

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM DOIS LAGOS
AMAZÔNICOS: LAGO BATATA (UM ECOSISTEMA IMPACTADO POR
REJEITO DE BAUXITA) E LAGO MUSSURÁ.

✱

MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ecologia, do Departamento de
Ecologia, do Instituto de Biologia da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre
em Ecologia, área de concentração
em Ecologia (Campo de Pesquisa:
Limnologia).

Rio de Janeiro - RJ
1994.

ICB
303

FICHA CATALOGRÁFICA

CALLISTO, M.F.P.

Macroinvertebrados Bentônicos em Dois Lagos Amazônicos: Lago Batata (um Ecossistema Impactado por Rejeito de Bauxita) e Lago Mussurá.

Marcos Callisto de Faria Pereira. Rio de Janeiro, UFRJ, 1994.

109 páginas, 41 figuras, 42 tabelas.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Palavras Chave: 1. Amazônia; 2. Macroinvertebrados Bentônicos; 3. Limnologia; 4. Granulometria do Sedimento; 5. Efluente de bauxita; 6. Lagos Amazônicos; I. Callisto, M.F.P.; II. Título.

FIDHA CATÁLOGRÁFICA

CALLISTO, M.P.

Máscara de Benthos em Lago Amazônico. Lago
Batalha (um Ecossistema Impactado por Poluição de Bateria) e Lago
Mussurubi.

Manoel Carlos de Faria Pereira. Rio de Janeiro, UFRJ, 1984.

Orientador:

 Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves

Lago Amazônico. 1. Callisto, M.P., Il. Título.
2. Limnologia. 3. Organismos do Sedimento. 4. Efeito de bateria. 5.
Pavão Crave. 1. Amazônia. 2. Macroinvertebrados Benthos.
Trabalho de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
(UFRJ)

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Rio de Janeiro, sobretudo à Profa. Dêa Maria Fariña dos Santos, passou conosco que a partir do Instituto de Biologia sempre apoiou, incentivou e estimulou a todos os alunos. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRJ, à Comissão de Pós-Graduação do PPGE-UFRJ, ao corpo docente e aos colegas do corpo docente.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves, querido amigo, por ter sido desde o início de meu estágio em Limnologia o desejo de crescer um aluno tão independentemente... Agradeço sinceramente por todo o papel de formador que vem desempenhando ao longo deste tempo, constante desde o primeiro exemplo de profissional dedicado a sua paixão: Limnologia.

Aos caros professores do Departamento de Ecologia da UFRJ, nestes últimos que têm dedicado grande parte de suas vidas a discutir Ecologia, participando decisivamente no processo de formação de novos Ecólogos, especialmente ao Ricardo Iglesias, Prof. Doutor, Roberto de Almeida, Francisco Esteves, Érica Pellegrini, Carmem Lúcia e Henri Gatt.

Ao Prof. Dr. César Auler, pela paciência e dedicada orientação na interpretação e apresentação dos dados das análises estatísticas.

Ao Prof. Jean L. Valentin, pelo apoio, orientação e incentivo na análise estatística de dados de número em que frequências.

Aos membros da pré-fância do Dept. de Ecologia, professores Dr. Fábio Szilard e Joana Ribeiro de Almeida, e aos componentes da banca examinadora: Dr. Francisco Antonio Rodrigues Barbosa e Sérgio Henrique Gonçalves da Silva, por suas contribuições, críticas construtivas e comentários fundamentados para a redação final desta tese.

Aos colegas de laboratório, nos espaços de campo, pelas tentativas na coleta das amostras de sedimento, trabalho árduo e de prazer dividido...

Aos componentes e funcionários Sérgio Valle, pelo apoio em vários momentos, pela realização das análises em Laboratório de Grande Área de

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Marly, Paulo e Christiane, obrigado por todo o incentivo, apoio, carinho, e pela paciência para com meus desvarios de biólogo e sobretudo por desculparem minha freqüente ausência...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, sobretudo à Profa. Déia Maria Ferreira dos Santos, pessoa corajosa que à frente do Instituto de Biologia sempre apoiou, incentivou e estimulou a todos os alunos. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRJ, à Comissão de Pós-Graduação do PPGE-UFRJ, ao corpo docente e aos colegas do corpo discente.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Esteves, querido amigo, por ter aceito desde o início de meu estágio em Limnologia o desafio de orientar um aluno tão indisciplinado... Agradeço sinceramente por todo o papel de formador que vem desenvolvendo ao longo deste tempo, constituindo-se em ótimo exemplo de profissional dedicado à sua paixão: Limnologia.

Aos caros professores do Departamento de Ecologia da UFRJ, mestres pacientes que têm dedicado grande parte de suas vidas a discutir Ecologia, participando decisivamente no processo de formação de novos Ecólogos, especialmente ao Ricardo Iglesias Rios, Josimar Ribeiro de Almeida, Francisco Esteves, Érica Pellegrine Caramaschi e Irene Garay.

Ao Prof. Dr. Dieter Muehe, pela paciência e decisiva orientação na interpretação e apresentação dos dados das análises granulométricas.

Ao Prof. Jean L. Valentin, pelo apoio, orientação e incentivo na análise estatística da massa de números em que mergulhei.

Aos membros da pré-banca do Dep. de Ecologia, professores Dr. Fabio Scarano e Josimar Ribeiro de Almeida, e aos componentes da banca examinadora, Dr. Francisco Antonio Rodrigues Barbosa e Sergio Henrique Gonçalves da Silva, por suas correções, críticas, contribuições e comentários fundamentais para a redação final desta pesquisa.

Aos colegas de laboratório, nas equipes de campo, pela tenacidade na coleta das amostras de sedimento, trabalho árduo e de prazer duvidoso...

Aos companheiros e funcionários: Sérgio "Pelé", pela ajuda em vários momentos no laboratório, à biól. Rosilana Veronese, pela realização das análises limnológicas básicas no laboratório, e ao Grande Artista da Marcenaria, "Seu Zé" e ao Joaquim, sem o apoio deles, pouco teria conseguido...

