de secagem para o carregamento dos navios no porto.

Aparentemente, a variação de C, N e P nas estações estudadas não apresentaram uma relação direta com a composição granulométrica dos sedimentos. Foi observado que no período de seca de 1995 houve o predomínio de areias na maioria das estações amostrais. Por outro lado, nas estações Caranã-2 e Caranã-3 houve o aumento na proporção de sedimentos finos, respectivamente siltes e argilas, acompanhado do aumento dos teores de C e P.

Ao contrário do que foi observado no ano de 1994 (CALLISTO *et al*, *no prelo*), a composição granulométrica das estações Água Fria-2 e rio Trombetas-2 não evidenciou a influência das atividades da mineração de bauxita neste segundo ano de estudos. Em outras palavras, a granulometria do sedimento nas seções destes igarapés apresentou-se com altas porcentagens de sedimentos finos (siltes e argilas) como na estação Caranã-3.

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros possuem imensa riqueza de espécies, muitas ainda desconhecidas cientificamente. Assim sendo, é praticamente impossível reconhecer quais as melhores espécies bioindicadoras de poluição nos nossos corpos d'água. Esta problemática torna-se ainda mais preocupante se levarmos em conta que a grande maioria dos organismos que compõem as comunidades de macroinvertebrados bentônicos é formada por larvas de insetos aquáticos. Destes, mais de 60-70% é composta por Chironomidae (CRANSTON, 1995).

Segundo CRANSTON (1995), estima-se que ocorram entre 10.000 e 15.000 espécies de Chironomidae em todo o mundo; no entanto esta estimativa pode ser considerada subestimada. O conhecimento taxonômico de Chironomidae, como na grande maioria dos insetos, é mais desenvolvido no Hemisfério Norte, provavelmente devido ao fato de que tradicionalmente, a maioria dos taxonomistas é européia, norte-americana ou japonesa. A identificação e descrição de espécies tem sido realizada com base em caracteres morfológicos e, mais recentemente, na diferenciação de espécies crípticas, por meio de técnicas de biologia molecular (cromossomas).

As pesquisas desenvolvidas acerca dos macroinvertebrados bentônicos no Brasil encontram-se ainda na fase descritiva. No entanto esta abordagem, considerada ainda primária em relação ao que vem sendo realizado nos países da Europa e nos Estados Unidos, é de fundamental importância e primordial aqui. Assim, é necessário investir ao máximo em pesquisas de levantamento taxonômico (com consequente descrição de espécies novas) e investigar sobre as relações dos padrões de estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos com as características abióticas dos ecossistemas em que elas vivem.

Uma variedade de mecanismos adaptativos foram descobertos entre as larvas de Chironomidae que as capacitam viver em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Estas adaptações podem ser de natureza fisiológica, morfológica, ou comportamental. Assim, podem ser importantes em curtos períodos de tempo, ou em exposições prolongadas a baixas concentrações de oxigênio. Muitas espécies de Chironomidae sintetizam um pigmento respiratório semelhante à hemoglobina que tem o papel de transportar e estocar oxigênio. Como a hemoglobina dos Chironomidae tem uma alta afinidade pelo oxigênio (WEBER, 1980), ela é funcional a baixas concentrações de oxigênio externo (p.ex. WALSH, 1950). Durante períodos de anoxia ambiental,

as larvas de Chironomidae possuem a habilidade de manterem-se com um metabolismo anaeróbico (WILPS & ZEBE, 1976; FRANK, 1983). Adaptações comportamentais das larvas de Chironomidae incluem o aumento do fluxo de oxigênio em suas tocas (ou lojas) (LEUCHS, 1986; HEINIS & CROMMENTUIJN, 1992; CALLISTO *et al.*, 1996) ou pela evitação de ambientes inóspitos por migração (WÜLKER, 1961).

As elevadas temperaturas dos ecossistemas aquáticos tropicais favorecem o aumento das taxas metabólicas e, conseqüentemente, aceleram o desenvolvimento das formas imaturas de insetos aquáticos e sua reprodução (WARD, 1992; NESSIMIAN & SANSEVERINO, 1995). Nos ecossistemas estudados, vários gêneros de Chironomidae, além das larvas de Chaoboridae, foram coletados em diferentes estágios larvais. Estes resultados foram obtidos similarmente por outros autores no Brasil e significaria que várias diferentes gerações estariam desenvolvendo-se em um curto espaço de tempo (NESSIMIAN & SANSEVERINO, 1995; STRIXINO & STRIXINO, 1982).

Nos ecossistemas estudados, algumas seções tiveram suas características ecológicas alteradas devido à influência direta ou indireta das atividades da mineração de bauxita. Comparando-se as estações Saracá-2 e Caraná-2 com as áreas naturais, livres de influência, nota-se claramente as conseqüências decorrentes do represamento oriundo da construção da rodoferrovia. Na estação Saracá-2 foi constatado o aumento na riqueza taxonômica (principalmente considerando-se o número de gêneros de Chironomidae) e dos valores de densidade de organismos. Na estação Caraná-2 houve uma maior distribuição de macrófitas aquáticas enraizadas com folhas flutuantes. Provavelmente, como a correnteza neste trecho é menor, devem ser acentuadas as taxas de produção de  $H_2S$  e  $CH_4$  no fundo da coluna d'água, devido à decomposição da matéria orgânica. Assim, neste trecho não foi observado aumento na riqueza taxonômica ou nos valores de densidade de organismos.

Nas estações Caraná-3 e Água Fria-2 a presença de rejeito de lavagem de bauxita foi identificada como a causa de alteração das condições ecológicas nestes trechos dos igarapés. As coletas realizadas nos períodos de chuvas dos anos de 1994 e 1995 na estação Caraná-3 identificaram a total ausência de macroinvertebrados bentônicos. Este fato pode ser apontado como o comprometimento mais grave às comunidades de macroinvertebrados bentônicos neste trecho do

igarapé Caranã. No igarapé Água Fria, estação 2, o que se constatou foi a deterioração das condições ecológicas ao longo do período de amostragens. Em 1994, a influência da "mancha" de rejeito restringia-se a um trecho ainda pequeno do igarapé. No ano seguinte, no período de seca, o extravazamento do rejeito de bauxita alcançou até o rio Trombetas, tendo sido responsável pela total eliminação da fauna de macroinvertebrados bentônicos na estação Água Fria-3 (localizada no ponto de interseção dos dois ecossistemas).

O grande interesse acerca das respostas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em relação às condições de qualidade de água está fortemente baseada na urgente necessidade de monitoramento e manejo dos ecossistemas estudados. Na região de Porto Trombetas existem inúmeros igarapés que vêm apresentando alterações em suas condições ecológicas devido a influências pontuais ou não pontuais da mineração de bauxita. Comparando-se áreas naturais e áreas impactadas, os dados obtidos evidenciaram profundas alterações nos padrões de estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, decorrentes de represamentos, lançamento de rejeitos ou minério de bauxita, capazes de caracterizar estes organismos como bons indicadores das alterações ecológicas nestes corpos d'água. Além disso, acredita-se que este trabalho poderá ser útil no sentido de nortear, identificar e alertar os "managers" responsáveis pelo manejo dos recursos ambientais em Porto Trombetas, levando em consideração o papel ecológico dos macroinvertebrados bentônicos.

## 2- Variações sazonais na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos

Idealmente, a avaliação da qualidade das águas de um rio deve ter como base as características físicas, químicas e biológicas, no sentido de fornecer um espectro completo de informações para um manejo adequado dos recursos hídricos (METCALFE, 1989). Avaliações biológicas devem ser incluídas porque oferecem importantes vantagens sobre as medidas químicas. Por exemplo, os organismos integram as condições ambientais durante longos períodos de tempo, enquanto os dados químicos são instantâneos na natureza e além disso, requerem um grande número de medições para uma avaliação acurada (DE PAUW & VANHOOREN, 1983). Estudos biológicos têm participado com importantes contribuições para a identificação de toxicidade, poluição orgânica intermitente ou contínua, especialmente nas situações em que mudanças na qualidade da água não são facilmente detectadas por parâmetros químicos (CHUTTER, 1972).

Com o objetivo de estudar a qualidade da água com base no enfoque de saúde de ecossistemas, o ideal seria estudar as respostas de todas as comunidades aquáticas ao estresse. Como isto inúmeras vezes é impraticável, muitos pesquisadores têm focado algumas comunidades biológicas em particular, como o perifiton, plâncton, macrobentos ou peixes. METCALFE (1989) defende uma clara preferência pelos macroinvertebrados bentônicos devido às seguintes razões: (1) eles são diferentemente sensíveis a poluentes de vários tipos, e reagem rapidamente, sendo capazes de respostas graduais a um dado espectro de tipos e níveis de estresse. (2) Os macroinvertebrados bentônicos apresentam elevada riqueza de espécies, abundância e são relativamente fáceis de coletar. (3) Os macroinvertebrados são relativamente sedentários, e portanto, representam as condições locais. (4) Apresentam um ciclo de vida longo, o suficiente para oferecer boas informações de qualidade ambiental. (5) Finalmente, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são muito heterogêneas, possuindo representantes de vários filos. A probabilidade de que ao menos alguns destes organismos reajam a mudanças particulares das condições ambientais é, portanto, alta (COOK, 1976; PRATT & COLER, 1976; HELLAWELL, 1977). Outros grupos de organismos (peixes, fitoplâncton, etc.) possuem alguns, mas não todos, destes importantes atributos (WARD, 1992).

A detecção de alterações (mudanças) na qualidade ambiental de um dado corpo d'água depende da acuracidade e precisão dos dados obtidos no programa de monitoramento (JACKSON & RESH, 1988). A acuracidade descreve o quanto os dados representam as verdadeiras condições de campo, enquanto a precisão refere-se à consistência e segurança dos estimadores amostrais e é usualmente expressada em intervalos de confiança (FOWLER & WITTER, 1982). Embora a acuracidade seja essencial a um monitoramento biológico, a precisão tem recebido mais atenção porque fornece suporte às interpretações estatísticas para diferenciar variações naturais de mudanças induzidas por alterações na qualidade ambiental de um dado ecossistema (JACKSON & RESH, 1988).

Em ecossistemas lóticos, as condições hidrológicas desempenham um papel fundamental nos padrões de densidade de macroinvertebrados bentônicos e distribuição de poluentes, bem como em suas interações (SOMVILLE & DE PAUW, 1982). Muitos igarapés na Amazônia, como os igarapés Saracá, Caraná e Água Fria em Porto Trombetas, estão sujeitos a variações de nível d'água decorrentes das fortes chuvas na região (CALLISTO *et al.*, *no prelo*; CALLISTO, *submetido*).

Variações no espaço e no tempo possuem importância central em grande maioria das investigações ecológicas (OERTLI, 1995). Limitações de escala no espaço ou no tempo por vezes levam a abordagens pontuais de processos relevantes ecologicamente (WIENS *et al.*, 1986). Existe uma clara necessidade de pesquisas enfocando estes dois fatores (espaço e tempo). O entendimento dos padrões de distribuição espacial e temporal permitem uma redução do ruído nas análises de dados coletados e permitem a elaboração de estratégias de amostragens (OERTLI, 1995). Estas informações são particularmente necessárias para o entendimento dos padrões de estrutura de comunidades e distribuição de macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas pouco estudados como os igarapés na Amazônia, sobretudo nas bacias hidrográficas de rios de águas claras. Os ecossistemas estudados nesta pesquisa apresentam como características ecológicas pH ácido (3,5 a 4,5 nos igarapés), alcalinidade muito reduzida ou ausente, baixa condutividade ( $\pm 10\mu\text{S}/\text{cm}$ ), baixa concentração de nutrientes no sedimento e altos teores de oxigênio dissolvido em toda a coluna d'água (exceto no igarapé Água Fria, onde foi observada estratificação térmica em períodos de chuvas e baixas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo). Além disso, os igarapés Saracá,

Caranã e Água Fria apresentam seções alteradas direta ou indiretamente por atividades da mineração.

Variações espaciais e temporais são dois fatores que induzem mudanças em comunidades de macroinvertebrados bentônicos (OERTLI, 1995). As mudanças podem estar relacionadas à composição da fauna, riqueza de espécies (ou taxonômica), diversidade, abundância, biomassa ou produtividade. Nesta pesquisa, similarmente a outros autores (MINSHALL, 1984; WARD, 1992) foram identificados alguns fatores-chave abióticos relacionados a padrões espaciais: tipo de substrato, temperatura, regime fluviométrico, luz, matéria orgânica no sedimento, oxigênio dissolvido.

Considerando-se as variações espaciais, os dados obtidos na presente pesquisa evidenciaram uma clara preferência das comunidades de macroinvertebrados bentônicos por um tipo de substrato, formado por proporções semelhantes de areias, siltes e argilas e maiores teores de matéria orgânica no sedimento, tendo sido encontradas maiores densidades de organismos, especialmente larvas de Chironomidae.

Os *taxa*, aparentemente, não apresentaram uma exclusiva associação com um determinado tipo de substrato, concordando com MINSHALL (1984) e WARD (1992). Em geral, a preferência de um *taxon* não pôde ser demonstrada por "presença ou ausência" em um dado tipo de substrato, no entanto, mais pelas diferenças nas densidades. Muitas vezes, o critério "presença e ausência" fornece pouca informação sobre diferenças espaciais (OERTLI, 1995). Excessão feita, obviamente, à ausência total de macroinvertebrados bentônicos nas coletas na estação Caranã-3 (períodos de chuvas) e ausência de larvas de Chironomidae na estação Água Fria-3 (período de seca/95).

Diferenças nos valores de densidade, se pequenas, têm a desvantagem de serem difíceis de interpretar ecologicamente e devem sempre ser cautelosamente analisadas. Uma pequena diferença em densidade, exceto quanto estatisticamente significativa, pode algumas vezes indicar um fenômeno local que não pode ser generalizado. Nas coletas realizadas no ano de 1994, as diferenças nos valores de densidades entre as estações 1 e 2 do igarapé Saracá e 1 e 2 do igarapé Caranã não foram muito expressivas. Em outras palavras, ambas as estações amostrais localizavam-se em trechos



represados, retratando características semelhantes em um mesmo ecossistema. De fato, a constatação destes resultados fundamentou a alteração da localização das estações Saracá-1 e Caranã-1. No ano de 1995 estas estações foram posicionadas a cerca de 2 Km mais a montante, passando então a refletir melhor as características naturais, livres de influência das atividades da MRN, nestes corpos d'água.

De uma maneira geral, foi observado nas estações amostrais estudadas, maiores valores de densidade nos períodos de seca. Isto pode ser relacionado ao fato de que neste período a profundidade da coluna d'água, o volume e a correnteza diminuem. Além disso, nos dois anos de estudos, na estação Caranã-3 (impactada com rejeito de bauxita) não foram encontradas larvas de Chironomidae, enquanto que nos períodos de chuvas, ausência total de organismos bentônicos. Estes resultados concordam com outras pesquisas em ecossistemas lóticos que relacionaram maiores valores de densidades de macroinvertebrados bentônicos a períodos de menor influência de descarga e enchente (p.ex. FISHER *et al.*, 1982; GLADDEN & SMOCK, 1990; BOULTON & LAKE, 1992; WRIGHT, 1992). Provavelmente, nestes períodos haveria uma maior estabilidade das condições ecológicas, havendo uma menor variação das características de microhabitats para os macroinvertebrados bentônicos. Por outro lado, algumas vezes variações sazonais de densidade parecem não apresentar nenhum padrão generalizado (p.ex. BUNN *et al.*, 1986). Obviamente, os presentes resultados foram mais evidentes quanto às relações dos valores de densidade e períodos de coleta (chuvas e seca), naquelas estações amostrais onde foram maiores as variações na profundidade da coluna d'água (estações Saracá-3, Água Fria 1, 2 e 3, rio Trombetas 1, 2 e 3). Uma possível explicação seria o fato de que, ao longo dos períodos de coleta, os igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas apresentarem-se mais ou menos constantes quanto aos valores de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido, transparência ao disco de Secchi. Por outro lado, no período de chuvas de 1995, os maiores valores de condutividade em algumas estações amostrais provavelmente estiveram diretamente relacionados à entrada de material alóctone, carreado das margens para dentro dos corpos d'água, refletindo-se talvez, nas oscilações de P-disponível, N-total e C-orgânico no sedimento.