À Mineração Rio do Norte S/A, pelo financiamento concedido à realização desta pesquisa. Aos funcionários do Setor de Meio Ambiente da Mineração Rio do Norte, por todo o apoio e facilidades fundamentais nas coletas de campo. À AMBIOS Consultoria Ltda., por ter concedido a

oportunidade de conhecer a Amazônia durante um período de águas altas, região de beleza única.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos grandes amigos, Alexandre Anesio, André Furtado, Sidinei Thomaz, Ricardo Barbieri, Reinaldo Bozelli, Pedro Peres, Rogério Deodoro e Mario Moscatelli, companheiros de todas as horas...

Muito obrigado ao José Francisco Júnior e ao João Fonseca Leal, por terem tanta paciência de ouvirem minhas elocubrações e por terem me dado o prazer de dividir o "Setor de Bentos" no laboratório de Limnologia.

Aos meus pais, Paulo e Marly, e à minha irmã Christiane, incentivadores de todos os momentos, e grandes responsáveis por mais um passo em minha vida.

À Silvinha, querida amiga, companheira e namorada, presente ao longo de todas as fases desta dissertação, por ter dividido as angústias, alegrias e alucinações deste jovem estudante...

E a todas as pessoas que participaram, direta ou indiretamente, a favor ou contra, incentivando e criticando ao longo de todas as etapas desta pequena pesquisa, o meu Muito Obrigado!

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM DOIS LAGOS AMAZÔNICOS: LAGO BATATA (UM ECOSISTEMA IMPACTADO POR REJEITO DE BAUXITA) E LAGO MUSSURÁ.

RESUMO

Os lagos Batata e Mussurá localizam-se entre 1°25' e 1°35'S e 56°15' e 56°25'W, próximos à localidade de Porto Trombetas, no município de Oriximiná, Pará, Brasil. O lago Mussurá está posicionado ao lado esquerdo do rio Trombetas, ao qual é permanentemente conectado. A bacia de drenagem do lago Batata (um ecossistema de águas claras) possui área aproximada de 271,6Km², perímetro de 72Km e durante 11 anos (1979-1989) foi local de lançamento de rejeito de bauxita com um volume anual de 18 milhões de m³, o que resultou em modificações ecológicas em cerca de 30% da área total do ecossistema. O objetivo principal foi estudar a influência do rejeito de bauxita no lago Batata sobre a estrutura e distribuição espacial e temporal das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, comparando áreas naturais e áreas impactadas por este rejeito. Além disso, foi determinada e analisada a influência da composição granulométrica dos sedimentos sobre a estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá. Através da análise dos quatro primeiros momentos granulométricos e de uma análise fatorial em componentes principais, foi possível identificar diferentes regiões no lago Batata quanto à composição granulométrica dos sedimentos. As amostras foram coletadas com "cores" (0,0251m² de área) e lavadas sobre duas peneiras (1,00 e 0,50mm). Os resultados encontrados evidenciaram que nas áreas com rejeito de bauxita no lago Batata predominaram argilas menores que 0,49µm (entre 50 e 60%), ao passo que nas áreas naturais predominaram siltes em regiões com elevados teores de matéria orgânica, P-dissolvido e N-total nos sedimentos. Nas diversas estações amostradas no lago Mussurá e nas áreas naturais do lago Batata, Diptera das famílias Chironomidae e Chaoboridae, além de Oligochaeta, foram os grupos dominantes com as maiores densidades na classe de tamanho maior que 0,50mm. Por outro lado, nas estações impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata, as densidades de organismos bentônicos foram menores, com o predomínio de Ephemeroptera (*Campsurus* sp.) na classe de tamanho maior que 1,00mm representando mais de 80% do total de organismos coletados. Este estudo busca contribuir para o entendimento dos principais processos

ecológicos que ocorrem nos sedimentos do lago Batata e da utilização das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadores das alterações causadas pelo lançamento de rejeito de bauxita neste ecossistema.

ABSTRACT

Lago Batata and Lago Musurus are located at 1°22' and 1°32' S and 56°18' and 56°22' W, near Porto Trombetas in the municipality of Orlândia, State of Pará, Brazil. The Lago Musurus is positioned on the left bank of the Trombetas river and is continuously connected to the river. The drainage basin of Lago Batata (a closed water ecosystem) covers an area of 321.6 km², a perimeter of 72 km and during 11 years (1979-1989) received bauxite tailings with an annual volume of 15 million m³, which resulted in considerable ecological impact in 30% of the total ecosystem. The main objective of this research was to study the influence of bauxite tailing of Lago Batata on the structure and spatial and temporal distribution of macroinvertebrate benthic communities of disturbed and undisturbed areas. Moreover, the influence of granulometric composition of sediments on the structure and distribution of macroinvertebrate benthic communities on Lago Batata and Musurus lakes was determined and analyzed. The analyses of the four first granulometric fractions and a factorial principal component analysis identified different regions on Lago Batata, as to sediment granulometric composition. Samples were taken with a corer apparatus with a cross section area of 60001 m² and washed over two meshes (1.00 and 0.50 mm). The results showed that on the impacted area of Lago Batata, predominant clay smaller than 0.49 µm (50-80% of the total) and on the natural areas, predominant silt in regions with high concentrations of organic matter, dissolved phosphorus and total nitrogen on the sediments. Lago Musurus and undisturbed areas of Lago Batata showed a dominance of the Diptera families Chironomidae and Chironiidae, as Oligochaeta with highest densities on size class higher than 0.50 mm. Conversely, the disturbed area of Lago Batata showed a smaller density of benthic organisms. The mayfly Gammarus sp. had the highest density in this case and a size higher than 1.00 mm. It represents over 80% of the total of the collected organisms. This research aims to contribute to an understanding of the main ecological processes taking place in Lago Batata and of the use of benthic macroinvertebrate communities as ecological indicators of the consequences of bauxite tailing on the ecosystem.

BENTHIC MACROINVERTEBRATES OF TWO AMAZONIAN LAKES: LAGO BATATA (AN IMPACTED ECOSYSTEM BY BAUXITE TAILLING) AND LAGO MUSSURÁ

ABSTRACT

Lago Batata and lago Mussurá are located at 1°25' and 1°35'S and 56°15' and 56°25'W, near Porto Trombetas in the municipality of Oriximiná, State of Pará, Brazil. The lago Mussurá is positioned on the left bank of the Trombetas river and is continuously connected to the river. The drainage basin of lago Batata (a clear water ecosystem) covers an area of 271,6Km², a perimeter of 72 Km and during 11 years (1979-1989) received bauxite tailings with an annual volume of 18 million m³, which resulted in considerable ecological impact in 30% of the total ecosystem. The main objective of this research was to study the influence of bauxite tailing of lago Batata on the structure and spatial and temporal distribution of macroinvertebrate benthic communities, of disturbed and undisturbed areas. Moreover the influence of granulometric composition of sediments on the structure and distribution of macroinvertebrate benthic communities on Batata and Mussurá lakes was determined and analysed. The analyses of the four first granulometric moments and a factorial principal component analysis identified different regions on lago Batata, as to sediment granulometric composition. Samples were taken with a corer apparatus with a cross section area of 0,0251 m² and washed over two meshes (1,00 and 0,50mm). The results showed that on the impacted area of lago Batata, predominated clay smaller than 0,49 µm (50-60% of the total), and on the natural areas, predominated silt, in regions with high concentrations of organic matter, dissolved phosphorus and total nitrogen on the sediments. Lago Mussurá and undisturbed areas of lago Batata showed a dominance of the Diptera families Chironomidae and Chaoboridae, as Oligochaeta with highest densities on size class higher than 0,50 mm. Conversely, the disturbed area of lago Batata showed a smaller density of benthic organisms. The mayfly *Campsurus* sp. had the highest density in this case and a size higher than 1,00mm. It represents over 80% of the total of the collected organisms. This research aims to contribute to an understanding of the main ecological processes taking place at lago Batata and of the use of benthic macroinvertebrate communities as ecological indicators of the consequences of bauxite tailing on this ecosystem.

SUMÁRIO

1- Introdução	01
2- Objetivos	06
3- Área de Estudos	07
3.1- O Passado Geológico da Atual Amazônia	07
3.2- O Clima Amazônico do "Ontem Geológico"	08
3.3- A Amazônia "Atual"	09
3.3.1- O Clima	09
3.3.2- Os Rios	09
3.4- O Lago Batata e o Lago Mussurá	10
3.5- O Lançamento do Efluente de Bauxita	11
4- Material e Métodos	13
4.1- Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos	13
4.2- Variáveis Limnológicas	14
4.2.1- Estações e Periodicidade de Coleta	14
4.2.2- Variáveis Abióticas na Coluna D'Água	15
A- Temperatura	16
B- Transparência da Coluna D'Água	16
C- Potencial Hidrogeniônico e Condutividade Elétrica	16
D- Alcalinidade Total	17
E- Oxigênio Dissolvido	17
F- Clorofila-a	17
G- Nitrogênio Kjeldahl	17
H- Fósforo Total	18
4.2.3- Variáveis Químicas no Sedimento Lacustre	18
A- Amostras de Sedimento	18
B- Matéria Orgânica	18
C- Nitrogênio Total	19
D- Fósforo Disponível	19
4.3- Análise da Composição Granulométrica dos Sedimentos	20
4.3.1- Preparação das Amostras	20
4.3.2- Secagem das Amostras	20
4.3.3- Peneiramento das Amostras	21
4.3.4- Método da Pipetagem	21
4.3.5- Tratamento dos Dados	22
4.3.6- Medidas de Tendência Central	23

4.3.7- Medidas do Grau de Dispersão ou Espalhamento	23
4.4- Análise Fatorial em Componentes Principais	24
5- Resultados	26
5.1- Distribuição e Estrutura das Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos	26
5.2- Análise da Composição Granulométrica dos Sedimentos	46
5.3- Distribuição dos Parâmetros dos Momentos Granulométricos	60
5.4- Análise Fatorial em Componentes Principais	64
6- Discussão	68
6.1- Distribuição e Estrutura das Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos	68
6.2- Análise da Composição Granulométrica dos Sedimentos como Fator Ecológico na Distribuição das Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos	82
6.3- Considerações Finais	89
7- Principais Conclusões desta Pesquisa	90
8- Algumas Idéias para Pesquisas Futuras	91
9- Referências Bibliográficas	92

1- INTRODUÇÃO

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, macrófitas aquáticas, algas filamentosas, etc.), ao menos durante parte de seus ciclos de vida. Macroinvertebrados bentônicos, macrobentos, macrozoobentos, ou simplesmente zoobentos são os animais que ficam retidos em malhas maiores que 200µm a 500µm de diâmetro de poro (WETZEL, 1975; ESTEVES, 1988; ROSENBERG & RESH, 1993). Estes organismos constituem o objetivo central deste estudo, apesar de alguns estágios iniciais do ciclo de vida de muitos destes organismos serem menores que o tamanho mencionado (WARD, 1992).

O estudo ecológico de comunidades bentônicas desempenhou papel fundamental para o desenvolvimento da Limnologia, onde os pioneiros na classificação do estado trófico de lagos e da tipologia através da composição de espécies de Chironomidae foram THIENEMANN (1920, 1954), LENZ (1925, 1927), LUNDBECK (1926, 1936) e BRUNDIN (1949, 1956). Segundo GERSTMEIER (1989), estes trabalhos fundamentais serviram de base e hoje existem índices e chaves taxonômicas para a identificação de organismos indicadores, como a Classificação Trófica de Saether (*Saether's Trophic Classification*), o Índice de Qualidade Bentônica de Wiederholm (*Wiederholm's Benthic Quality Index*) e a Tipologia de Lagos de Brundin (*Brundin's Lake Typology*) (BRINKHURST *et alii*, 1968; SAETHER, 1979; WIEDERHOLM, 1973, 1980a, 1980b, 1981).

Os estudos sobre a estrutura de distribuição de comunidades bentônicas têm sido utilizados como importantes ferramentas ecológicas para descrever mudanças no espaço, como na aplicação em monitoramento de fontes poluidoras; e no tempo, aplicados na descrição de alterações no estado trófico de ecossistemas lacustres. A utilização de larvas de Chironomidae (Diptera) como indicadores biológicas tem sido amplamente defendida. Alguns Chironomidae, Oligochaeta (BRINKHURST, 1974), Chaoboridae (Diptera) e Bivalvia do gênero *Pisidium*, foram utilizados como organismos indicadores em lagos europeus (JÄRNEFELT, 1953; VALLE, 1927).