Assim, os resultados apresentados nesta pesquisa, similarmente a outros trabalhos já publicados em outros ecossistemas (PEREIRA, 1994; CALLISTO & ESTEVES, *no prelo* b; GONÇALVES *et al.*, *no prelo*), evidenciaram heterogeneidades na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e distribuição de organismos em termos quantitativos (densidades) relacionados ao tempo (períodos de chuvas e seca) e/ou espaço (estações naturais e estações impactadas) (OERTLI, 1995; CALLISTO *et al.*; *no prelo*; CALLISTO, *submetido*). Além disso, estes dois fatores também podem afetar as cadeias alimentares dos macroinvertebrados bentônicos (KITCHING, 1987; WARREN, 1989). Os dados obtidos permitem formular uma generalização, relacionando a heterogeneidade do substrato (em termos de porcentagens de areias, siltes e argilas) com a distribuição dos macroinvertebrados bentônicos. Foi observado que quanto mais heterogêneo o substrato, maiores as densidades de organismos bentônicos e riqueza taxonômica. No entanto, outros fatores podem também ser responsáveis pela heterogeneidade espacial nesses igarapés: acúmulo diferenciado de matéria orgânica no fundo, grau de exposição de alguns trechos de sedimento nos períodos de seca (como DALL *et al.*, 1990), além de saturação de oxigênio dissolvido em microhabitat e recursos alimentares, também devem ser levados em consideração.

### 3- Posição Trófica (Guildas) e Hábitos Alimentares dos

#### Macroinvertebrados Bentônicos

O estudo de uma comunidade biológica natural pode ser conduzido em vários níveis. Em um extremo, é comum formular perguntas sobre toda a comunidade enfocando diferentes aspectos como as relações entre números/espécies, diversidade específica, teias alimentares e fluxo de energia (MAY, 1973). No outro extremo, pode-se investigar sobre os efeitos individuais de algumas espécies sobre outras, e sobre a influência de alguns fatores no controle de presença e ausência de espécies particulares. No contexto dos níveis de organização de uma comunidade, com seus vários níveis tróficos, e as espécies, está o útil conceito de guilda. Aplicado em ecologia, a noção de guilda é recente, proposta por ROOT (1967), apesar da idéia essencial ter sido anteriormente formulada em outras palavras por ELTON (1927).

A utilização pelos ecólogos do termo guilda trata-se de uma analogia entre grupos de espécies relacionadas funcionalmente e as guildas medievais (COLINVAUX, 1993). A analogia utilizada e traduzida para a ecologia aborda espécies que subsistem de um mesmo conjunto de recursos. O valor do conceito aplicado em ecologia reside no fato de que as guildas podem ser definidas mais ou menos independentemente das espécies que as compõem. Esta abordagem possibilita realizar comparações mais ou menos detalhadas da organização funcional de diferentes comunidades, mesmo quando não formadas por espécies comuns.

A avaliação da representatividade das guildas tróficas pode auxiliar no entendimento da distribuição de energia dentro de uma comunidade, do ponto de vista da complexidade e diversidade. Além disso, a inferência do número de guildas presentes em um dado ecossistema pode ser relacionado à variedade de microhabitats disponíveis e ocupados nas seções dos corpos d'água estudados.

Guilda trófica pode ser definida como o conjunto de populações que subsistem utilizando um mesmo conjunto de recursos (MARGALEF, 1989) ou, segundo ODUM(1985), grupos de espécies, com papéis e dimensões de nichos comparáveis dentro de uma comunidade. A utilização da

abordagem de guildas tróficas permite que a estrutura trófica de uma comunidade seja analisada funcionalmente e, desta forma, podem ser realizadas comparações entre ambientes distintos mesmo que a composição específica seja diferente. Assim, o reconhecimento das guildas tróficas pode basear-se principalmente no tipo de dieta apresentado pelos taxa e, em alguns casos, no comportamento alimentar (hábito) associado ao substrato ao qual o alimento está disponível.

Assim, a guilda é uma unidade conveniente para pesquisas sobre interações entre espécies, porém também pode ser tratada como uma unidade funcional na análise de comunidades, tornando assim desnecessário considerar-se toda e cada espécie como uma entidade separada (ODUM, 1985).

O conceito de guildas pode ser reprodutivo, como tem sido extensivamente utilizado em peixes (BALON, 1975a, b; BRUTON & MERRON, 1990), morfo-comportamental (DAHL *et al.*, 1988; CORKUM & CIBOROWSKI, 1988), classes de tamanho (SPRULES, 1984), ou trófico. Os grupos funcionais de alimentação de CUMMINS (1973; 1974) são guildas tróficas que classificam macroinvertebrados em rios que utilizam recursos similares de uma maneira morfo-comportamental similar (SIMBERLOFF & DAYAN, 1991). Por outro lado, KING *et al.* (1988) demonstraram ser inapropriado aplicar as designações de tipos de hábitos alimentares de MERRITT & CUMMINS (1984) para taxa com distribuição geográfica distante.

Segundo as considerações de AGUIARO & CARAMASCHI (*no prelo*), a avaliação da biomassa presente em cada guilda trófica possibilita entender a distribuição da energia dentro da comunidade, do ponto de vista da complexidade e da diversidade. Assim, a avaliação da biomassa presente em cada guilda trófica e a diversidade de itens alimentares dos taxa presentes em cada ecossistema estudado fornece indícios para o acompanhamento da distribuição de energia dentro das comunidades.

E, finalmente, o maior ou menor número de guildas presentes em um dado ecossistema pode ser relacionado à variedade de microhabitats disponíveis e ocupados nas regiões litorâneas e limnéticas, nos períodos de chuvas ou seca do ciclo hidrológico regional.

Em Limnologia pode-se dizer que, em geral, os estudos sobre o papel dos macroinvertebrados bentônicos nas cadeias alimentares têm focado principalmente a importância destes organismos nas cadeias de detritos. No trabalho clássico de CUMMINS (1974) os macroinvertebrados detritívoros foram classificados quanto às estratégias de obtenção de alimento, basicamente em quatro categorias de invertebrados em rios.

Os Fragmentadores ("shredders") seriam os detritívoros que se alimentam de grandes partículas de matéria orgânica (maiores que 2 mm de tamanho), e durante sua alimentação, fragmentam o material. Como exemplo, muitos Trichoptera que se alimentam diretamente de folhas que caem nos rios.

Os Coletores ("collectors") alimentam-se de matéria orgânica particulada fina (menor que 2 mm). São definidas duas sub-categorias de coletores. Os "collector-gatherers" que se alimentam de partículas orgânicas mortas no sedimento (p.ex. Oligochaeta, ninfas de Ephemeroptera e larvas de Chironomidae), e os "collector-filterers" que capturam pequenas partículas no fluxo da coluna d'água (larvas de Simuliidae e ninfas de Hydropsychidae).

Os Raspadores ("grazer-scrapers") possuem aparelho bucal apropriado para raspar e mastigar perifiton aderido às pedras, alimentando-se de algas, bactérias, fungos e matéria orgânica morta adsorvida à superfície do substrato (p.ex. algumas ninfas de Plecoptera e de Helicopsychidae).

A última categoria dos invertebrados é formada pelos Carnívoros, que obviamente alimentam-se de outros animais vivos (p.ex. ninfas de Odonata) e larvas de Tanypodinae.

Abaixo, um esquema de BEGON *et al.* (1996) que ilustra o papel das quatro categorias funcionais dos macroinvertebrados bentônicos e seu papel na cadeia de detritos.

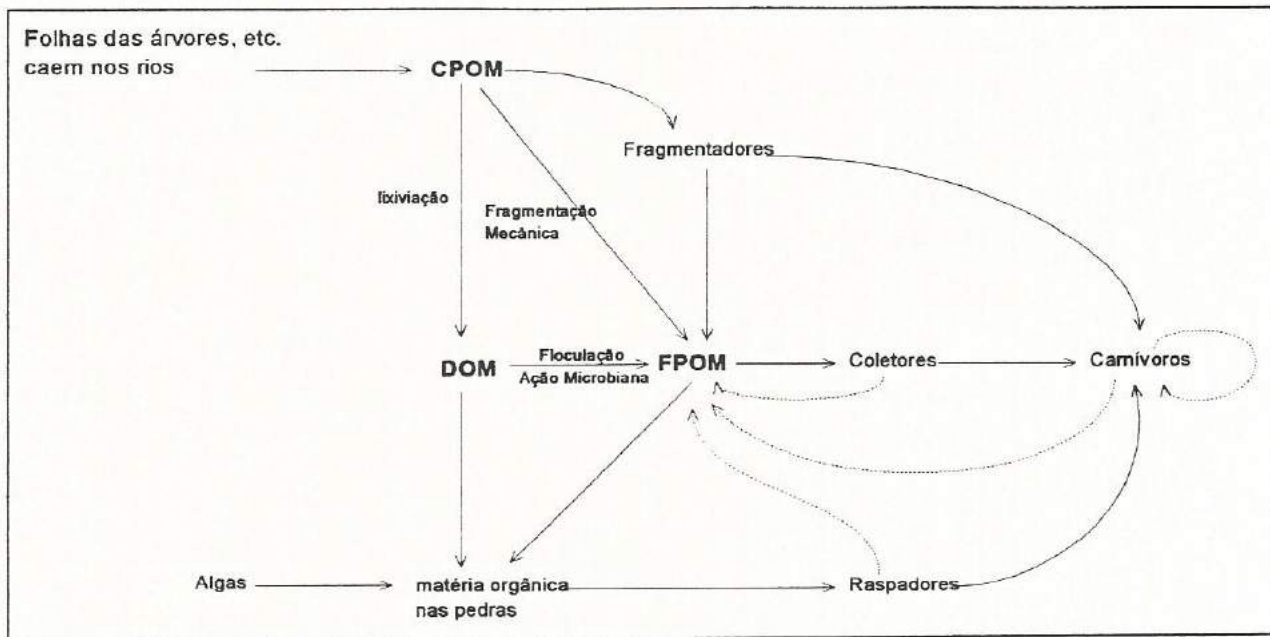


Figura 17: Modelo geral de fluxo de energia em um rio. Uma fração da matéria orgânica particulada grossa (CPOM) é rapidamente perdida para o compartimento de matéria orgânica dissolvida (DOM) por lixiviação. O restante é convertido a matéria orgânica particulada fina por três processos: (a) fragmentação mecânica; (b) ação microbiana gradual; (c) ação dos fragmentadores. Notar que todos os grupos de animais contribuem para a FPOM pela produção de fezes (- - -). A DOM é também convertida a FPOM por processos físicos de floculação, ou por "uptake" de microorganismos. A matéria orgânica aderida às pedras deriva das algas, e a DOM e a FPOM estão adsorvidas à matriz orgânica. (Adaptado de BEGON *et al.*, 1996).

O desenvolvimento de estudos visando a avaliação da estrutura trófica em forma de guildas permite orientar caminhos, sob um ponto de vista funcional, mas necessita, para que seja possível avaliar efetivamente o papel das comunidades de macroinvertebrados bentônicos na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia de ecossistemas aquáticos, de estudos básicos, tais como um levantamento taxonômico detalhado.

A guilda dos fragmentadores variou sua participação nas cadeias alimentares das comunidades entre 10 e 40%, alcançando 50% do total na estação Rio Trombetas-1 na seca de 1994 e 65% na estação Rio Trombetas-3, na seca de 1995. A guilda dos coletores foi a menos representativa em todas as estações amostrais, o que caracterizaria sua restrita participação nas cadeias alimentares. A guilda dos raspadores também apresentou-se com baixa participação nas cadeias alimentares bentônicas, sendo mais representativa no ano de 1994 na estação Rio Trombetas-1. E os carnívoros constituíram a guilda mais importante numericamente, especialmente no igarapé Água Fria e no rio Trombetas (englobando principalmente as larvas de Chaoboridae e Tanypodinae, respectivamente).

Os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem uma relação entre o pH ácido e a disponibilidade de alimentos nos igarapés estudados. Segundo WARD (1992), em ecossistemas aquáticos com pH abaixo de 4,5 a macrofauna bentônica é extremamente pobre, tanto em termos de riqueza de espécies quanto em termos de densidade de organismos. Similarmente, TOWNSEND *et al.* (1983), estudando 34 riachos na Inglaterra, encontraram forte associação entre o número de taxa de insetos aquáticos e o aumento no pH da água (apesar de que todos apresentavam águas com pH menor que 7,0). OTTO & SVENSSON (1983), estudando rios com pH ácido na Suécia, concluíram que alguns fatores associados ao efeito direto do pH seriam responsáveis pela pobreza na fauna por eles estudada. Estes autores pesquisaram dois ecossistemas, um com águas ácidas (pH 4,8) e outro com águas com pH próximo ao neutro (pH 6,8) analisando diferenças na riqueza de espécies, distribuição das espécies entre as ordens de insetos e a porcentagem dos grupos funcionais nas guildas alimentares. Segundo eles, a entrada de material orgânico alóctone era idêntica (grandes folhas de plantas terrestres). No entanto, devido à decomposição acentuadamente mais lenta em pH ácido, a biomassa (ou, necromassa ?!) de matéria orgânica particulada grossa (CPOM) era maior no rio com pH ácido e extremamente menor no rio de águas com pH neutro. A abundância e permanência de CPOM favorecia o predomínio de espécies fragmentadoras/retalhadoras no rio com pH ácido. A guilda dos raspadores foi o grupo funcional mais abundante no rio com pH próximo ao neutro e raro no rio de águas ácidas. A porcentagem de composição dos outros grupos funcionais foi semelhante nos dois rios.

De uma maneira geral, seria esperado ter sido encontrado maior ocorrência da guilda de fragmentadores nas estações localizadas nas áreas naturais dos igarapés Saracá e Caranã. Esta expectativa deve-se ao fato de que como estas estações amostrais localizam-se em trechos onde as cadeias alimentares são sustentadas basicamente pela matéria orgânica alóctone (restos de folhas e galhos que caem da mata para dentro do igarapé, sedimentando-se no fundo). Os fragmentadores seriam então aqueles organismos que "retalhariam" estes restos vegetais, dividindo-os em partículas menores. A ação destes organismos facilitaria o papel dos outros detritívoros na decomposição da matéria orgânica no sedimento destes ecossistemas.

Os dados obtidos nesta pesquisa evidenciaram que a guilda dos carnívoros predominou nas estações de coleta 1 e 2 do igarapé Água Fria no período de chuvas dos dois anos. Estes resultados estão diretamente relacionados às baixas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água. Nas duas coletas foi observado um forte aumento na profundidade, diretamente relacionado ao período de enchente do rio Trombetas. Como o igarapé Água Fria deságua no rio Trombetas, durante o período de enchente do pulso hidrológico, observa-se forte relação entre a variação de nível d'água dos dois ecossistemas. No igarapé Água Fria, devido ao alagamento de grande porção de mata de igapó e do litter da floresta, no período de chuvas observa-se um aumento no teor de matéria orgânica no sedimento. Além disso, neste ecossistema foi evidenciada estratificação térmica nas estações 1 e 2. Assim, as larvas de Chaoboridae foram os organismos responsáveis pelo domínio dos carnívoros neste igarapé. Este resultado está, muito provavelmente, relacionado à capacidade das larvas de Chaoboridae de promoverem migrações verticais na coluna d'água. Esta habilidade poderia ser interpretada como uma estratégia adaptativa destes macroinvertebrados em evitar condições de baixas concentrações de oxigênio dissolvido, no fundo da coluna d'água e superfície do sedimento.

Nas estações amostrais do rio Trombetas, o domínio numérico da guilda dos carnívoros deve-se ao predomínio de larvas de Tanypodinae, conhecidas como vorazes predadoras de macroinvertebrados bentônicos. Taxonomicamente, a maioria das larvas de Tanypodinae encontradas pertencem a gêneros ainda não descritos de Coelotanypodini (Fittkau, comunicação pessoal).



Nesta pesquisa não foram encontrados organismos coletores-filtradores. Em muitos rios esta guilda trófica é formada predominantemente por larvas de Simuliidae (Diptera, Insecta). Na bacia hidrográfica do rio Trombetas, no entanto, estes organismos não são encontrados. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que o rio Trombetas é um ecossistema de águas claras (conforme classificação de SIOLI, 1984), o que se traduz na escassez de mosquitos com aparelho bucal picador-sugador, sendo extremamente rara a ocorrência de doenças transmitidas por estes vetores na região de Porto Trombetas.

A abordagem de guildas tróficas utilizada nesta pesquisa possibilitou um melhor entendimento dos padrões de estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. No entanto, seria de fundamental importância que houvesse uma categorização funcional de taxa tropicais. Em outras palavras, devido à elevadíssima diversidade biológica no Brasil, grande parte ainda desconhecida cientificamente, é extremamente incerto adotar-se a categorização funcional de MERRITT & CUMMINS (1984). No futuro, espera-se que os pesquisadores em nosso país consigam alcançar um estágio de conhecimento tal que os capacite sugerir categorizações funcionais para as espécies de macroinvertebrados bentônicos que vivem em nossos ecossistemas lóticos e lênticos.

#### **4- A estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadora da fragilidade ecológica dos igarapés amazônicos**

Em ecossistemas lóticos, as condições hidrológicas desempenham um papel fundamental nos padrões de densidade de macroinvertebrados bentônicos e distribuição de poluentes, bem como em suas interações (SOMVILLE & DE PAUW, 1982; JANSSENS DE BISTHOVEN *et al.*, 1992). Muitos igarapés na Amazônia, como os igarapés Saracá, Caranã e Água Fria em Porto Trombetas, estão sujeitos a variações de nível d'água decorrentes das fortes chuvas na região.

Ao longo destes dois anos de pesquisas nos igarapés Saracá, Caranã e Água Fria foi possível caracterizar algumas variáveis abióticas destes ecossistemas, sua estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas relações com algumas variáveis abióticas de coluna d'água e sedimento. A partir disso, foi evidenciado que estes ecossistemas apresentam características ecológicas bastante peculiares que poderiam ser interpretadas e inseridas no conceito de "fragilidade de ecossistemas".

Assim, a aplicação do conceito de fragilidade de ecossistemas aos igarapés amazônicos estaria ligado, basicamente, a duas situações principais. A primeira consideraria um ecossistema natural que, após um distúrbio, não retornasse às condições anteriores. Uma segunda situação seria aquela na qual, após um distúrbio ambiental, decorrente da ação antrópica direta e/ou indireta, demorasse um período de tempo longo, mas que voltasse às condições naturais anteriores.

Obviamente, devido a um problema de diferença na escala de tempo, teoricamente, após um período de tempo  $x$ , todo ecossistema seria capaz de retornar gradativamente às suas características naturais, restabelecendo o equilíbrio que havia anteriormente, caso as modificações ecológicas não fossem tão graves.

No caso específico dos igarapés estudados em Porto Trombetas, foi observado que, devido ao elevado grau de intensidade na modificação das características naturais destes ambientes, o retorno à condição anterior tem sido extremamente difícil, chegando mesmo a ser inviável.

Nos trechos represados dos igarapés (devido à construção da rodoferrovia) pode-se dizer que as comunidades de macroinvertebrados bentônicos encontram-se hoje em um novo processo de sucessão ecológica. Em outras palavras, devido ao alagamento de extensas faixas de vegetação de terra firme, seguida do elevado incremento de matéria orgânica alóctone para o ecossistema, as condições ambientais foram totalmente alteradas. Com isso, a sobreposição temporal de espécies vem sendo modificada.

Em sedimentos orgânicos o oxigênio disponível é rapidamente utilizado no metabolismo dos organismos que normalmente o utilizam o acceptor final de elétrons na oxidação de moléculas orgânicas. A taxa de difusão do oxigênio molecular na água é muito mais lenta do que no ar, e não consegue suprir a demanda dos organismos em muitas circunstâncias. Quando a demanda de oxigênio é maior que a oferta, o oxigênio dissolvido é consumido, o potencial redox no sedimento muda rapidamente e outros íons (nitrato, manganês, ferro, sulfato, e dióxido de carbono) são progressivamente reduzidos.

Um exemplo concreto da fragilidade ecológica destes igarapés são as alterações no igarapé Caraná decorrentes do lançamento de rejeito de lavagem de bauxita. Apesar da interrupção deste lançamento ter ocorrido em 1989, até hoje (passados já 7 anos) as comunidades de macroinvertebrados bentônicos não conseguiram recolonizar o sedimento deste trecho do igarapé. Utilizando-se como referencial a estação natural (Caraná-1) esperaria-se que, após a interrupção do lançamento do rejeito no igarapé, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos fosse gradativamente retornando às condições de estrutura taxonômica e distribuição de organismos anterior. Nesse sentido, os dados obtidos nesta pesquisa permitem hipotetizar que as alterações ecológicas decorrentes do lançamento de rejeito de bauxita no igarapé Caraná foram responsáveis pelo estabelecimento de um novo processo de sucessão ecológica. Assim, o estabelecimento de uma nova estrutura taxonômica de organismos macrobentônicos deverá ser extremamente lenta (como tem sido observada) e difícil.

Estes corpos d'água apresentam pH ácido (< 4,5), o que os caracteriza como ecossistemas com baixa produtividade primária, baixa riqueza de espécies, baixa produtividade secundária e, também, baixa taxa de decomposição da matéria orgânica. Assim, os macroinvertebrados bentônicos

que vivem nestes igarapés estariam adaptados a estas condições, basicamente utilizando a matéria orgânica de origem alóctone em suas cadeias alimentares.

Os igarapés estudados, além de pH ácido, possuem alcalinidade também muito baixa ou, em muitas estações, não detectável. Estes resultados demonstram uma reduzida capacidade de tamponamento destes ecossistemas, ou seja, modificações nas características físico-químicas podem levar a um efeito catastrófico. Uma vez realizada esta caracterização geral, foram identificadas três situações distintas, descritas a seguir.

1- Nas áreas naturais dos igarapés (estações Saracá-1, Caranã-1 e Água Fria-1) as condições ambientais estariam preservadas, livres de influência direta ou indireta das atividades da mineração. Nestas seções dos corpos d'água, os macroinvertebrados estariam vivendo em perfeito equilíbrio com as características naturais dos ecossistemas, distribuindo-se de forma agregada, nos microhabitats disponíveis, em um sedimento basicamente arenoso e pobre em nutrientes. Estas estações seriam o "branco" quanto aos padrões de estrutura e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos.

2- Nas áreas represadas pela construção da rodo-ferrovia que liga a vila de Porto Trombetas à mina de bauxita foram identificadas mudanças drásticas no hidrodinamismo dos igarapés Saracá e Caranã (estações de número 2). Com o represamento houve o alagamento de extensas áreas de vegetação de terra firme cujas árvores, não adaptadas às novas condições de estresse hídrico permanente, morreram. Este fato pode ser atribuído ao aumento de substâncias tóxicas em suas raízes, como malato e etanol (MITSCH & GOSSELINK, 1993). Atualmente pode ser observado nestes trechos dos igarapés um cenário de destruição dos recursos naturais com troncos apodrecidos de árvores sem a copa, regionalmente chamados de paliteiros. Houve então a mudança das características lóticicas para características lênticas, favorecendo a colonização de macrófitas aquáticas enraizadas com folhas flutuantes (*Nymphoides* sp., Marantaceae) e flutuantes não enraizadas (*Salvinia* sp., Salviniaceae), principalmente na região litorânea. Houve também mudança acentuada na cor da água, de límpida e transparente, para cor de chá forte, decorrente da presença de ácidos húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição da matéria orgânica. O sedimento apresenta-se com maior teor de matéria orgânica (inferida a partir das concentrações de C-orgânico, N-total e P-

disponível). No entanto, os macroinvertebrados bentônicos dos igarapés Saracá e Caranã, apesar de impactados pelas atividades da mineração, não apresentaram padrões de estrutura de comunidade semelhantes. Na estação Saracá-2 foi observada maior riqueza taxonômica e maiores valores de densidade de organismos, especialmente de larvas de Chironomidae (CALLISTO, *submetido*). Na estação Caranã-2, além dos maiores teores de matéria orgânica no sedimento, foi evidenciada maior alteração da composição granulométrica, com partículas de bauxita que caem da rodoferrovia durante o trânsito de veículos. Neste trecho foi encontrada menor riqueza taxonômica e menores valores de densidade de organismos bentônicos, com o predomínio de *Olygochaeta* (indicando maior conteúdo orgânico no sedimento). É possível que neste trecho esteja havendo influência da produção dos gases sulfídrico e metano a partir da decomposição da matéria orgânica no sedimento, na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos.

3- Nas áreas dos igarapés com bauxita foram identificadas as mais profundas e drásticas alterações nas características ecológicas destes ecossistemas. Nas estações Caranã-3 e Água Fria-2 foi evidenciado que a presença de rejeito de lavagem de bauxita comprometeu a distribuição dos macroinvertebrados bentônicos. No trecho do igarapé Caranã que recebeu durante cerca de 10 anos o lançamento de rejeito de bauxita foi identificado, nos períodos de chuvas dos dois anos, a total eliminação da fauna de macroinvertebrados bentônicos. Os dados obtidos nesta pesquisa levam a acreditar que a recuperação deste trecho do igarapé Caranã, ao contrário da área impactada pelo rejeito de bauxita no lago Batata que vem sendo gradualmente colonizado pelos macroinvertebrados bentônicos (FONSECA, *comunicação pessoal*), será muito mais lenta. Esta maior morosidade na recolonização dos macroinvertebrados bentônicos no igarapé Caranã, mesmo após a interrupção do lançamento de rejeito em 1990, deve-se às diferenças na hidrodinâmica destes corpos d'água. O lago Batata caracteriza-se por um ecossistema receptor, onde tem-se observado o acúmulo gradual de matéria orgânica no sedimento. Por outro lado, o igarapé Caranã é um ecossistema lótico, com correnteza e, devido à forte erosão de suas margens sem vegetação, observou-se que ocorre o carreamento de sedimentos inorgânicos (areias e pedras de bauxita) para dentro do corpo d'água. Assim, prevalecem os movimentos de transportes de partículas finas e deposição de partículas grosseiras. Logo, com reduzida concentração de matéria orgânica no sedimento e drástica alteração

na composição granulométrica, os macroinvertebrados bentônicos podem encontrar dificuldade em recolonizar este trecho.

No igarapé Água Fria, foi observado o aumento gradativo da influência do rejeito de bauxita, devido ao transbordamento de uma bacia de contenção de rejeito localizada próxima. Neste ecossistema foram observadas as maiores amplitudes de variação de nível da coluna d'água, decorrentes da influência direta do ciclo hidrológico do rio Trombetas, ao qual está permanentemente conectado. Os dados obtidos nesta pesquisa revelaram que a distribuição da macrofauna bentônica (dominada por larvas de Chaoboridae e por alguns gêneros de Chironominae) tem apresentado drásticas alterações numéricas devido ao aumento da "mancha de rejeito" no igarapé. Ao longo das quatro coletas desta pesquisa foi observado que na última (seca de 1995) o rejeito havia sido carregado até o ponto de encontro com o rio Trombetas, tendo como consequência, a eliminação da macrofauna na estação Água Fria-3.

As características peculiares dos corpos d'água estudados, com pH muito ácido, reduzidos valores de condutividade elétrica e alcalinidade total, baixo teor de matéria orgânica no sedimento, torna estes ecossistemas, no que diz respeito às cadeias alimentares dos macroinvertebrados bentônicos dependentes de uma fonte alóctone de matéria orgânica. Com as alterações decorrentes dos represamentos ou presença de rejeito de bauxita, os macroinvertebrados bentônicos tiveram sua estrutura de comunidade drasticamente alterada, refletindo portanto, o grau de fragilidade destes ecossistemas.

## 5- O grau de influência das atividades da mineração de bauxita nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos ecossistemas estudados

O objetivo de todo esforço de levantamento de dados ecológicos deveria ser precisamente estabelecido antes da realização da primeira coleta. Este conceito não tem sido adequadamente utilizado, nem bem aceito por grande parte dos cientistas interessados em monitoramento de qualidade de água.

Na verdade, o que frequentemente se observa é um amplo e aprofundado levantamento de dados que têm como ponto de partida um grande objetivo geral. Este objetivo geral, por sua vez, nem sempre é algo passível de ser investigado (ou mesmo alcançado) no curto espaço de tempo de um projeto em ecologia. A isto junta-se o fato de que, muitas vezes, após encher páginas e páginas com tabelas de dados, o pesquisador necessita utilizar inúmeros tratamentos de estatística refinada, para "descobrir" padrões gerais. Assim, a estatística inúmeras vezes deixa de ser uma ferramenta para constituir-se quase que um fim em si mesma.

Neste ponto diferenciam-se dois conceitos fundamentais utilizados na grande maioria das pesquisas em ecologia, discutidos por PERRY *et al.* (1987): levantamento de dados e monitoramento.

Um levantamento de dados deve ser encarado como uma análise de tendências, ou seja, dados provenientes de séries de observações ao longo do tempo. Por outro lado, o monitoramento utiliza o levantamento de dados como uma ferramenta para avaliar o manejo e a regulação, ou seja, para determinar o como os critérios e decisões de manejo e regulação ambiental estão sendo desenvolvidos. Assim, um levantamento pode ser realizado na ausência de uma necessidade de tomada de decisão; monitoramento somente existe à luz de objetivos e metas bem definidas. Tanto um levantamento quanto um monitoramento requerem uma coleção de dados físicos, químicos e biológicos, mas o tipo e a quantidade dos dados pode diferir (PERRY *et al.*, 1987).

Nesse sentido, a presente pesquisa, desde o seu início teve um conjunto de objetivos bem claros, que passavam por uma exigência do IBAMA à Mineração Rio do Norte: monitorar as

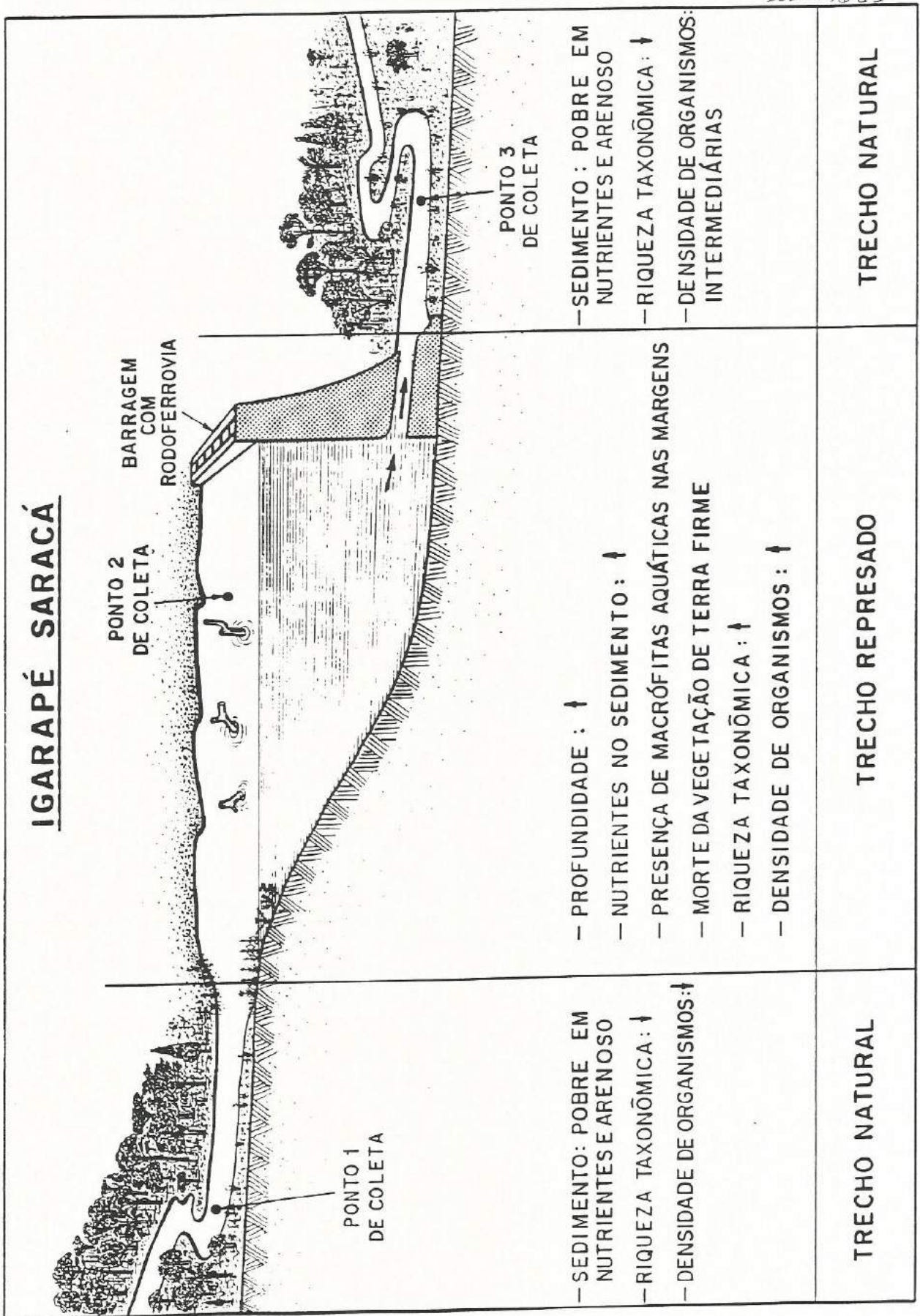
comunidades de macroinvertebrados bentônicos de alguns corpos d'água em Porto Trombetas, identificando o grau de influência das atividades desta empresa sobre estes corpos d'água. Para tanto, uma rede amostral foi estabelecida e, desde a primeira coleta, as principais formas de influência foram identificadas em cada um dos ecossistemas (Figuras 20 a 22).

O igarapé Caranã apresenta um trecho represado pela construção da rodoferrovia e, de uma maneira geral, as mesmas alterações que o trecho represado do igarapé Saracá. No entanto, no igarapé Caranã observa-se maior ocorrência de macrófitas aquáticas enraizadas de folhas flutuantes (*Nymphoides* spp., Marantaceae). Além disso, ao longo das coletas nesta estação amostral foi constatado forte odor de gás sulfídrico, o que indicaria que a decomposição da matéria orgânica no sedimento estaria sendo uma das principais razões para o desfavorecimento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Em outras palavras, a presença de  $H_2S$  e  $CH_4$  seria responsável pela baixa riqueza taxonômica e densidades de organismos no sedimento, devido à toxicidade destas substâncias.