SCHINDLER (1987) destaca o papel do sedimento como testemunho histórico do *input* de poluentes no sistema aquático. Neste sentido, algumas populações de organismos zoobentônicos têm sido amplamente utilizadas

como indicadores de conseqüências de lançamentos de efluentes domésticos e poluentes industriais.

Na utilização de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água, no Brasil, merece destaque a pesquisa de JOHNSCHER-FORNASARO & ZAGATTO (1987), na bacia do rio Cubatão, no Estado de São Paulo. Os autores utilizaram dois índices numéricos: o Índice de Comparação Seqüencial (Sequential Comparison Index) de CAIRNS Jr. *et alii* (1968) e o Índice Biótico (Biotic Index) de TUFFERY & VERNEAUX (1968). Estes índices das densidades de organismos dos diversos grupos taxonômicos indicaram alta poluição orgânica nos rios Cubatão e Piacaguera, ao passo que no rio Perdido foi detectada poluição por substâncias tóxicas. Com o objetivo de melhor investigar a poluição não orgânica, ZAGATTO *et alii* (*apud* JOHNSCHER-FORNASARO & ZAGATTO *op. cit.*) realizaram bioensaios com larvas de insetos aquáticos, especialmente Chironomidae e Chaoboridae.

A viabilidade em utilizar macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água em ecossistemas lacustres aumenta com o entendimento de como os fatores ambientais e metodológicos podem afetar os resultados das pesquisas em andamento. BARTON (1989) defende o desenvolvimento de monitoramentos a longo prazo e adverte quanto à cautela necessária na comparação de resultados de estudos, desenvolvidos por pesquisadores diferentes. Isto pode resultar em complicações devido a diferenças metodológicas que levam, inevitavelmente, a resultados distintos acerca de técnicas e hipóteses particulares de cada pesquisa (RESH, 1979; ARMITAGE *et alii*, 1987; MOSS *et alii*, 1987).

Existe uma ampla variedade de métodos estatísticos, desde técnicas simples até aquelas de modelagens sofisticadas, para descrever e comparar a estrutura de comunidades bentônicas (HEIP, 1992). Tais métodos baseiam-se em análises de abundância e biomassa de espécies presentes, complementadas com informações do ciclo de vida de algumas espécies selecionadas. Tanto os métodos univariados como os multivariados são atualmente utilizados em estudos de impactos ecológicos em ecossistemas aquáticos.

Os métodos univariados consistem em análises estatísticas primárias (abundância e biomassa) e variáveis derivadas, como os inúmeros índices de diversidade disponíveis (por exemplo, os tradicionais índices de Shannon-Wiener, de Simpson, de Margalef, além de dominância e abundância de espécies, segundo ODUM, 1985, 1988; COLINVAUX, 1986; e MARGALEF,

1989). Em alguns casos, estes constituem-se em testes estatísticos de extrema importância.

Os métodos multivariados também têm por base a abundância de taxa em diferentes estações amostrais no tempo e/ou no espaço e, dependendo da escolha de avaliar-se similaridades ou distâncias, pode-se selecionar um dos inúmeros testes disponíveis. Alguns dos mais populares em ecologia de macroinvertebrados bentônicos têm sido Análise Canônica de Correspondência, Análises de Funções Discriminantes e Análise Fatorial em Componentes Principais (LUDWIG & REYNOLDS, 1988; ROSENBERG & RESH, 1993).

Muitos pesquisadores vêm estudando os efeitos ecológicos de partículas em suspensão sobre o fitoplâncton, zooplâncton, peixes e bentos de rios. Os efeitos sobre comunidades de macroinvertebrados bentônicos de lagos, porém, são ainda pouco conhecidos. Além disso, efluentes compostos por sólidos em suspensão, lançados por indústrias, mineradoras e construtoras, podem afetar as comunidades bentônicas de diferentes formas e intensidades. A turbidez por partículas inorgânicas tem sido relacionada à redução da produção secundária de comunidades bentônicas, devido à diminuição da fonte alimentar oriunda da coluna d'água, através da diminuição da fotossíntese, ou devido ao soterramento ou à eliminação da fauna zoobentônica (CULP *et alii.*, 1986; SALLENAVE & BARTON, 1990).

Fundamentalmente, os organismos que compõem a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, em particular os insetos aquáticos, estão intimamente associados ao tipo de substrato, ao menos durante parte de suas vidas (WARD, 1992).

Em um ecossistema tal como o lago Batata, deve-se concordar com a afirmação de MINSHALL (*in* WARD, *op. cit.*) de que o tipo de substrato — incluindo-se sua composição granulométrica — pode ser considerado o principal determinante da distribuição e abundância destes organismos. O substrato seria responsável pela disponibilidade de habitats e microhabitats (em uma escala de indivíduos), alimentos (diretamente ou concentrados em sua superfície) e proteção (por exemplo de correntes e predadores, como peixes bentônicos).

No início do século foram publicados os primeiros estudos sedimentológicos sobre análise de tamanho de grãos em sedimentos, podendo-se destacar UDDEN (1898, 1914) e WENTWORTH (1922, 1929). A partir daí teve início a utilização de coeficientes estatísticos para caracterizar distribuições de freqüências de tamanhos de grãos em

sedimentos, com os trabalhos de TRASK (1932), KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938), OTTO (1939), KELLER, (1945), FOLK (1966), SOLOHUB & KLOVAN (1970), VISHNER (1978), FRIEDMAN (1979) e SEDIMENTATION SEMINAR (1981).

TWENHOFEL & TYLER (1941) já previam que a utilização de métodos estatísticos seria capaz de permitir uma rápida e fácil comparação de um grande número de amostras de sedimento e possibilitar evidenciar similaridades e diferenças. Os autores vislumbravam, naquela época, a importância que teriam as análises granulométricas no estudo e interpretação de condições ambientais diversas. As formulações para cálculo do diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, parâmetros básicos aplicados ao estudo de distribuições de frequência de tamanhos granulométricos, no entanto, surgiram em artigo de FOLK & WARD (1957), que partiram de uma modificação das fórmulas estatísticas propostas por INMAN (1952).

Nos últimos anos, várias pesquisas em Limnologia têm utilizado análises de gradiente indireto para estudar padrões de distribuição de comunidades de macroinvertebrados bentônicos em ambientes lóticos. Neste sentido, o emprego da análise multivariada em Componentes Principais (ACOMP) é útil para o entendimento de um dado padrão de distribuição de um conjunto de *taxa*, em relação a algumas variáveis ambientais. JOHNSON *et alii* (1993) destacam as pesquisas de FURSE *et alii* (1984) e WRIGHT *et alii* (1984), onde foi apresentado que algumas variáveis ambientais como tipo de substrato, profundidade, declividade, fluxo, altitude e nitrogênio total eram importantes nos modelos para entendimento da distribuição de macrobentos em sistemas lóticos. Outros autores identificaram os padrões de distribuição de comunidades bentônicas em rios, associadas com pH, teores de alumínio, declividade e fluxo (ORMEROD & EDWARDS, 1987; WEATHERLEY & ORMEROD, 1987; WADE *et alii*, 1989).

Os pesquisadores interessados em ecologia de organismos bentônicos começaram há poucos anos a utilizar medidas de tamanho de corpo como alternativa ou complementação das tradicionais descrições taxonômicas de comunidades bentônicas, provavelmente devido ao sucesso na utilização destas medições por ecólogos que pesquisam o plâncton. Este enfoque tem sido amplamente utilizado em estudos sobre interações presa-predador, bentos como recurso alimentar, ecologia energética em escala de fluxo de energia entre comunidades e comparações entre estruturas de comunidades de diferentes sistemas (STRAYER, 1991).

Reflexo do iminente desconhecimento acerca da ecologia destes animais, a cada pergunta e/ou objetivo inicial correspondem hoje dezenas de dúvidas. Apesar deste trabalho encontrar-se longe de algo conclusivo, deve ser visto como um ponto de partida para que se esgote um certo número de perguntas em relação à comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Para tal, toma por base a intuição e curiosidade acerca de um grupo de organismos aquáticos que tem-se apresentado, feliz ou infelizmente, como um dos melhores indicadores biológicos da influência do lançamento de rejeito de bauxita no lago Batata.

2- OBJETIVOS

1- Estudar a estrutura e distribuição espacial e temporal dos organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos do lago Batata e do lago Mussurá, durante os anos de 1990, 1991 e 1992, ao longo das quatro épocas mais marcantes do ciclo hidrológico regional (enchente, águas altas, vazante e águas baixas).

2- Estudar a influência do rejeito de bauxita lançado no lago Batata sobre a estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, comparando áreas naturais e áreas impactadas por este rejeito.

3- Determinar e analisar a influência da composição granulométrica dos sedimentos sobre a estrutura e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá.

4- Contribuir para o entendimento dos principais processos que ocorrem no sedimento do lago Batata, especialmente quanto às suas relações com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, nas áreas impactadas pelo rejeito de bauxita e nas áreas naturais.

5- Inferir sobre a possível utilização das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicadores das alterações causadas pelo lançamento de rejeito de bauxita no lago Batata.

6- Contribuir para o conhecimento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em lagos amazônicos de águas claras.

3- ÁREA DE ESTUDOS

3.1- O PASSADO GEOLÓGICO DA ATUAL AMAZÔNIA

A região amazônica teve sua origem no Paleozóico, há 570-225 milhões de anos AP (antes do presente), quando era coberta pelo mar, formando um grande golfo aberto para o Pacífico. Neste período, os continentes Africano e Sulamericano eram ligados e este golfo era então fechado a leste. Devido a isto são encontrados sedimentos do Pré-siluriano, Siluriano, Devoniano e Carbonífero, por baixo de toda a bacia sedimentar amazônica (SIOLI, 1985). Para melhor compreensão da escala geográfica do tempo, ver tabela 1.

Tabela 1: Escala geográfica do tempo (modificada de ABSY et alii, 1993).

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	DURAÇÃO em milhões de anos (aproximadamente)	MILHÕES DE ANOS PASSADOS (aproximadamente)
Cenozóica	Quaternário	Holoceno		aprox. últimos 10 mil anos
		Pleistoceno	2.5	2.5
	Terciário	Plioceno	4.5	2.55
		Mioceno	1.9	2.6
		Oligoceno	1.2	3.8
		Eoceno	1.6	5.4
Paleoceno	1.1	6.5		
Mesozóica	Cretáceo	7.1	136	
	Jurássico	5.4	190	
	Triássico	3.5	225	
Paleozóica	Permiano	5.5	280	
	Carbonífero		4.5	325
			2.0	345
	Devoniano	5.0	395	
	Siluriano	3.5	430	
	Ordoviciano	7.0	500	
Cambriano	7.0	570		
Pré-cambriana		4.03		

Segundo SIOLI (1985), ao longo do período do Carbonífero (345-280 milhões de anos AP), houve uma regressão marinha e, durante toda a era Mesozóica, os rios que drenavam a Amazônia fluíam para o Pacífico, em sentido contrário ao atual.

No período Terciário, já na era Cenozóica (6,5 a 2,5 milhões de anos AP), com o soerguimento dos Andes, os rios começaram a ser bloqueados

por esta cadeia montanhosa e o escoamento passou a se dar na direção do Atlântico. Ao longo deste período a Baixada Amazônica foi colmatada com sedimentos de água doce, formando camadas de até 300 metros do que hoje é denominada Formação "Barreiras" ou "Alter do Chão". Assim, nos últimos 2,5 milhões de anos, o solo sedimentar que havia na região secou e foi pouco a pouco sendo coberto pela vegetação que originaria a atual floresta tropical úmida da Amazônia, entremeada por seus inúmeros rios (SIOLI, 1985).

3.2- O CLIMA AMAZÔNICO DO "ONTEM GEOLÓGICO"

A partir de registros milenares nos sedimentos dos lagos da Serra de Carajás, estudos sobre os paleoclimas da Amazônia de TURCQ et alii (1993) evidenciaram que no passado geológico, o clima era mais seco que o atual, com cobertura vegetal menos densa, do tipo cerrado ou savana, em contraposição à densa floresta observada hoje na região. As primeiras pesquisas palinológicas na Amazônia, realizadas em Rondônia por VAN DER HAMMEM (1972) mostraram que savanas de gramíneas substituíram a floresta tropical em certos períodos do Pleistoceno (ABSY et alii, 1993).