Além disso, foi constatado que os igarapés Saracá e Caranã recebem em seus leitos materiais inorgânicos, tais como argilas, siltes e fragmentos de rochas que se assemelham ao minério de bauxita. Muito provavelmente estes materiais têm origem na rodoferrovia (decorrente do trânsito de trens, carros e ônibus), carreamento por chuvas e/ou erosão das encostas.

Outra forma de influência sobre a estrutura e funcionamento do igarapé Caranã decorre do lançamento do rejeito de lavagem de minério de bauxita que foi lançado durante cerca de 10 anos, responsável por profundas alterações nesta seção do ambiente. Estas perturbações provavelmente resultaram na eliminação de microhabitats disponíveis e nichos utilizáveis pelos macroinvertebrados bentônicos. Nas coletas realizadas nos períodos de chuvas dos anos de 1994 e 1995 não foram encontrados organismos bentônicos na estação amostral Caranã-3. Assim, pode-se dizer que o rejeito de lavagem de minério de bauxita nesta estação amostral foi responsável pela eliminação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e, desde a interrupção do lançamento, estes organismos ainda não conseguiram recolonizar efetivamente este trecho do ecossistema.





85

Figura 18 : Esquema ilustrando as principais características ecológicas dos trechos naturais e represados do igarapé Saracá, destacando as alterações decorrentes das atividades da mineração de bauxita.

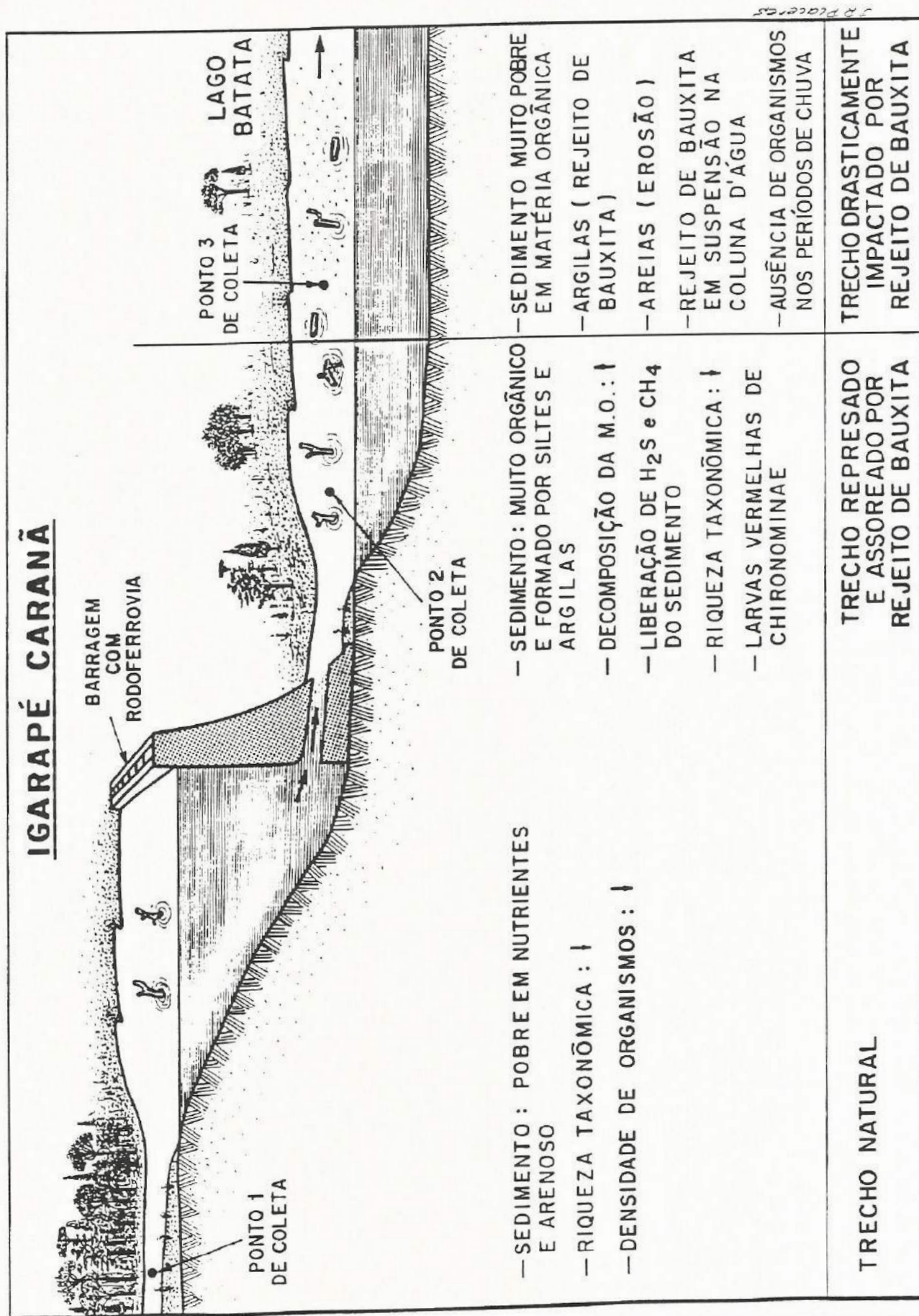


Figura 19: Esquema ilustrando as principais características ecológicas dos trechos natural, represado e drasticamente impactado por rejeito de bauxita no Igarapé Caraná, destacando as alterações decorrentes das atividades da mineração de bauxita.

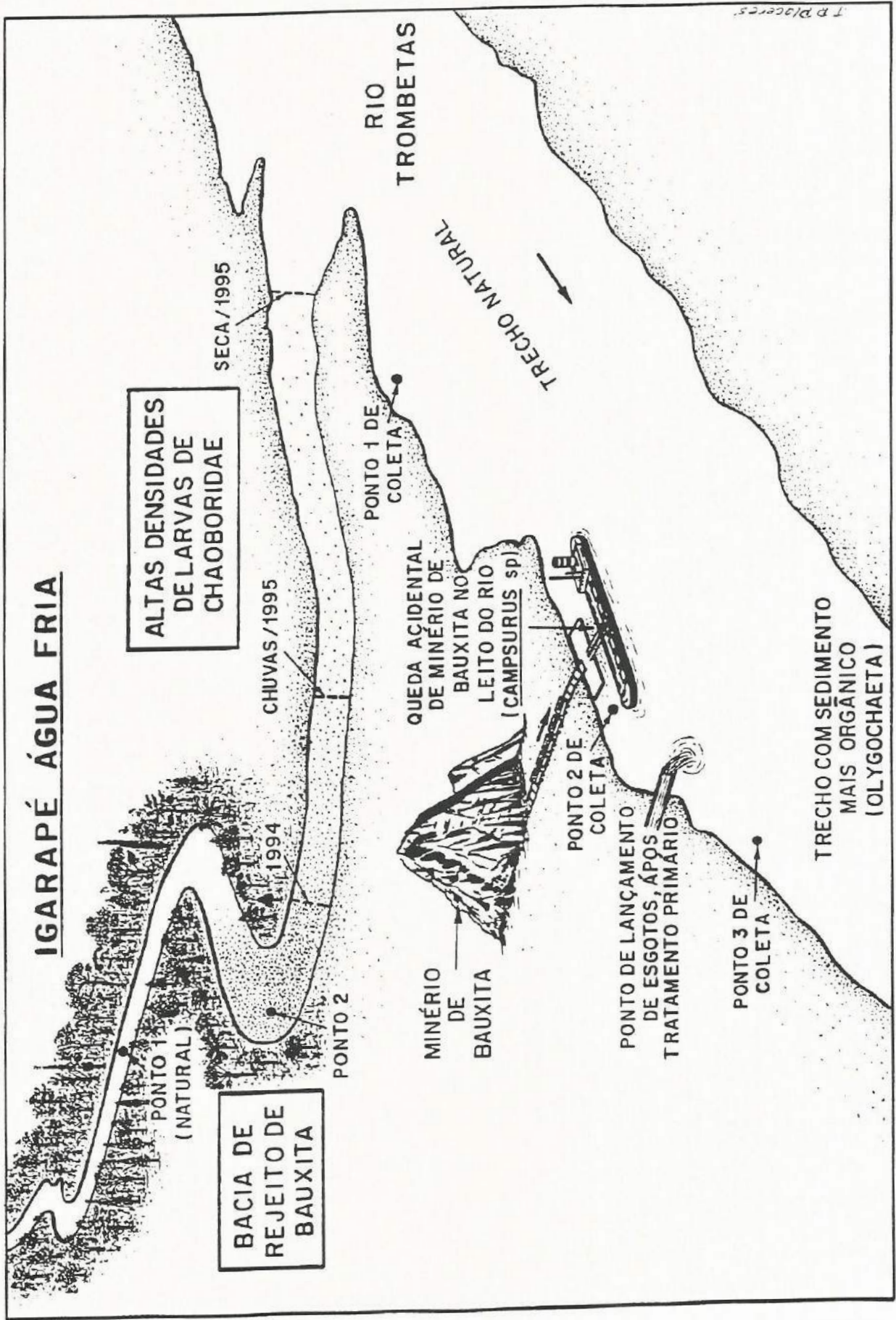


Figura 20: Esquema ilustrando as principais características ecológicas do igarapé Água Fria e rio Trombetas, além das alterações ecológicas decorrentes das atividades da mineração de bauxita. Notar a evolução do rejeito de bauxita no igarapé Água Fria nos anos de 1994 e 1995.

Dos quatro ecossistemas estudados, o igarapé Água Fria constitui-se no mais evidente exemplo de evolução das consequências ecológicas negativas das atividades da mineração nos corpos d'água da região.

Em um trecho próximo às margens deste igarapé localiza-se uma bacia de rejeito de bauxita, oriundo da área industrial. Através do transbordamento frequente do material depositado nesta bacia de rejeito foi detectado o forte comprometimento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos no trecho localizado na área próxima a esta bacia. No segundo ano de amostragens, na coleta realizada no período de seca, foi constatado que o prognóstico estava correto. Com a redução do nível d'água do rio Trombetas (durante o período de vazante), houve drástica redução do nível d'água do igarapé Água Fria (mais de 7 metros). Assim houve o escoamento de grande quantidade de rejeito para o leito do igarapé, chegando até o rio Trombetas. Nesta coleta, foi constatado que 2 das 3 estações amostrais do igarapé Água Fria estavam impactadas pelo rejeito de bauxita com sério comprometimento da fauna bentônica.

No caso do rio Trombetas, a situação mostrou-se estável nos dois anos do estudo. Na estação de coleta localizada abaixo da esteira que transporta minério de bauxita dos armazéns de secagem para os navios no porto, foi constatada a presença de minério no sedimento. Desta maneira foi observado que a queda acidental de minério no leito do rio (provavelmente intensificada durante o período de chuvas, quando os índices pluviométricos são maiores na região) acarretou alteração na comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Ainda no rio Trombetas, na estação amostral a jusante do porto, foi observado que o lançamento dos esgotos de Porto Trombetas (após processados na estação de tratamento da empresa) contribuem para o aumento de matéria orgânica no leito do rio. Esta inferência foi corroborada pelo aumento do número de *Olygochaeta* nesta estação amostral.

Como foi exposto acima, a partir da interpretação biológica dos dados de monitoramento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nestes quatro ecossistemas foi possível estimar o grau de influência das atividades da mineração sobre estes corpos d'água.

Pode-se dizer que os questionamentos a partir dos dados obtidos nesta pesquisa alcançaram, de forma muito positiva, seus objetivos. Segundo SOKOLIK & SCHAEFFER (1986), um aspecto fundamental em qualquer pesquisa científica é a questão dos dados versus informação. Um banco de dados é a coleção de pontos numéricos e/ou alfa-numéricos; este banco de dados pode ou não conter informações. A informação ecológica é a interpretação dos dados à luz de outras variáveis e influências. Os programas de monitoramento de qualidade de água têm concentrado esforços no levantamento de dados, negligenciando uma grande quantidade de informações. A informação ecológica é extraída dos dados quando as tendências são quantificadas ou quando correlações ao longo do tempo ou espaço são validadas. O simples levantamento de mais e mais dados, dedicando-se pouca atenção à informação contida representa o desperdício de recursos valiosos (tempo, dinheiro, mão de obra, etc.). Para garantir o sucesso nas decisões de manejo ou regulação de recursos hídricos, deve-se dedicar mais atenção aos métodos utilizados para obter-se precisamente as informações necessárias a partir de um conjunto de dados antes que eles sejam coletados. PERRY *et al.* (1987) acreditam que se isto for bem feito, pode-se alcançar uma maior garantia de financiamentos para a conservação de recursos hídricos.

---

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES DESTA PESQUISA

---

1- Com base nos padrões de estrutura taxonômica e distribuição de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foi possível identificar que as atividades de extração, beneficiamento e transporte de minério de bauxita em Porto Trombetas exercem forte influência (direta ou indireta) nos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas.

2- Os ecossistemas estudados apresentam modificações físicas que acarretaram em alterações na distribuição dos macroinvertebrados bentônicos tais como: represamento dos corpos d'água com alteração do hidrodinamismo; presença de rejeito ou minério de bauxita na coluna d'água e no fundo, alterando drasticamente a composição granulométrica do sedimento.

3- Alterações químicas: aumento das concentrações de C-orgânico, N-total e P-disponível no sedimento dos trechos represados pela construção da rodoferrovia que liga a vila de Porto Trombetas à mina de bauxita, cortando os igarapés Saracá e Caranã, alterando a estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos, notadamente quanto à distribuição de larvas de Chironomidae.

4- Alterações na estrutura espacial e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos: através da comparação dos padrões observados nas estações livres de qualquer influência (naturais) e as demais estações amostrais foi possível evidenciar sérias alterações em termos de riqueza taxonômica (especialmente quanto ao número de gêneros de Chironomidae) e densidade de organismos.

5- Variações temporais na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos ecossistemas estudados: foram identificados padrões diferenciados comparando períodos de chuvas e de seca nos anos de 1994 e 1995 nos quatro ecossistemas estudados. No igarapé Água Fria foi observada a maior amplitude de variação de nível d'água, refletindo na distribuição dos organismos macrobentônicos, principalmente quanto à representatividade das guildas tróficas (fragmentadores, coletores, raspadores e carnívoros).

6- No igarapé Água Fria a influência do rejeito de bauxita tem aumentado progressivamente e a previsão é que aumente ainda mais. Este fato pode ser atribuído às finas partículas do rejeito que são facilmente carregadas pela correnteza do local que, por sua vez, é influenciada pelas variações do pulso de inundação do rio Trombetas.

7- O rejeito de bauxita lançado no igarapé Caranã foi responsável por profundas e drásticas alterações em um trecho considerável do ecossistema. Considerando-se que o lançamento foi interrompido em novembro de 1989, e até hoje a comunidade de macroinvertebrados bentônicos nesta seção do igarapé ainda não se restabeleceu (foi detectada ausência de organismos no período de chuvas dos dois anos), pode-se prever que, o processo de recolonização dos macroinvertebrados bentônicos será extremamente demorado, podendo levar ainda muitos anos.

8- As atividades de carregamento de bauxita no porto são responsáveis pelo lançamento accidental de quantidades consideráveis no leito do rio Trombetas, que são carregadas para trechos a jusante. Com isso houve mudança na composição granulométrica do sedimento e foi observado o predomínio de ninfas de *Campsurus*. A ocorrência deste organismo pôde ser relacionada à deposição de minério de bauxita no sedimento.

9- Existe a necessidade de estabelecer um Programa de Monitoramento a longo prazo com o objetivo de verificar se a comunidade de macroinvertebrados bentônicos conseguirá recolonizar os trechos seriamente afetados por rejeito de bauxita. Além disso seria importante estudar a sucessão de organismos bentônicos, considerando as principais guildas tróficas, nos trechos represados pela construção da rodoferrovia afim de identificar o papel destes organismos na decomposição da matéria orgânica nestas seções dos igarapés estudados.

---

## PERSPECTIVAS FUTURAS

---

1- Implantação de um Programa de Biomonitoramento a longo prazo, com o objetivo de identificar se a limitação no número de observações não estaria mascarando fenômenos cíclicos de ocorrência dos dados em resposta a ciclos hidrográficos longos, em muitos casos, associados a explicações ambientais conhecidas.

2- Igarapé Caraná: (a) acompanhamento e investigação visando estimar a recolonização do trecho com rejeito de bauxita; (b) estudar a "melhora" das condições no trecho represado, para ver se chega próximo ao padrão na estação Saracá-2

3- Igarapé Água Fria: monitoramento da evolução do impacto do rejeito de bauxita visando minimizar os efeitos para que a situação não alcance o estado atual da estação Caraná-3 (ausência total de organismos).

4- Descrição das espécies de Chironomidae (a partir dos adultos) e futura relação com as larvas que vivem no sedimento dos igarapés.