Algumas pesquisas sobre a fauna e flora da região, como a de VANZOLINI (1970) sobre a distribuição de lagartos na Amazônia, chegaram à proposição de um modelo de refúgios ecológicos para explicar a alta diversidade de espécies e suas distribuições geográficas. AB'SÁBER (1977), in TURCQ et alii (1993), defende esta teoria porque, durante os períodos glaciais (em que as geleiras expandiram-se nas áreas glaciadas), as florestas das planícies amazônicas teriam sido reduzidas a manchas localizadas, formando verdadeiras "ilhas de umidade". Durante estes períodos de paleoclima mais seco, a Amazônia teria sido invadida por vegetações do tipo cerrado e cerradão, que teriam circundado as manchas de florestas tropicais, há cerca de 18-13 mil anos AP.

Os autores supra-citados são unânimes em afirmar que para o melhor entendimento da complexa história da vegetação e do clima da região Amazônica é fundamental que se intensifiquem as pesquisas paleoecológicas, especialmente com testemunhos geográficos em sedimentos dos lagos da região.

3.3- A AMAZÔNIA "ATUAL"

3.3.1- O CLIMA

O regime pluvial é um dos mais importantes, senão o principal, fator climático determinante da vida e das características da região amazônica.

A precipitação total desta imensa bacia varia entre 1.800 e 3.000 mm.ano⁻¹. 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⁻¹; enquanto que no noroeste as precipitações anuais alcançam 3.600 mm.ano⁻¹ (SALATI & MARQUES, 1984). Em uma faixa intermediária que vai do alto e médio até o baixo Amazonas, uma faixa com menores quantidades de chuvas, com média de 1.800 a 2.000 mm.ano⁻¹ (SIOLI, 1985). Nas encostas dos Andes podem ser alcançados valores acima de 5.000 mm.ano⁻¹. 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⁻².dia⁻¹, dependendo das condições climáticas do local, hora, mês do ano 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).

3.3.2- 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 (1950, 1951, 1956, 1965) 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 0,50m, pH entre 6.2 e 7.2, transportam alta carga de material em suspensão e dissolvido, originária dos Andes. Exemplos: rios Amazonas e Madeira.

Rios de água preta: com transparência da coluna d'água em torno de 1,30 - 2,90, 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 (KLINGE, 1967 *apud*. BOZELLI, 1991) sob vegetação típica, chamada regionalmente de caatinga, campina ou campinara. Exemplos: Rio Negro e 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 1,10m a 4,30m, 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 0,80m. Exemplos: rios Tapajós, Xingú e Trombetas.

Esta tipologia dos rios amazônicos foi proposta por SIOLI (1984) como um caminho para seu melhor entendimento como parte fundamental na estrutura e funcionamento da grande bacia do Amazonas.

3.4- O LAGO BATATA E O LAGO MUSSURÁ

O lago Batata e o lago Mussurá localizam-se entre 1°25' e 1°35' latitude sul e 56°15' e 56°25' longitude oeste, próximos à localidade de Porto Trombetas, no município de Oriximiná, no Estado do Pará, Brasil (Fig 1).

A bacia do rio Trombetas e seus lagos são classificadas como de águas claras, de acordo com SIOLI (1984). Este rio pertence à bacia do médio Amazonas e sua cabeceira tem origem nos maciços da Guiana.

O lago Mussurá está posicionado ao lado esquerdo do rio Trombetas, ao qual é permanentemente conectado.

A bacia de drenagem do lago Batata possui área aproximada de 271,6 Km² e perímetro de 72 Km e, segundo PANOSSO (1993), é drenado por 87 igarapés que nascem no meio da floresta e descem em direção ao lago, com suas águas claras, frias e pobres em nutrientes.

Estes dois lagos estão sujeitos às flutuações temporais do nível das águas, fenômeno comum a muitos ecossistemas aquáticos da região, quando são identificados quatro períodos principais: enchente, águas altas, vazante e águas baixas (ESTEVEZ et alii, 1990).

A vegetação que coloniza as margens é do tipo igapó sazonal, definido por PRANCE (1979) como sendo as áreas de vegetação que são inundadas periodicamente por rios de águas claras ou rios de águas pretas. O tipo de solo que predomina é o latossolo amarelo distrófico (RADAMBRASIL, 1976). Segundo a classificação proposta por BAGNOULS & GAUSSEN (*apud* BOZELLI, 1991), a área estudada apresenta clima xeroquimênico e está incluída na região subtermaxérica, com dias curtos, temperatura média do mês mais frio superior a 15°C e um período desfavorável que se estende a até 40 dias secos delimitados por chuvas torrenciais (BOZELLI, *op. cit.*).

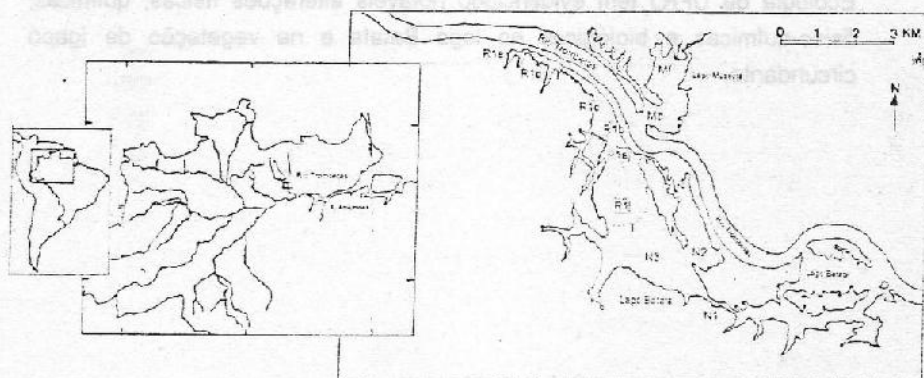


Figura 1: Mapa da área de estudos com a localização das estações de coleta (modificado de CALLISTO & ESTEVES, *no prelo*).