5- Rio Trombetas: quantificar a partir de um transect qual a distância em que a queda de bauxita influi no rio, em termos de transparência da coluna d'água (turbidez) e alteração da composição granulométrica no sedimento.

6- Ampliação da rede amostral, passando a estudar outros igarapés da região.



---

## Bibliografia

---

- Aguiaro, T. & Caramaschi, E.P. (no prelo). Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *Verh. Int. Ver. Limnol.*
- Allen, S.E.; Grimshaw, H.M.; Parkinson, J.A. & Quarmby, C. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 565p.
- Ambühl, H. & Bühler, H. 1975. Zur Technik der Entnahme Ungestörter Grossproben von Seesedimenten: ein neubessertes Methode. *Schweiz. Z. Hydrol.* 37: 175-186.
- Araujo, P.R.P. de. 1995. Biomonitoramento da qualidade da água do Guandu e do Paraíba. *Revista FEEMA* 7: 22-25.
- Balon, E. K. 1975a. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32: 821-864.
- Balon, E.K. 1975b. Ecological guilds of fishes: a short summary of the concept and its application. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 19: 2430-2439.
- Beamish, R.J. & Harvey, H.H. 1972. Acidification of the La Cloche Mountain Lakes, Ontario, and resulting fish mortalities. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 29: 1131-1143.
- Begon, M.; Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3ed. Blackwell Science. 1068p.
- Bezerra, M.A.O. 1987. *Contribuição ao estudo limnológico da Represa de Três Marias (MG) com ênfase no ciclo do nitrogênio*. São Carlos, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, dissertação de mestrado.
- Bonetto, C.; Cabo, L.; Gabellone, N.; Vinocur, A.; Donadelli, J. & Unrein, F. 1994. Nutrient dynamics in the deltaic floodplain of lower Paraná river. *Arch. Hydrobiol.* 131(3): 277-295

- Boulton, A.J. & Lake, P.S. 1992. The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. III. Temporal changes in faunal composition. *Freshwat. Biol.* 27: 123-138.
- Brundin, L. 1951. The relation of O<sub>2</sub>-microstratification at the mud surface to the ecology of the profundal bottom fauna. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 32: 32-42.
- Bruton, M.N. & Merron, G.S. 1990. The proportion of different eco-ethological sections of reproductive guilds of fishes in some African inland waters. *Environ. Biol. Fish.* 28: 179-187.
- Bunn, S.E.; Edward, D.H. & Loneragan, N.R. 1986. Spatial and temporal variation in the macroinvertebrate fauna of streams of the northern jarrah forest, Western Australia: community structure. *Freshwat. Biol.* 16: 67-92.
- Cairns, J.Jr. e Pratt, J.R. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates, *In: Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, (eds Rosenberg, D.M. e Resh, V.H.), Chapman e Hall, New York, pp. 10-27.
- Callisto, M. (no prelo) Macroinvertebrados bentônicos. *In: Lago Batata: história, impacto e recuperação*. Ed. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Esteves, F.A. & Bozelli, R.L. (eds.).
- Callisto, M. (submetido) Larvas bentônicas de Chironomidae em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. *Anais VIII Sem. Reg. Ecol.*, Universidade Federal de São Carlos, SP.
- Callisto, M. & Esteves, F.A. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita - lago Batata (Pará, Brasil). *Oecologia Brasiliensis*. Volume 1. Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. *In: Esteves, F.A. (ed.)*, p. 281-291, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

- Callisto, M. & Esteves, F.A. (no prelo, a) Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá. *Acta Limnol. Brasil.* 8.
- Callisto, M. & Esteves, F.A. (no prelo, b) Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnol. Brasil.* 8.
- Callisto, M.; Fonseca, J.J.L. & Gonçalves, J.F.Jr. (no prelo, a) Benthic macroinvertebrates of four amazonian streams influenced by bauxite mine (Brazil). *Verh. Int. Ver. Limnol.* 26.
- Callisto, M.; Serpa-Filho, A.; Oliveira, S.J.de & Esteves, F.A. (1996) Chironomid on leaves of the aquatic macrophyte *Typha domingensis* in a coastal lagoon (Brazil). *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 31(1): 50-52.
- Caraco, N.F.; Cole, J.J. & Likens, G.E. 1989. Evidence for sulphate-controlled phosphorus release from sediments of aquatic systems. *Nature* 341: 316-318.
- Carmouze, J-P. 1984. Généralisation d'une méthode de détermination du carbone minéral total par pHmétrie dans les eaux. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 17(3): 175-189, 1984.
- Carmouze, J.-P. 1994. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. Ed. Edgard Blücher: FAPESP. 253p.
- Ceccherelli, V.U. & Fabbri, G.G. 1978. Sampling efficiency of three different types of corers on meiofauna of muddy bottom. *Arch. Oceanogr. Limnol.* 19: 85-98.
- Chutter, F.M. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Res.* 6: 19-30.
- Colinvaux, P. 1986. *Ecology*, ed. John Wiley & Sons, New York, 725p.

- Colinvaux, P. 1993. *Ecology* 2nd ed.. John Wiley & Sons, New York, 688p.
- Collins, N.C.; Zimmerman, A.P. & Knoechel, R. 1981. Comparisons of benthic infauna and epifauna biomasses in acidified and non-acidified Ontario Lakes. Proc. Symp. Acidic Precipitation on Benthos. *J.N. Am. benthol. Soc.* 1980: 35-48.
- Connell, J.H. & Sousa, W.P. 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *Am. Nat.* 121:789-824.
- Cook, S.E.K. 1976. Quest for an index of community structure sensitive to water pollution. *Environ. Pollut.* 11: 269-288.
- Corkum, L.D. & Ciborowski, J.J.H. 1988. Use of alternative classifications in studying broad scale distributional patterns of lotic invertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 167-179.
- Corrêa, D.D. 1948. A Polychaete from the Amazon-region. *Bol. F. F. C. L. USP - Zoologia* 13: 245-257.
- Cranston, P. (ed.) 1995. *Chironomids: From genes to ecosystems. Proc. 12th Int. Symp. on Chironomidae, Canberra, January 23-26, 1994.* CSIRO Australia, East Melbourne, 450p.
- Cummins, K.W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomology* 18: 183-206.
- Cummins, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* 24: 631-641.
- Dahl, C.; Widahl, L.E.; Nilsson, C. 1988. Functional analysis of the suspension feeding system in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 105-127.
- Dall, P.C. 1995. Commonly used methods for assessment of water quality. In: *Proceedings of the Tempus Workshop on Biological Assessment of Organic Pollution in Streams (Theory, Application and Comparison of Methods)*. Ljubljana 20-26 Apr. 1995. Slovenian. 49-70pp.

- Dall, P.C.; Lindegaard, C. & Jónasson, P.M. 1990. In-lake variations in the compositions of zoobenthos in the littoral of lake Esrom, Denmark. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 24: 613-620.
- Death, R.G. 1996. The effect of habitat stability on benthic invertebrate communities: the utility of species abundance distributions. *Hydrobiologia* 317: 97-107.
- De Pauw, N. & Vanhooren, G. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia* 100: 153-168.
- Dermott, R.M. 1985. Benthic fauna in a series of lakes displaying a gradient of pH. *Hydrobiologia* 128: 31-38.
- Elliott, J.M. 1977. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic macroinvertebrates, 2nd. ed. *Freshwater Biological Association Scientific Publication* No. 25: 1-156.
- Elton, C.S. 1927. *Animal Ecology*. MacMillan Company, New York.
- Embrapa, 1975. *Manual de Análise de Solos*. mimeografado. 78p.
- Epler, J.H. 1992. *Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida*. Department of Environmental Regulation, State of Florida, 427p.
- Epler, J.H. 1995. *Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida*. 2nd. ed. Department of Environmental Regulation, State of Florida, 565p.
- Esteves, F.A. 1983. Levels of phosphate, calcium, magnesium and organic matter in the sediments of some brazilian reservoirs and implications for the metabolism of the ecosystems. *Arch. Hydrobiol.* 96(2): 129-138.
- Esteves, F.A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Ed. Interciência Ltda./FINEP, Rio de Janeiro, xvi + 574p.

- Esteves, F.A. & Camargo, A.F.M. 1982. Caracterização de sedimentos de 17 reservatórios do Estado de São Paulo com base no teor de feopigmentos, c-orgânico e nitrogênio orgânico. *Cienc. Cult.* 5(34): 669-674.
- Esteves, F.A.; Bozelli, R.L. & Roland, F. 1990. Lago Batata: um laboratório de limnologia tropical. *Ciência Hoje* 11(64): 26-33.
- Esteves, F.A.; Suzuki, M.S.; Callisto, M. & Peres-Neto, P.R. 1995. Teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e feopigmentos no sedimento de alguns ecossistemas lacustres do litoral do Estado do Espírito Santo. *Oecologia Brasiliensis*. Volume 1. Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. In: Esteves, F.A. (ed.), p. 281-291, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- Findlay, S.; Meyer, J.L. & Smith, P.J. 1986. Incorporation of microbial biomass by *Peltoperla* sp. (Plecoptera) and *Tipula* (Diptera). *J. N. Am. Benthol. Soc.* 5:306-310.
- Fisher, S.G.; Gray, L.J.; Grimm, N.B. & Busch, D.E. 1982. Temporal succession in a desert stream following flash flooding. *Ecol. Monogr.* 52: 93-110.
- Fittkau, E.J. 1971. Distribution and ecology of amazonian chironomids (Diptera). *Can. Entomol.* 103: 407-413.
- Fittkau, E.J. & S.S. Roback (1983) The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region - Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T. (ed.) Chironomidae of the Holarctic region - keys and diagnoses. Part 1 - Larvae. *Ent. Scand. Suppl.* 19: 33-110.
- Fonseca, J.J.L.; Callisto, M. & Gonçalves, J.F.Jr. (no prelo) Benthic macroinvertebrates community structure in an amazonian lake impacted by bauxite tailing (Pará, Brazil). *Verh. Int. Ver. Limnol.* 26.

- Fonseca, J.J.L.; Gonçalves, J.F.Jr. & Callisto, M. (*submetido*) C, N, P e composição granulométrica do sedimento em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência de uma mineração de bauxita. *An. VIII Sem. Reg. Ecol.*, Universidade Federal de São Carlos, SP.
- Fowler, G.W. & Witter, J.A. 1982. Accuracy and precision of insect density and impact estimates. *Great Lakes Entomol.* 15: 103-117.
- Frank, C. 1983. Ecology, production and anaerobic metabolism of *Chironomus plumosus* L. larvae in a shallow lake. II Anaerobic metabolism. *Arch. Hydrobiol.* 96: 354-362.
- Friberg, N. & Johnson, R.K. (eds.). 1995. *Methods for biological monitoring of streams in the Nordic countries based on macroinvertebrates. NMR report. Uppsala, Sweden, pp.: 4-12.*
- Furse, M.T.; Moss, D.; Wright, J.F. & Armitage, P.D. 1984. The influence of seasonal and taxonomic factors on the ordination and classification of running-water sites in Great Britain and on the prediction of their macroinvertebrate communities. *Freshwat. Biol.* 14: 257-280.
- Gladden, J.E. & Smock, L.A. 1990. Macroinvertebrate distribution and production on the floodplains of two lowland headwater streams. *Freshwat. Biol.* 24: 533-545.
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater.* Londres: Blackwell Scientific Publication. 214p.
- Gonçalves, J.F.Jr.; Callisto, M. & Fonseca, J.J. L. (*no prelo*). Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboacica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). *Oecologia Brasiliensis* 3.
- Grahn, O.; Hultberg, H. & Landner, L. 1974. Oligotrophication a self-accelerated process in lakes subject to excessive supply of acid substances. *Ambio* 3: 93-94.
- Green, J. 1972. Ecological studies on crater lakes in west Cameroon. Zooplankton of Barombi Mbo, Mboandong, Lake Dotto and Lake Soden. *J. Zool., London* 166:203-301.

- Gregory, S.V.; Swanson, F.J.; Mckee, W.A. & Cummins, K.W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *Bioscience* 41: 540-551.
- Heinis, F. & Crommentuijn, T. 1992. Behavioural responses to changing oxygen concentrations of deposit feeding chironomid larvae of littoral and profundal habitats. *Arch. Hydrobiol.* 124: 173-185.
- Heinis, F.; Sweerts, J-P.; Loopik, E. 1994. Micro-environment of chironomid larvae in the littoral and profundal zones of Lake Maarsseveen I, The Netherlands. *Arch. Hydrobiol.* 130(1): 53-67.
- Hellawell, J. 1977. Biological surveillance and water quality monitoring. *In: Biological monitoring of Inland Fisheries*, *In: J.S. Alabaster (ed.) Applied Science Publishers., London.* pp. 69-88.
- Hury, A.D. & Wallace, J.B. 1987. Local geomorphology as a determinant of macrofaunal production in a mountain stream. *Ecology* 68: 1932-1942.
- Illies, J. & Schmitz, W. 1980. Studien Zum Gewässerschutz - 5. Die Verfahren der biologischen Beurteilung des Gütezustandes der Fliessgewässer. Landesanstalt für Umweltschutz-Baden-Württemberg-Karlsruhe. 125pp.
- Int Panis, L. 1995. The spatial distribution of benthic invertebrates in standing waters. Tese de doutorado. Universitaire Instelling Antwerpen. 181 pp.
- Jackson, J.K. & Resh, V.H. 1988. Sequential decision plans in monitoring benthic macroinvertebrates: cost savings, classification accuracy, and development of plans. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 280-286.
- Janssens de Bisthoven, L.; Van Looy, E.; Ceusters, R.; Gullentops, F. & Ollevier, F. 1992. Densities of *Prodiamesa olivacea* (Meigen) (Diptera: Chironomidae) in a second order stream, the Laan (Belgium): relation to river dynamics. *Neth. J. Aqua. Ecol.* 26(2-4): 485-490.



- Johnson, R.K. 1995. The indicator concept in freshwater biomonitoring. In: Cranston, P. S. (ed.). *Chironomids: from genes to ecosystems*, p. 11-27. *Proc. 12th Int. Symp. on Chironomidae, Canberra, January 23-26, 1994*. CSIRO Australia, East Melbourne.
- Junk, W.J. 1980. Áreas Inundáveis - Um desafio para Limnologia. *Acta Amazon.* 10(4): 775-795.
- Kelso, J.R.M.; Love, R.J.; Lipsit, J.H. & Dermott, R. 1982. Chemical and biological status of headwater lakes in the Sault Ste. Marie District, Ontario. In F. D'Itri (ed.), *Acid Precipitation Effects on ecol. Syst.* Ann Arbor. Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan: 165-207.
- King, J.M.; Day, J.A.; Hurly, P.R.; Henshall-Howard, M.-P. & Davies, B.R. 1988. Macroinvertebrate communities and environment in a southern African mountain stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 2168-2181.
- Kitching, R.L. 1987. Spatial and temporal variation in food webs in water-filled tree holes. *Oikos* 48: 280-288.
- Krumbein, W.C. 1934. Size frequency distribution of sediments. *J. Sedim. Petrol.* 4: 65-77.
- Lapa, R.P. & Cardoso, W. 1988. Tailings disposal at the Trombetas bauxite mine. - *Proceedings 117th TMS Annual Meeting*, Phoenix. Ed. Larry: 65-76.
- Leuchs, H. 1986. Die Schlangelaktivität von *Chironomus* larven (Diptera) aus flachen und tiefen Gewässern und die resultierenden Wasserzirkulationen in Abhängigkeit von Temperatur und Sauerstoffangebot. *Arch. Hydrobiol.* 108: 281-299.
- Lewis, W.M.JR. 1979. *Zooplankton community analysis: studies on a tropical system*. Springer-Verlag, New York, NY. 163p.
- Liebmann, H. 1962. *Handbuch der Frischwasser-und Abwasserbiologie*. 2nd. ed. Vol. 1, München. 588pp.

- Lindegaard, C. 1995. The faunas response on human impacts in running waters with special reference to lowland conditions. *In*: Toman, M.J. & Steinman, F. (ed.) Biological assessment of stream water quality (theory, application and comparison of methods). *Proceedings of the Tempus Workshop on Biological Assessment of Organic Pollution in Streams*. Ljubljana 20-26 Apr. 1995. University of Ljubljana, Slovenia. 11-48pp.
- Lodge, D.M.; Barko, J.W.; Strayer, D.; Melack, J.M.; Mittelbach, G.G.; Howarth, R.W.; Menge, B. & Titus, J.E. 1994. Chapter 12: Spatial heterogeneity and habitat interactions in Lake communities. *In*: Carpenter, S.R. (ed.). *Complex interactions in lake communities*. Springer-Verlag. 181-208.
- Margalef, R. 1983. *Ecologia*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 871p.
- Margalef, R. 1989. *Ecología*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona 951p.
- May, R.M. 1973. *Stability and complexity in Model Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton.
- Merritt & Cummins, K.W. (ed.). 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. 2nd ed., Kendall/ Hunt Publ., Dubuque, xiii + 722 p.
- Metcalfé, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on Macroinvertebrate Communities: history and present status in Europe. *Environ. Pollut.* 60: 101-139.
- Meyer, J.L.; McDowell, W.H.; Bott, T.L.; Elwood, J.W.; Ishizaki, C.; Melack, J.M.; Peckarsky, B.L.; Peterson, B.J. & Rublee, P.A. 1988. Elemental dynamics in streams. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 410-432.
- Mishall, G.W. 1984. Aquatic insect-substratum relationships. *The Ecology of Aquatic Insects* (eds. V.H. Resh & D.M. Rosenberg), pp. 358-400. Praeger Scientific, New York.

- Minshall, G.W. 1988. Stream ecosystem theory: a global perspective. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 263-288.
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. 1993. *Wetlands*, 2nd ed. Springer-Verlag, New York, NY. 335p.
- Moreno, I.H. 1987. *Contribuição ao estudo do ciclo do fósforo na Represa de Três Marias*. São Carlos, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. dissertação de mestrado. 160p.
- Mossberg, P. & Nyberg, P. 1979. Bottom fauna of small acid forest lakes. *Rep., Inst. Freshwat. Res., Drottningholm* 58: 77-87.
- Naiman, R.J.; Melillo, J.M.; Lock, M.A.; Ford, T.E. & Reice, S.R. 1987. Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a subarctic river continuum. *Ecology* 68: 1139-1156.
- Nessimian, J.L. & Sanseverino, A.M. 1995. Structure and dynamics of Chironomid fauna from a sand dune marsh in Rio de Janeiro State, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 30(4): 207-219.
- Odum, E.P. 1985. *Ecologia*. ed. Interamericana, Rio de Janeiro, 434p.
- Oertli, B. 1995. Spatial and temporal distribution of the zoobenthos community in a woodland pond (Switzerland). *Hydrobiologia* 300/301: 195-204.
- Okland, K. 1980. Mussels and crustaceans. Studies of 1000 lakes in Norway. *Proc. int. Conf. ecol. Impact Acid Precipitation, (SNSF-project) Norway*: 324-325.
- Oliveira, S.J.; Messias, M.C. & Silva-Vasconcelos, A.S. 1992. Sobre um novo gênero neotrópico da Subfamília Tanypodinae (Diptera, Chironomidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 87 (Supl. 1): 161-165.

- Otto, C. & Svensson, B.S. 1983. Properties of acid brown water streams in south Sweden. *Arch. Hydrobiol.* 99: 15-36.
- Pastorok, R.A. 1980. Selection of prey by *Chaoborus* larvae: a review and new evidence for behavioral flexibility, p. 538-554. In: Kerfoot, W.C. (ed.) *Evolution and ecology of zooplankton communities*. American Society of Limnology and Oceanography Special Symposium vol.3. University Press of New England, Hanover, NH. 320p.
- Pereira, M.C.F. 1994. *Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá*. dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 131pp.
- Pérez, G.P. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidade de Antioquia, 217p.
- Perry, J.A.; Schaeffer, D.J. & Herricks, E.E. 1987. Innovative designs for water quality monitoring: are we asking the questions before the data are collected?, *New Approaches to Monitoring Aquatic Ecosystems*, ASTM STP 9400, T.P. Boyle (ed.), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 28-39.
- Pimm, S.L. 1982. *Food webs*. London: Chapman & Hall. 350p.
- Pinder, L.C.V. e Reiss, F. 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holartic region - Keys and diagnoses. WIEDERHOLM, T. (ed.) *Chironomidae of the Holartic region - keys and diagnoses. Part 1 - Larvae. Ent. Scand. Suppl.* 19: 293-435.
- Poff, N.L. & Ward, J.V. 1989. Implications of stream flow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of stream flow patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1805-1818.
- Pourriot, R. 1977. Food and feeding habitats of rotifera. *Arch. Hydrobiol. Beiheft* 8: 243-260

- Pratt, J.M. & Coler, R.A. 1976. A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers. *Water Res.* 10: 1019-1025.
- Quinn, J.M. & Hickey, C.W. 1990. Characterization and classification of benthic invertebrate communities in 88 New Zealand rivers in relation to environmental factors. *N. Z. J. Mar. Freshwat. Res.* 24: 387-407.
- Reiss, F. 1990. Revision der gattung *Zavreliella* Kieffer, 1920. *Spixiana* 13 (1): 83-115.
- Resh, V.H. & Rosenberg, D.M. 1984. *The ecology of aquatic insects*. Praeger Publisher, New York. 350p.
- Richards, C.; Host, G.W. & Arthur, J.W. 1993. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.* 29: 285-294.
- Riessen, H.P.; Sommerville, J.W.; Chiappari, C. & Gustafson, D. 1988. *Chaoborus* predation, prey vulnerability, and their effect in zooplankton communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1912-1920.
- Roback, S.S. 1966. The Catherwood Foundation Peruvian-Amazon Expedition. XII. Diptera, with some observations on the salivary glands of the Tendipedidae. *Monogr. Acad. Nat. Sci. Philad.* 14: 305-375.
- Roff, J.C. & Kwiatkowski, R.E. 1977. Zooplankton and zoobenthos communities of selected northern Ontario lakes of different acidities. *Can. J. Zool.* 55: 899-911.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. ed. Chapman & Hall, New York 488p.
- Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-350.

- Salati, E. & Marques, J. 1984. Climatology of the Amazon region. *In*: Sioli, H. (ed.), *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. The Hague, Dr. W. Junk, p. 85-126. (Monographie Biologicae, 56).
- Schindler, D.W. 1987. Detecting ecosystem responses to anthropogenic stress. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 (suppl. 1): 6-25.
- Simberloff, D. & Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 22: 115-143.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. *In*: Sioli, H. *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. The Hague, Dr. W. Junk, p. 127-175. (Monographiae Biologicae, 56).
- Sioli, H. 1985. *Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Trad. Johann Becker. Petrópolis, Editora Vozes, 72p.
- Sokolik, S. & Schaeffer, D.J. 1986. Improving the management of environmental information. *Environ. Manage.* 10: 311-318.
- Sprules, W.G. 1984. Towards an optimal classification of zooplankton for lake ecosystem studies. *Verh., Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 22: 320-325.
- Stahl, J.B. 1959. The developmental history of the Chironomid and Chaoborus faunas of Myers Lake. *Invest. Indiana Lakes & Streams* 5(2): 47-102.
- Statzner, B.; Gore, J.A. & Resh, V.H. 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 307-360.

- Strixino, G.B.M.A. 1973. *Sobre a ecologia dos macroinvertebrados do fundo, na Represa do Lobo*. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 242p. Tese de Doutorado, São Carlos, SP.
- Strixino, S.T. & Strixino, G. 1982. Ciclo de vida de *Chironomus sancticaroli* Strixino & Strixino (Diptera: Chironomidae). *Revta. Bras. Ent.* 26(2): 183-189.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. ed. Edgard Blucher Ltda, EDUSP. 317p.
- Sutcliffe, D.W. & Carrick, T.R. 1973. Studies on mountain streams in the English lake District, 1. pH, calcium and the distribution of invertebrates in the River Duddon. *Freshwat. Biol.* 3: 437-462.
- Tate, C.M. & Heiny, J.S. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.* 33: 439-454.
- Thienemann, A. 1921. Seentypen. *Naturwiss* 18: 343-430.
- Tolentino, M.; Esteves, F.A.; Roland, F. & Thomaz, S.M. 1986. Composição química do sedimento de doze lagoas do litoral fluminense e sua utilização na tipologia destes ecossistemas. *Acta Limnol. Brasil.* 1:431-447.
- Toman, M.J. 1995. Pollution in streams - general aspects and history of biological assessment. In: Toman, M.J. & Steinman, F. (ed.) Biological assessment of stream water quality (theory, application and comparison of methods). *Proceedings of the Tempus Workshop on Biological Assessment of Organic Pollution in Streams*. Ljubljana 20-26 Apr. 1995. University of Ljubljana, Slovenia. 1-10pp.
- Townsend, C.R.; Hildrew, A.G. & Francis, J.E. 1983. Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors. *Freshwat. Biol.* 13: 521-544.

- Trivinho-Strixino, S. & Strixino, G. 1995. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - Guia de Identificação e diagnose dos gêneros*. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 229p.
- Vannote, R.L. & Sweeney, B.A. 1980. Geographic analysis of thermal equilibria: a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. *Am. Nat.* 115: 667-695.
- Walker, I. 1992. The benthic litter habitat with its sediment load in the inundation forest of the Central Amazonian blackwater river Tarumã-Mirim. *Amazoniana* 12: 143-153.
- Walshe, B.M. 1950. The function of haemoglobin in *Chironomus plumosus* under natural conditions. *J. Exp. Biol.* 27: 73-95.
- Ward, J.V. 1986. Altitudinal zonation in a Rocky Mountain stream. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 74(2): 133-199.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic Insect Ecology: 1. Biology and habitat*. John Wiley & Sons, New York, 438p.
- Ward, J.V. & Stanford, J.A. 1982. Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomology* 27: 97-117.
- Warren, P.H. 1989. Spatial and temporal variation in the structure of a freshwater food web. *Oikos* 55: 299-311.
- Weber, R. 1980. Functions of invertebrate hemoglobins with special reference to adaptations to environmental hypoxia. *Amer. Zool.* 20: 79-101.
- Welch, P.S. 1952. *Limnology*. McGraw-Hill, New York.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30: 377-392.



- Whittaker, R. & Levin, S. 1975. Niche theory and application. *In: Buchmark Papers in Ecology*. London, 448p.
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. *Entomol. Scand. Suppl.* 19, 457p.
- Wiederholm, T. & Eriksson, L. 1977. Benthos of an acid lake. *Oikos* 29: 261-267.
- Wiens, J.A.; Addicott, J.F.; Case, T.J. & Diamonds, J. 1986. Overview: the importance of spatial and temporal scale in ecological investigations. *In: Diamond, J. & Case, T.J. (eds.), Community ecology*. Harper & Rom, New York,: 145-153.
- Wilps, H. & Zebe, E. 1976. The end-products of anaerobic carbohydrate metabolism in the larvae of *Chironomus thummi thummi*. *J. Comp. Physiol.* 112: 263-272.
- Woodiwiss, F.A. 1980. Biological Monitoring of surface water quality. Summary Report. Commission of the European Communities. Environment and Consumer Protection Service. 45 p.
- Wright, J.F. 1992. Spatial and temporal occurrence of invertebrates in a chalk stream, Berkshire, England. *Hydrobiologia* 248: 11-30.
- Wright, R.F. & Snekvik, E. 1978. Acid precipitation: chemistry and fish populations in 700 lakes in southern-most Norway. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 20: 765-775.
- Wülker, W. 1961. Lebenszyklus und vertikalverteilung der Chironomidae (Dipt.) *Sergentia coracina* Zett. im Titisee. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 14: 962-967.

---

# ANEXOS (TABELAS)

---

Tabela 3: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água (Temperatura do ar (oC), Profundidade (m), Transparência ao Disco de Secchi (m), Temperatura da camada inferior da coluna d'água (oC), pH, Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Alcalinidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Alcalinidade (mEq/ICO<sub>2</sub>), Oxigênio Dissolvido (% saturação), C-orgânico (mmol/g), N-total (mmol/g) e P-disponível ( $\mu\text{mol}/\text{g}$ ) no período de chuvas de 1994, nas diversas estações amostrais. Obs.: (n.d.) não detectado.

Estações	Tem. Ar	Profund.	Secchi	Tem. Água	pH	Condutiv.	Alcalin.	Oxig. Diss.	C-orgân.	N-total	P-dispon.
Saracá-1	27.0	2.0	0.8	27.0	4.5	11.0	n.d.	66.96	n.d.	0.16	n.d.
Saracá-2	28.0	3.3	0.85	24.9	4.7	12.0	88.25	38.00	26.29	8.07	3.27
Saracá-3	27.0	2.5	2.5	24.4	4.2	13.6	n.d.	72.13	10.19	4.25	9.28
Caraná-1	33.0	2.0	1.6	25.5	4.3	13.7	99.72	31.71	3.87	1.36	0.74
Caraná-2	31.0	2.5	1.4	26.0	4.7	10.5	n.d.	42.93	4.75	1.09	3.9
Caraná-3	28.0	0.8	0.45	27.8	4.9	22.0	n.d.	85.15	n.d.	0.21	0.02
Água-1	28.0	7.7	1.7	25.5	4.6	13.0	n.d.	15.12	11.67	4.43	2.03
Água-2	31.0	6.4	1.2	25.4	4.7	12.3	n.d.	11.94	27.51	2.75	0.41
Água-3	30.0	8.8	2.0	25.3	4.7	10.4	n.d.	7.65	0.86	0.58	1.87
Rio-1	27.0	20.8	0.7	26.3	5.1	18.8	n.d.	76.85	0.70	0.71	1.20
Rio-2	29.0	9.0	0.75	26.5	5.5	21.0	143.86	76.05	n.d.	0.25	0.56
Rio-3	30.0	13.5	0.8	26.3	5.3	11.7	n.d.	73.02	12.65	0.83	0.24

Tabela 4: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água (Temperatura do ar (oC), Profundidade (m), Transparência ao Disco de Secchi (m), Temperatura da camada inferior da coluna d'água (oC), pH, Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Alcalinidade ( $\mu\text{Eq}/\text{cm}$ ), Oxigênio Dissolvido (% saturação), C-orgânico (mmol/g), N-total (mmol/g) e P-disponível ( $\mu\text{mol}/\text{g}$ ) no período de seca de 1994, nas diversas estações amostrais. Obs.: (n.d.) não detectado, (n.c.) não coletado.

Estações	Tem. Ar	Profund.	Secchi	Tem.Água	pH	Condutiv.	Alcalin.	Oxig.Diss.	C-orgân.	N-total	P-dispon.
Saracá-1	33.3	2.7	2.7	28.1	4.8	7.3	179.09	n.c.	9.87	5.00	2.35
Saracá-2	30.7	2.2	2.2	28.0	4.9	7.5	174.42	n.c.	20.58	7.86	0.97
Saracá-3	27.5	0.4	0.4	28.5	5.0	13.8	187.39	77.41	2.08	0.50	1.31
Caraná-1	28.5	1.8	1.8	26.8	3.7	14.0	n.d.	41.82	32.16	3.83	0.42
Caraná-2	31.0	0.5	0.5	29.0	3.6	7.9	n.d.	84.84	1.60	0.64	0.06
Caraná-3	31.0	0.6	0.6	32.0	3.6	6.3	n.d.	107.04	0.26	0.16	0.06
Água-1	29.0	0.8	0.8	31.0	3.9	55.5	n.d.	79.18	0.42	0.62	0.36
Água-2	25.0	1.6	1.2	26.5	4.4	17.2	n.d.	61.3	19.75	6.43	3.12
Água-3	26.0	2.3	1.7	28.0	4.5	17.8	n.d.	69.14	0.52	0.62	0.26
Rio-1	27.6	3.0	2.3	32.0	6.2	16.0	42.60	76.65	2.64	0.41	1.20
Rio-2	29.0	9.0	2.5	31.5	6.4	12.7	1.10	86.56	n.d.	0.14	0.06
Rio-3	27.0	3.5	1.7	31.5	5.9	16.7	104.30	84.88	4.12	2.75	4.73

Tabela 5: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água (Temperatura do ar (oC), Profundidade (m), Transparência ao Disco de Secchi (m), Temperatura da camada inferior da coluna d'água (oC), pH, Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Alcalinidade ( $\text{mEq}/\text{CO}_2$ ), Oxigênio Dissolvido (% saturação), C-orgânico ( $\text{mmol}/\text{g}$ ), N-total ( $\text{mmol}/\text{g}$ ) e P-disponível ( $\mu\text{mol}/\text{g}$ ) no período de chuvas de 1995, nas diversas estações amostrais. Obs.: (n.d.) não detectado.

Estações	Tem. Ar	Profund.	Secchi	Tem.Água	pH	Condutiv.	Alcalin.	Oxig.Diss.	C-orgân.	N-total	P-dispon.
Saracá-1	25.0	1.3	1.3	24.5	4.43	41.0	n.d.	99.09	0.40	0.10	136.03
Saracá-2	27.0	3.2	0.65	24.9	4.51	74.0	n.d.	98.90	21.05	0.79	308.25
Saracá-3	25.0	0.8	0.8	25.8	4.66	8.7	n.d.	101.11	0.75	0.10	19.69
Caraná-1	25.0	0.7	0.7	24.5	3.89	82.0	69.5	99.65	n.d.	0.06	5.56
Caraná-2	30.0	1.0	0.6	26.1	4.60	20.0	n.d.	100.80	2.47	0.17	8.97
Caraná-3	29.0	0.5	0.3	27.9	5.25	9.0	n.d.	102.48	n.d.	0.05	1.31
Água-1	27.0	5.8	1.35	24.9	4.38	60.0	n.d.	97.18	17.53	0.66	1238.25
Água-2	29.0	4.6	0.75	25.5	5.21	13.0	n.d.	98.94	0.12	0.05	15.88
Água-3	31.0	3.0	1.25	26.8	5.97	10.0	10.4	102.92	1.81	0.09	49.53
Rio-1	27.0	6.0	0.9	26.9	5.65	45.0	n.d.	103.16	2.95	0.25	1141.03
Rio-2	30.0	13.0	0.9	27.0	5.76	17.4	17.3	103.24	n.d.	0.06	8.97
Rio-3	29.0	6.0	1.15	27.6	5.63	13.0	n.d.	105.23	0.20	0.14	853.25

Tabela 6: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água (Temperatura do ar (oC), Profundidade (m), Transparência ao Disco de Secchi (m), Temperatura da camada inferior da coluna d'água (oC), pH, Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Alcalinidade ( $\text{mEq}/\text{CO}_2$ ), Oxigênio Dissolvido (% saturação), C-orgânico ( $\text{mmol}/\text{g}$ ), N-total ( $\text{mmol}/\text{g}$ ) e P-disponível ( $\mu\text{mol}/\text{g}$ ) no período de seca de 1995, nas diversas estações amostrais. Obs.: (n.d.) não detectado.