3.5- O LANÇAMENTO DO REJEITO DE BAUXITA

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). A bauxita extraída em Porto Trombetas é utilizada em vários países: Brasil (36%), Venezuela (33%), Canadá (26%), EUA (2%), Reino Unido (2%), Alemanha (1%).

Ao longo do processo de beneficiamento do minério de bauxita, é formado um rejeito ou efluente inorgânico. Inicialmente este rejeito de bauxita era lançado no igarapé Caraná 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 era formado por sólidos, finas partículas quimicamente inertes e água. As partículas eram

compostas por óxidos de alumínio, silicatos e óxidos de ferro. Ao longo dos onze anos de lançamentos do efluente de lavagem de bauxita no lago Batata (1979-1989) foi despejado um volume anual de 18 milhões de m^3 , o que resultou no assoreamento do igarapé ao longo de 5Km e de cerca de 30% do total da área do lago Batata (ESTEVEZ et alii, 1990).

Desta forma, o lançamento deste efluente de lavagem de bauxita no lago Batata constituiu-se em um impacto de características peculiares e inéditas no Brasil e possivelmente no mundo. As pesquisas ecológicas que vêm sendo desenvolvidas pelo laboratório de Limnologia do Dep. de Ecologia da UFRJ têm evidenciado notáveis alterações físicas, químicas, físico-químicas e biológicas no lago Batata e na vegetação de igarapé circundante.

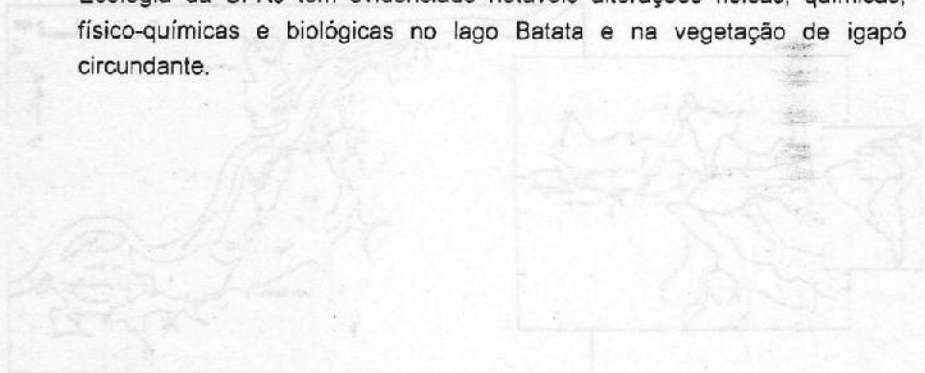


Figura 1. Mapa de área de estudos com a localização das estações de coleta (adaptado de CALISTO & ESTEVEZ, no prelo).

3.2. LANÇAMENTO DO REJEITO DE BAUXITA

A Companhia Mineira Rio do Norte S/A iniciou suas atividades de extração de bauxita no ano de 1972, na zona do Sítio, com uma produção anual de 3,35 milhões de toneladas, atingindo 5,0 milhões de toneladas anuais em 1988 (LAPA & CARDOSO, 1992). A bauxita extraída em Porto Trombetas é utilizada em vários países: Brasil (38%), Venezuela (33%), Canadá (26%), EUA (2%), Reino Unido (2%), Alemanha (1%). Ao longo do processo de beneficiamento do minério de bauxita, formado um rejeito ou efluente inorgânico, inicialmente este rejeito de bauxita era lançado no igarapé Canas que desagua no lago Batata. Depois, através da ampliação das dutos de transporte, o lançamento passou a ser realizado diretamente na parte noroeste do lago. Este efluente era formado por sólidos finos particulados predominantemente inertes e água. As partículas eram

4- MATERIAL E MÉTODOS

4.1- 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 0,0251 m² 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 nos estudos desta comunidade (HAWKES, 1975; 1978; CECCHERELLI & FABBRI, 1978; DOWNING, 1979; FURSE et alii, 1984; ROSENBERG & RESH, 1993; CALLISTO & ESTEVES, *in prelo*). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e, ainda no campo, fixadas com 20 ml de formol tamponado e neutralizado. No laboratório, foram lavadas sobre duas peneiras com abertura de malha de 1,00 e 0,50 mm, triadas com auxílio de microscópio estereoscópio Zeiss, e os exemplares preservados em álcool a 70% (segundo ROSILLON, 1987).

Em cada estação amostral foram coletadas 11 amostras, sendo 10 para a triagem dos organismos e cálculo dos valores de Densidade Relativa (ind/m²) e uma para a análise da composição granulométrica do sedimento. Com os dados de densidade relativa dos organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, coletados nos anos de 1990 e 1991, foi estimado o número mínimo de amostras "ideal" estatisticamente, segundo método proposto por ELLIOTT (1983), aceitando-se um desvio padrão de 20% em torno da média, através do cálculo na fórmula:

$$n = \frac{25s^2}{x^2} \text{ para } 20\% \text{ de erro}$$

n = número de amostras

s² = desvio padrão das amostras

x² = média das amostras

4.2- VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

4.2.1- ESTAÇÕES E PERIODICIDADE DE COLETA

As coletas de amostras de água e sedimento nas diversas estações dos lagos Batata e Mussurá foram realizadas trimestralmente, visando representar os quatro principais períodos distintos do ciclo hidrológico, a saber: enchente (março ou abril), águas altas (junho ou julho), vazante (setembro ou outubro) e águas baixas (novembro ou dezembro), conforme as tabelas abaixo.

Na figura 1 estão representadas as estações de coleta:

N1, N2, N3: localizadas em regiões naturais do lago Batata, livres de influência do rejeito de bauxita;

T: localizada em uma área de transição entre a região impactada e a região natural do lago Batata, onde foram realizadas coletas apenas no ano de 1990;

R1, R1a, R1b, R1c, R1d, R1e: localizadas na área impactada pelo efluente de bauxita no lago Batata, seguindo um transect, respectivamente, do ponto mais distante, ao mais próximo onde outrora fora o lançamento do efluente de lavagem de bauxita;

Mb e Mf: localizadas no lago Mussurá, respectivamente no ponto mais próximo ao rio Trombetas e mais ao fundo do ecossistema, distante da desembocadura.