Estações	Tem. Ar	Profund.	Secchi	Tem.Água	pH	Condutiv.	Alcalin.	Oxig.Diss.	C-orgân.	N-total	P-dispon.
Saracá-1	32.0	0.9	0.9	26.5	4.61	7.7	n.d.	83.52	0.28	0.08	101.59
Saracá-2	30.0	2.7	2.6	28.7	4.64	19.0	n.d.	86.04	2.50	0.08	149.81
Saracá-3	27.5	1.1	1.1	32.0	4.88	9.0	n.d.	91.36	0.20	0.04	6.69
Caranã-1	26.5	0.4	0.35	25.9	4.82	24.5	7.5	82.28	0.23	0.06	20.44
Caranã-2	30.5	0.7	0.7	29.2	5.15	7.6	96.7	86.08	4.00	0.14	32.69
Caranã-3	34.5	0.5	0.5	32.4	5.58	6.6	10.2	91.20	1.60	0.05	17.41
Água-1	30.0	0.2	0.15	30.0	4.51	13.5	n.d.	88.65	0.25	0.04	23.50
Água-2	30.0	0.1	0.1	33.4	3.64	92.0	n.d.	102.33	0.16	0.04	8.22
Água-3	30.0	0.4	0.25	27.6	4.38	11.5	n.d.	86.32	1.80	0.06	21.97
Rio-1	29.0	6.5	1.4	31.0	6.44	17.0	36.2	89.57	12.60	0.17	801.97
Rio-2	28.0	7.5	1.4	32.7	6.53	11.0	34.5	92.70	1.60	0.04	21.97
Rio-3	28.5	2.0	1.5	31.0	6.72	12.0	29.6	92.51	4.20	0.24	1135.69

Tabela 7: Dados de porcentagem de areias, siltes e argilas nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caraná, Água Fria e rio Trombetas, nos quatro períodos amostrais dos anos de 1994 e 1995.

	Estações Amostrais											
	Saracá-1	Saracá-2	Saracá-3	Caraná-1	Caraná-2	Caraná-3	Água-1	Água-2	Água-3	Rio-1	Rio-2	Rio-3
chuvas/94	% areias	96.94	0	0	0	0	97.41	97.12	90.92	82.53	93.48	0
	% siltes	1.95	68.9	67.5	71.16	70.65	1.87	1.87	5.7	10.83	4.39	67.29
	% argilas	1.11	31.1	32.5	28.84	29.35	0.72	1.01	3.38	6.73	2.13	32.71
seca/94	% areias	96.93	92.94	99.2	98.65	94.61	96.45	0	97.54	98.05	97.21	94.66
	% siltes	2.49	4.71	0.47	0.98	4.11	2.52	62.98	1.61	1.33	1.91	3.71
	% argilas	0.58	2.35	0.33	0.38	1.28	1.03	37.02	0.85	0.62	0.88	1.63
chuvas/95	% areias	44.23	49.38	62.3	41.18	0	44.14	0	32.14	60.24	60.83	67.17
	% siltes	54.83	48.75	22.9	57.75	50	37.55	50	42.65	31.38	35.96	14.86
	% argilas	0.94	1.87	14.8	1.07	50	18.31	50	31.06	8.38	3.21	17.97
seca/95	% areias	97.42	78.73	99.25	99.14	0	99.48	95.25	95.77	88.6	88.14	83.98
	% siltes	1.68	12.51	0.16	0.2	66.59	0.05	2.38	1.62	6.12	8.8	7.74
	% argilas	0.90	8.76	0.59	0.66	33.41	0.07	2.37	2.61	5.28	3.06	8.28

Tabela 8. Momentos granulométricos (média, desvio padrão, assimetria e curtose) nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caraná, Água Fria e rio Trombetas, nos quatro períodos amostrais dos anos de 1994 e 1995.

		Estações Amostrais											
		Saracá-1	Saracá-2	Saracá-3	Caraná-1	Caraná-2	Caraná-3	Água-1	Água-2	Água-3	Rio-1	Rio-2	Rio-3
chuvas/94	média	1.43	6.99	7.05	6.88	6.92	7.05	1.82	1.49	1.92	2.02	1.76	7.07
	desvio	0.68	1.96	2.01	1.96	1.95	1.82	1.39	1.25	1.75	2.34	1.32	2.01
	assimetria	-0.01	0.15	0.15	0.16	0.17	0.29	-0.03	0.12	0.35	0.66	0.24	0.16
	curtose	1.49	0.82	0.80	0.84	0.83	1.17	0.59	0.75	1.46	1.29	1.54	0.80
seca/94	média	2.54	2.51	2.00	2.56	2.43	1.86	2.25	7.26	0.88	1.83	1.96	1.76
	desvio	1.26	1.52	0.70	1.21	1.37	0.80	0.85	2.09	0.93	0.96	1.38	1.46
	assimetria	-0.38	0.01	0.07	-0.41	-0.20	0.06	-0.09	0.10	0.14	0.18	-0.09	0.26
	curtose	0.86	1.16	0.79	0.79	0.90	0.97	1.18	0.77	1.14	1.22	0.46	0.56
chuvas/95	média	4.48	3.87	3.73	4.37	8.52	4.72	8.44	3.63	6.53	4.48	4.01	5.10
	desvio	2.24	2.68	2.89	2.63	1.29	3.24	1.21	2.56	2.88	2.65	2.64	3.01
	assimetria	-0.36	-0.06	0.44	-0.22	0.52	0.11	0.50	0.31	-0.20	0.48	0.19	0.70
	curtose	0.58	0.62	0.91	0.58	0.71	0.75	1.13	0.64	0.70	0.79	0.81	1.13
seca/95	média	1.24	3.22	0.95	0.81	7.25	8.94	0.77	1.41	1.67	2.41	2.09	3.11
	desvio	1.19	2.12	1.06	0.80	2.42	2.18	1.06	1.20	1.00	1.89	1.93	1.64
	assimetria	0.08	0.60	-0.17	0.08	0.24	-0.77	0.07	0.15	0.11	0.21	-0.13	0.48
	curtose	0.99	2.31	0.92	0.98	0.60	0.77	0.93	1.18	1.34	2.20	1.07	2.68



Tabela 9: Densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) (e dominância relativa,  $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Saracá, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Familia Chironomidae						
Subfamilia Tanytopodinae	16 (50)	32 (10)	8 (3)	40 (23)	56 (20)	24 (8)
Subfamilia Orthoclaadiinae	0	0	8 (3)	0	0	16 (5)
Subfamilia Chironominae	16 (50)	136 (46)	184 (88)	96 (55)	72 (26)	40 (13)
pupas		X				
exúvias de larvas		X	X			
Familia Tipulidae						16 (5)
Familia Chaoboridae						
morfotipo 1					24 (8)	
morfotipo 2					48 (16)	
Ordem Odonata						
Familia Libellulidae						
<i>Zenithoptera</i>			8 (3)			
<i>Elga</i>						8 (3)
<i>Idiataphe</i>					8 (3)	
Ordem Trichoptera						
larvas			8 (3)			128 (39)
casulos vazios de larvas			X	X	X	X
Ordem Ephemeroptera						
Familia Polymitarcyidae						
Subfamilia Campsurinae						
<i>Campsurus</i>					8 (3)	24 (8)
Phylum Annelida						
Classe Olygochaeta		128 (32)		40 (22)	64 (24)	64 (21)
Total de organismos encontrados	32	296	216	176	280	320

Tabela 10: Densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) (e dominância relativa,  $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Saracá, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (outubro) de 1995 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Familia Chironomidae						
Subfamilia Tanypodinae	8 (17)	48 (11)	16 (7)	0	152 (18)	0
Subfamilia Orthocladiinae	0	0	0	0	48 (6)	0
Subfamilia Chironominae	24 (50)	8 (2)	16 (7)	120 (65)	296 (36)	8 (20)
pupas			X			
exúvias de larvas	X	X			X	
Familia Tabanidae			24 (11)			
Familia Dixidae						8 (20)
Familia Ceratopogonidae			8 (4)	24 (13)		
Familia Chaoboridae						
morfotipo 1		32 (8)			200 (24)	
pupas					X	
Ordem Odonata						
Familia Gomphidae			8 (4)			
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas	X	X	X	X	X	X
exúvias de larvas				X	X	
Ordem Ephemeroptera						
Familia Polymitarcyidae						
Subfamilia Campsurinae						
<i>Campsurus</i>				16 (9)		
Classe Arachnida						
Subclasse Acari		8 (2)				
Phylum Annelida						
Classe Oligochaeta	16 (33)	328 (77)	152 (68)		120 (15)	24 (60)
Phylum Nematoda				24 (13)		
Phylum Platelminthes						
Classe Planaria					8 (1)	
Total de organismos encontrados	48	424	224	184	824	40

Tabela 11: Densidade de organismos (ind/m<sup>2</sup>) (e dominância relativa, % ind/m<sup>2</sup>) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Caranã, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Família Chironomidae						
Subfamília Tanypodinae	8 (5)				8 (11)	
Subfamília Orthocladiinae		16 (13)				
Subfamília Chironominae	144 (90)	88 (68)		32 (22)	40 (56)	24 (100)
exúvias de larvas	X	X		X	X	
exúvias de pupas		X		X		
Família Chaoboridae						
morfotipo 1				8 (6)		
morfotipo 2	8 (5)	24 (19)				
exúvias de larvas		X				
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas					X	
Ordem Homoptera					8 (11)	
Ordem Coleoptera				8 (6)	8 (11)	
Phylum Annelida						
Classe Oligochaeta				96 (66)	8 (11)	
Total de organismos encontrados	160	128	0	144	72	24

Tabela 12: Densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) (e dominância relativa,  $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Caraná, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (outubro) de 1995 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Familia Chironomidae						
Subfamilia Tanytopodinae	24 (27)			104 (34)	8 (5)	16 (40)
Subfamilia Chironominae	16 (18)	56 (47)		128 (42)	112 (74)	24 (60)
exúvias de larvas						
exúvias de pupas						
Familia Chaoboridae						
morfotipo 1		8 (7)				
morfotipo 2						
Familia Ceratopogonidae	16 (18)			24 (8)		
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas	X	X		X	X	
Ordem Odonata						
Familia Libelulidae				16 (5)		
Gomphidae	8 (10)					
Ordem Coleoptera						
Familia Chrysomelidae	0	16 (13)				
Classe Hidracarina						
Phylum Annelida						
Classe Olygochaeta	24 (27)	40 (33)		32 (10)	32 (21)	
Total de organismos encontrados	88	120	0	304	152	40

Tabela 13: Densidade de organismos (ind/m<sup>2</sup>) (e dominância relativa, % ind/m<sup>2</sup>) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Água Fria, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Família Chironomidae						
Subfamília Tanypodinae				8 (1,1)	88 (26)	40 (28)
Subfamília Orthoclaadiinae		8 (2)				
Subfamília Chironominae	24 (9)	16 (5)		696 (93,5)	192 (56)	72 (49)
exúvias de larvas	X	X				
pupas						
Família Chaoboridae						
morfotipo 1	136 (48)	176 (51)		8 (1,1)		
morfotipo 2	104 (37)	144 (42)				
Família Ceratopogonidae				8 (1,1)		
Ordem Trichoptera						
ninfas					8 (2)	
casulos vazios de larvas	X		X		X	X
Ordem Ephemeroptera						
Família Polymitarcyidae						
Subfamília Campsurinae						
<i>Campsurus</i>					16 (5)	24 (17)
Família Caenidae					16 (5)	
Subphylum Crustacea						
Classe Branchiopoda						
Subclasse Diplostraca						
Ordem Cladocera					8 (2)	
Classe Ostracoda					8 (2)	
Hydracarina					8 (2)	
Phylum Annelida						
Classe Olygochaeta	16 (6)			24 (3,2)		8 (6)
<b>Total de organismos encontrados</b>	<b>280</b>	<b>344</b>	<b>0</b>	<b>744</b>	<b>344</b>	<b>144</b>

Tabela 14: Densidade de organismos (ind/m<sup>2</sup>) (e dominância relativa, % ind/m<sup>2</sup>) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no igarapé Água Fria, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1995 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Familia Chironomidae			48 (23)			
Subfamília Tanypodinae			8 (4)	16 (33)	72 (90)	
Subfamília Chironominae	8 (6)					
Familia Chaoboridae						
morfotipo 1	36 (25)	64 (89)	24 (12)			
morfotipo 2	36 (25)					
Ordem Odonata						
Familia Libelulidae					8 (10)	
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas	X	X	X	X	X	X
Ordem Ephemeroptera						
Familia Polymitarcyidae						
Subfamília Campsurinae						
<i>Campsurus</i>		8 (11)	80 (38)			
Classe Hidracarina						
Phylum Annelida						
Classe Olygochaeta	48 (33)		48 (23)	32 (67)		8 (100)
Phylum Nematoda	16 (11)					
Total de Organismos Encontrados	144	72	208	48	80	8

Tabela 15: Densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) (e dominância relativa,  $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no rio Trombetas, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Família Chironomidae						
Subfamília Tanypodinae	8 (7,7)			40 (46)	16 (5,3)	
Subfamília Orthoclaadiinae			8 (10)			
Subfamília Chironominae	40 (38,4)	40 (24)	16 (20)	16 (18)	32 (10,5)	
exúvias de larvas		X	X			
Família Chaoboridae						
morfotipo 1						
morfotipo 2			8 (10)			
Família Ceratopogonidae	8 (7,7)	16 (10)	8 (10)		8 (9)	
Ordem Odonata						
Família Gonphidae						
<i>Phillocycla</i>						8 (2,6)
exúvias ninfas			X			
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas				X	X	
Ordem Ephemeroptera						
Família Polymitarcyidae						
Subfamília Campsurinae						
<i>Campsurus</i>	24 (23,1)	8 (5)			24 (27)	
Phylum Annelida						
Classe Oligochaeta	24 (23,1)	104 (61)	32 (40)	48 (100)		248 (81,6)
Total de Organismos Encontrados	104	168	80	48	88	304

Tabela 16: Densidade de organismos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) (e dominância relativa,  $\% \text{ ind}/\text{m}^2$ ) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados no rio Trombetas, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1995 (X: registros).

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Phylum Arthropoda						
Classe Insecta (Hexapoda)						
Subclasse Pterygota						
Ordem Diptera						
Subordem Nematocera						
Família Chironomidae						
Subfamília Tanypodinae	8 (10)	40 (31)	8 (5)		16 (22)	16 (11)
Subfamília Chironominae	40 (50)	24 (19)	56 (35)	48 (25)	16 (22)	16 (11)
exúvias de larvas	X	X	X	X	X	X
exúvias de pupas						X
Família Chaoboridae						
morfotipo 1	32 (40)		8 (5)			
morfotipo 2						
Ordem Trichoptera						
casulos vazios de larvas	X		X	X	X	X
Ordem Ephemeroptera						
Família Polymitarcyidae						
Subfamília Campsurinae						
<i>Campsurus</i>		24 (19)		8 (4)	8 (11)	
Phylum Annelida						
Classe Oligochaeta		40 (31)	88 (55)	120 (63)	32 (44)	112 (78)
Classe Polychaeta						
<i>Namalycastis abiuma</i>				16 (8)		
Total de Organismos Encontrados	80	128	160	192	72	144



Tabela 17: Número de indivíduos distribuídos nas guildas de fragmentadores, coletores, raspadores e carnívoros nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas nos períodos de chuvas e seca do ano de 1994.

	Estações	Fragmentadores	Coletores	Raspadores	Carnívoros
chuvas	Saracá-1	5	5	6	16
	Saracá-2	109	45	109	32
	Saracá-3	71	63	62	18
	Caranã-1	48	48	48	16
	Caranã-2	45	29	29	24
	Caranã-3	0	0	0	0
	Água Fria-1	16	8	16	240
	Água Fria-2	13	5	5	320
	Água Fria-3	0	0	0	0
	Rio Trombetas-1	37	13	37	16
	Rio Trombetas-2	69	13	69	16
	Rio Trombetas-3	29	5	21	16
seca	Saracá-1	52	32	52	40
	Saracá-2	60	24	60	136
	Saracá-3	105	61	89	64
	Caranã-1	61	10	61	11
	Caranã-2	28	16	20	8
	Caranã-3	8	8	8	0
	Água Fria-1	244	232	244	24
	Água Fria-2	82	90	82	90
	Água Fria-3	244	232	244	24
	Rio Trombetas-1	24	0	24	0
	Rio Trombetas-2	17	5	17	48
	Rio Trombetas-3	134	10	134	24

Tabela 18: Número de indivíduos distribuídos nas guildas de fragmentadores, coletores, raspadores e carnívoros nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas nos períodos de chuvas e seca do ano de 1995.

	Estações	Fragmentadores	Coletores	Raspadores	Carnívoros
chuvas	Saracá-1	13	13	13	8
	Saracá-2	167	11	167	80
	Saracá-3	81	29	81	32
	Caranã-1	17	5	17	48
	Caranã-2	43	18	43	13
	Caranã-3	0	0	0	0
	Água Fria-1	27	3	27	88
	Água Fria-2	4	0	4	64
	Água Fria-3	67	3	67	72
	Rio Trombetas-1	13	13	13	40
	Rio Trombetas-2	40	8	40	40
	Rio Trombetas-3	62	18	62	16
	seca	Saracá-1	60	40	60
Saracá-2		206	98	158	360
Saracá-3		15	3	15	8
Caranã-1		58	42	58	144
Caranã-2		53	37	53	8
Caranã-3		8	8	8	16
Água Fria-1		21	5	21	0
Água Fria-2		24	24	24	8
Água Fria-3		4	0	4	0
Rio Trombetas-1		96	16	80	0
Rio Trombetas-2		25	5	25	16
Rio Trombetas-3	61	5	61	16	

Tabela 19: Dados de abundância relativa da fauna bentônica de Chironomidae nos ecossistemas estudados, nos quatro períodos de coleta, pertencentes às subfamílias Tanypodinae, Orthocladiinae e Chironominae.

		Saracá	Caraná	Água Fria	Trombetas
chuvas/94	Tanypodinae	4.6	3.1	0	7.14
	Orthocladiinae	0.7	6.25	16.7	7.14
	Chironominae	94.7	90.6	83.3	85.72
seca/94	Tanypodinae	36.7	0	12.4	53.8
	Orthocladiinae	4.5	7.7	0	0
	Chironominae	58.8	92.3	87.6	46.2
chuvas/95	Tanypodinae	60	25	75	31.8
	Orthocladiinae	0	0	0	0
	Chironominae	40	75	25	68.2
seca/95	Tanypodinae	24.4	32.7	0	28.6
	Orthocladiinae	7.7	0	0	0
	Chironominae	67.9	67.3	100	71.4

Tabela 20: Dados de porcentagem de composição taxonômica da fauna bentônica de Chironomidae nos ecossistemas estudados, nos quatro períodos de coleta, pertencentes às subfamílias Tanypodinae, Orthocladiinae e Chironominae.

		Saracá	Caraná	Água Fria	Trombetas
chuvas/94	Tanypodinae	19	6.7	0	9
	Orthocladiinae	4.7	13.4	57	9
	Chironominae	76.2	79.9	43	82
seca/94	Tanypodinae	40.1	0	35	43
	Orthocladiinae	9.1	10	0	0
	Chironominae	50.8	90	65	57
chuvas/95	Tanypodinae	36	33	60	44
	Orthocladiinae	0	0	0	0
	Chironominae	64	67	40	66
seca/95	Tanypodinae	28	50	0	50
	Orthocladiinae	4	0	0	0
	Chironominae	68	50	100	50

Tabela 21: Densidade de organismos da fauna de Chironomidae nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas nos períodos de chuvas e seca do ano de 1994.

	Estações	Tanypodinae	Orthoclaadiinae	Chironominae
chuvas	Saracá-1	16	0	16
	Saracá-2	32	0	136
	Saracá-3	8	8	1000
	Caranã-1	8	0	144
	Caranã-2	0	16	88
	Caranã-3	0	0	0
	Água Fria-1	0	0	24
	Água Fria-2	0	8	16
	Água Fria-3	0	0	0
	Rio Trombetas-1	8	0	40
	Rio Trombetas-2	0	0	40
	Rio Trombetas-3	0	8	16
	seca	Saracá-1	40	0
Saracá-2		56	0	72
Saracá-3		24	16	40
Caranã-1		0	0	32
Caranã-2		0	8	40
Caranã-3		0	0	24
Água Fria-1		8	0	696
Água Fria-2		88	0	192
Água Fria-3		40	0	72
Rio Trombetas-1		0	0	0
Rio Trombetas-2		40	0	16
Rio Trombetas-3		16	0	32

Tabela 22: Densidade de organismos da fauna de Chironomidae nas diversas estações amostrais dos igarapés Saracá, Caranã, Água Fria e rio Trombetas nos períodos de chuvas e seca do ano de 1995.

	<b>Estações</b>	<b>Tanypodinae</b>	<b>Orthoclaadiinae</b>	<b>Chironominae</b>
chuvas	Saracá-1	8	0	24
	Saracá-2	48	0	8
	Saracá-3	16	0	16
	Caranã-1	24	0	16
	Caranã-2	0	0	56
	Caranã-3	0	0	0
	Água Fria-1	0	0	8
	Água Fria-2	0	0	0
	Água Fria-3	48	0	8
	Rio Trombetas-1	8	0	40
	Rio Trombetas-2	40	0	24
	Rio Trombetas-3	8	0	56
	seca	Saracá-1	0	0
Saracá-2		152	48	296
Saracá-3		0	0	8
Caranã-1		104	0	128
Caranã-2		8	0	112
Caranã-3		16	0	24
Água Fria-1		0	0	16
Água Fria-2		0	0	72
Água Fria-3		0	0	0
Rio Trombetas-1		0	0	48
Rio Trombetas-2		16	0	16
Rio Trombetas-3		16	0	16

Tabela 23: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Saracá, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanyodiini						
gênero novo (Fittkau, com. pess.)					8	
Tribo Macropelopiini						
<i>Alotanypus</i> sp.		16		16		
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> sp.		8		8		
<i>Labrundinia</i> sp.					8	8
próx. <i>Labrundinia</i>					8	8
<i>Larsia</i> sp.				8	8	
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista</i> sp.			8			
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.	16	8			24	
Subfamília Orthoclaadiinae						
próx. <i>Cricotopus</i>						8
próx. <i>Nanocladius</i>			8			
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Beardius</i> sp.			8			
<i>Chironomus</i> spp.		16	32	16	16	16
<i>Cladopelma</i> sp.	8	40			8	
<i>Dicrotendipes</i> sp.				8		
<i>Goeldichironomus</i> spp.		8	8		8	
<i>Parachironomus</i> sp.					16	
<i>Polypedilum fallax</i>			16			
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>				8		
<i>Polypedilum</i> sp.			8	8		
<i>Stenochironomus</i> sp.			24			
<i>Tribelos</i> sp.		8	32			
próx. <i>Tribelos</i>			8			
próx. <i>Zavreliella</i>		8				
Tribo Tanytarsini						
<i>Tanytarsus</i> sp.			8	8		
gênero próx. <i>Tanytarsus</i> (?)			8			
larvas pertencentes a gêneros não identificados	8	8	32	56	16	32
Total de organismos	32	120	200	136	120	72

Tabela 24: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Saracá, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (outubro) de 1995.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanypodini						
gênero novo (Fittkau, com. pess.)					8	
Tribo Macropelopiini						
<i>Monopelopia</i> sp.					8	
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> sp.		8			16	
<i>Larsia</i> sp.			16			
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista</i> sp.				16	80	
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.		24			16	
Subfamília Orthocladiinae						
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> spp.		24		40	72	
<i>Dicrotendipes</i> sp.					8	
<i>Endochironomus</i> sp.				16	24	
<i>Goeldichironomus amazonicus</i> (?)					8	
<i>Goeldichironomus holoprasinus</i>					8	
<i>Goeldichironomus pictus</i> (?)					8	
<i>Goeldichironomus</i> sp.					16	
<i>Nilothauma</i> sp.		24				
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>		16			16	
<i>Polypedilum fallax</i>		8			8	
<i>Stenochironomus</i> sp.					8	
<i>Zavreliella</i> sp.					8	
Tribo Tanytarsini						
<i>Glyptotendipes</i> (?)					8	
<i>Paratanytarsus</i> (?)					8	
gênero próximo <i>Tanytarsus</i> sp.					8	
larvas pertencentes a gêneros não identificados	32	24	1000	64	192	8
Total de organismos	32	136	1016	120	528	8



Tabela 25: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Caranã, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Tanypodini						
<i>Tanytus</i> sp.	8					
Subfamília Orthoclaadiinae						
próx. <i>Orthocladus</i>		8				
próx. <i>Thienemanniella</i>					8	
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> sp.					8	
<i>Cladopelma</i> sp.				8		
<i>Dicrotendipes</i> sp.					8	
<i>Goeldichironomus</i> sp.	8					
<i>Parachironomus</i> sp.		24		8		
<i>Polypedilum fallax</i>		8			8	8
<i>Polypedilum</i> sp.		16			8	
<i>Tribelos</i> sp.		24				
Tribo Tanytarsini						
exúvias de larvas de Tanytarsini	24					
larvas pertencentes a gêneros não identificados	0	16	0	8	8	16
Total de organismos	16	104	0	24	40	24

Tabela 26: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Caranã, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1995.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanypodini						
<i>Alotanypus</i> sp.				32		
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> spp.					8	16
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista pulcher</i> (?)				8		
<i>Djalmabatista</i> sp.2				8		
<i>Djalmabatista</i> sp.3 (Roback, 1980)				8		
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.				8		
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> sp.	40			16		8
<i>Goeldichironomus holoprasinus</i>					8	
<i>Goeldichironomus</i> sp.					16	
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.				8	8	
<i>Stenochironomus</i> sp.					8	
Tribo Tanytarsini						
<i>Rheotanytarsus</i> sp.				8		
larvas pertencentes a gêneros não identificados	40	16	0	136	56	16
Total de organismos	40	56	0	216	104	40

Tabela 27: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Água Fria, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanyodiini						
<i>Alotanypus</i> sp.						24
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> sp.					8	
<i>Labrundinia</i> sp.				8		
Próx. <i>Monopelopia</i> (?)					8	
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista</i> sp.					32	8
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.					16	
Subfamília Orthoclađiinae						
larvas pertencentes a gêneros não identificados		8				
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> spp.				168	16	
<i>Cladopelma</i> sp.				24	24	
<i>Goeldichironomus</i> spp	8			32	16	24
<i>Parachironomus</i> sp.				272	16	
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> spp.		8		56		16
<i>Polypedilum fallax</i>	8					
<i>Polypedilum (Tripodura)</i> sp.						32
<i>Polypedilum</i> sp.				32	64	
Tribo Tanytarsini						
<i>Rheotanytarsus</i> sp.				32		
<i>Tanytarsus</i> sp.				8	8	
larvas pertencentes a gêneros não identificados		16		72	56	8
Total de organismos	16	24	0	704	264	112

Tabela 28: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no igarapé Água Fria, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1995.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> sp.			8			
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.			32			
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> sp.	8					
<i>Endochironomus</i> sp.				8		
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.					56	
larvas pertencentes a gêneros não identificados			16	8	16	
Total de organismos	8	0	56	16	16	0

Tabela 29: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no rio Trombetas, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (novembro) de 1994.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanyodiini						
gênero novo (Fittkau, com. pess.)					16	8
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista</i> sp.	8					
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.						8
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> spp						16
<i>Goeldichironomus</i> sp.		8				
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.		16				
<i>Polypedilum</i> sp.	8				8	
<i>Tribelos</i> sp.	16					
próx. <i>Tribelos</i> (?)	8					
próx. gênero A (Roback, 1966)			8			
larvas pertencentes a gêneros não identificados	8	8	8	0	32	0
Total de organismos	48	32	16	0	40	32

Tabela 30: Densidade de larvas (ind/m<sup>2</sup>) de Chironomidae (Diptera, Insecta) encontrada no rio Trombetas, nas três estações amostrais nos períodos de chuvas (maio) e seca (outubro) de 1995.

Taxa	período de chuvas			período de seca		
	estações			estações		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanypodinae						
Tribo Coelotanypodini						
gênero novo (Fittkau, com. pess.)	8	8		8	8	
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> sp.			8			8
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.					8	
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Chironomus</i> sp.	24		8			
<i>Goeldichironomus</i> sp. próx. gênero A (Roback, 1966)	8		8		8	
larvas pertencentes a gêneros não identificados	8	56	40	48	8	16
Total de organismos	48	64	64	64	32	32

Tabela 31: Relação taxonômica e dados de ocorrência sazonal dos adultos das sub-famílias Orthoclaadiinae e Tanypodinae (Chironomidae, Diptera) encontrados nos igarapés Saracá e Caraná nos períodos de chuvas e seca de 1995.

Taxa	Igarapé Saracá		Igarapé Caraná	
	chuvas	seca	chuvas	seca
<b>Subfamília Orthoclaadiinae</b>				
<i>Cricotopus</i> sp.1		x		x
<i>Cricotopus</i> sp.2				x
<i>Cricotopus</i> sp.3				x
<i>Cricotopus</i> sp.4	x			
<i>Cricotopus</i> sp.5				x
<i>Cricotopus</i> sp.6				x
<i>Cricotopus</i> sp.7				x
<i>Cricotopus</i> sp.8				
<i>Thienemanniella</i> sp.1	x			x
<b>Subfamília Tanypodinae</b>				
<i>Ablabesmyia</i> sp.1				
<i>Ablabesmyia</i> sp.2	x	x		
<i>Ablabesmyia</i> sp.3		x		
<i>Ablabesmyia</i> sp.4	x			
<i>Ablabesmyia</i> sp.5	x			
<i>Coelotanypus</i> sp.1				
<i>Djalmabatista antonii</i> Fittkau, 1968	x		x	
<i>Labrundinia</i> sp.1				
<i>Labrundinia</i> sp.2	x	x		x
<i>Labrundinia</i> sp.3	x			
<i>Labrundinia</i> sp.4		x		x
<i>Labrundinia</i> sp.5	x			
<i>Larsia</i> sp.1				
<i>Larsia</i> sp.2				
<i>Larsia</i> sp.3				
<i>Laurotanypus travassosi</i> Oliveira, Messias e Silva-Vasconcelos, 1992	x	x		
<i>Nilotanypus</i>			x	
<i>Tanypus</i> sp.1	x			

Tabela 32: Relação taxonômica e dados de ocorrência sazonal dos adultos da sub-família Chironominae (Chironomidae, Diptera) encontrados nos igarapés Saracá e Caraná nos períodos de chuvas e seca de 1995.

Taxa	Igarapé Saracá		Igarapé Caraná	
	chuvas	seca	chuvas	seca
Subfamília Chironominae				
<i>Beardius</i> sp. 1	x			x
<i>Beardius</i> sp. 2			x	
<i>Beardius</i> sp. 3	x			
<i>Beardius</i> sp. 4				x
<i>Chironomus</i> spp.	x	x		x
<i>Dicrotendipes</i> sp. 1				
<i>Gillotia</i> (?)				x
<i>Goeldichironomus pictus</i> Reiss, 1974	x	x		
<i>Goeldichironomus</i> sp.2	x	x		
<i>Goeldichironomus</i> sp. 3				
<i>Goeldichironomus</i> sp. 4				
<i>Lauterborniella</i> sp. 1	x	x		
<i>Manoa</i> (?)		x		
<i>Paramerina</i> (?)			x	
<i>Polypedilum</i> sp. 1	x	x		
<i>Polypedilum</i> sp. 2		x	x	x
<i>Polypedilum</i> sp. 3				x
<i>Polypedilum</i> sp. 4	x		x	x
<i>Polypedilum</i> sp. 5		x		
<i>Polypedilum</i> sp. 6	x			x
<i>Polypedilum</i> sp. 7	x			
<i>Polypedilum</i> sp. 8			x	x
<i>Polypedilum</i> sp. 9			x	
<i>Polypedilum</i> sp. 10			x	x
<i>Polypedilum</i> sp. 11	x			
<i>Polypedilum</i> sp. 12				x
<i>Pseudochironomus</i> sp. 1			x	x
<i>Pseudochironomus</i> sp. 2			x	
<i>Pseudochironomus</i> sp. 3			x	
gen. próx. <i>Pseudochironomus</i> (novo?)				
<i>Stenochironomus impendens</i> Borkent, 1984				x
<i>Stenochironomus</i> sp. 2	x			
<i>Stenochironomus</i> sp. 3	x			
<i>Stenochironomus</i> sp. 4				
<i>Stenochironomus</i> sp. 5				x
<i>Stenochironomus</i> sp. 6				
gen. próx. <i>Xestochironomus</i> (novo?)				x