Tabela 2: Cronograma de coletas no lago Batata, no ano de 1990, nas diversas estações de coleta. Obs.: (X) coleta realizada; (N) coleta não realizada; (S/A) estação sem coluna d'água.

Estações	Períodos de Coleta (1990)			
	Enchente	Águas Altas	Vazante	Águas Baixas
N1	N	N	X	N
N2	N	N	X	N
N3	X	X	X	X
T	N	N	X	X
R1	X	X	X	X
R1a	X	X	X	S/A
R1b	X	X	S/A	S/A
R1c	X	X	S/A	S/A
R1d	X	X	S/A	S/A
R1e	X	X	S/A	S/A

Tabela 3: Cronograma de coletas nos lagos Batata e Mussurá, no ano de 1991, nas diversas estações de coleta. Obs.: (X) coleta realizada; (N) coleta não realizada; (S/A) estação sem coluna d'água.

Estações	Períodos de Coleta (1991)			
	Enchente	Águas Altas	Vazante	Águas Baixas
N1	X	N	X	X
N2	X	X	X	X
N3	X	X	X	X
R1	X	X	X	X
R1a	X	X	X	S/A
R1b	X	X	X	S/A
R1c	X	X	X	S/A
R1d	X	X	S/A	S/A
R1e	X	X	S/A	S/A
Mb	X	X	X	X
Mf	X	X	X	X

Tabela 4: Cronograma de coletas nos lagos Batata e Mussurá, nos anos de 1992, nas diversas estações de coleta. Obs.: (X) coleta realizada; (N) coleta não realizada; (S/A) estação sem coluna d'água.

Estações	Períodos de Coleta (1992)			
	Enchente	Águas Altas	Vazante	Águas Baixas
N1	X	X	X	X
N2	X	X	X	X
N3	X	X	X	X
R1	X	X	X	X
R1a	X	X	S/A	S/A
R1b	X	X	S/A	S/A
R1c	X	X	S/A	S/A
R1d	S/A	S/A	S/A	S/A
R1e	S/A	X	S/A	S/A
Mb	X	X	X	X
Mf	X	X	X	X

4.2.2- VARIÁVEIS ABIÓTICAS 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 cerca de cinco litros, e posteriormente transferidas para frascos de polietileno. Nesta pesquisa, especificamente na análise estatística multivariada em componentes principais foram utilizados os valores de algumas destas variáveis, compilados de PANOSSO (1993), apenas da camada inferior da coluna d'água, mais próxima ao sedimento, objeto central deste estudo. 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 fixadas 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 separada em duas alíquotas, sendo que uma foi utilizada para as determinações de pH, alcalinidade total, condutividade elétrica e concentração de clorofila-a. A outra alíquota foi preservada através da acidificação até pH próximo a 1, com adição de ácido sulfúrico concentrado (GOLTERMAN et alii, 1978), para a posterior determinação dos nutrientes totais.

A- TEMPERATURA

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

B- 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.

C- POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

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.

D- ALCALINIDADE TOTAL

A determinação da alcalinidade total foi procedida através de titulação potenciométrica até pH 4.35, com um phmetro e solução de ácido sulfúrico 0,01N, conforme proposto por MACKERETH et alii (1978). Os resultados foram expressos em meq/l de CO₂.

E- OXIGÊNIO DISSOLVIDO

As amostras fixadas com sulfato manganoso e azida sódica iodada logo após a coleta, foram utilizadas para a obtenção das medidas da concentração de oxigênio dissolvido na água, através do método de WINKLER, modificado por GOLTERMAN et alii (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 alii (op. cit.).

F- CLOROFILA-a

Para a determinação da concentração de clorofila-a, um volume conhecido de cada amostra de água coletada foi filtrado em filtros de membrada GF/C Whatman. O procedimento adotado foi aquele descrito por GOLTERMAN et alii (1978), que consiste na maceração dos filtros seguida de extração com acetona 90%, centrifugação e leitura das amostras em sua condição original e acidificadas com HCL 0.1 N, a 665 e 750 nm em espectrofotômetro. O espectrofotômetro utilizado foi da marca Shimadzu, modelo UV-219A. Os resultados foram expressos em µg/l.

G- NITROGÊNIO KJELDAHL

O método de Kjeldahl, descrito por MACKERETH et alii (1978), foi utilizado para a determinação da concentração de nitrogênio total presente na coluna d'água. Esse método, além do N-Orgânico Total, detecta também a concentração de amônia. Por isso, convencionou-se chamar N-Kjeldahl às formas nitrogenadas determinadas a partir desse método.

As amostras foram concentradas através de evaporação, e em seguida, procedeu-se a digestão em meio ácido em aparelho tipo Markham. Após essa etapa, as amostras foram destiladas, sendo que o destilado foi recolhido em

ácido bórico 1% e titulado com ácido clorídrico. As medidas resultantes foram expressas em mg/l.

H- FÓSFORO TOTAL

A concentração de fosfato total das amostras foi determinada pelo método proposto por GOLTERMAN et alii (1978), que consiste na hidrólise do fosfato total por persulfato de potássio em autoclave, originando fosfato solúvel reativo. A posterior adição de reagente, composto por tartarato de antimônio e potássio, molibdato de amônio, ácido sulfúrico e ácido ascórbico, provoca o desenvolvimento de cor, cuja intensidade é proporcional à concentração de fosfato. Tal intensidade de coloração originada pela reação dos reagentes com o fosfato reativo, foi determinada em espectrofotômetro marca Shimadzu UV-210. Expressaram-se os resultados na unidade $\mu\text{g/l}$.

4.2.3- VARIÁVEIS QUÍMICAS NO SEDIMENTO LACUSTRE

A- AMOSTRAS DE SEDIMENTO

As amostras da fração superficial do sedimento (0-5 cm de profundidade) foram coletadas com coletor do tipo AMBÜHL & BÜHRER (1975).

Após serem levadas às dependências da Mineração Rio do Norte, as amostras foram secas em estufa a 60°C durante 72 horas, para as posteriores determinações de matéria orgânica, nitrogênio Kjeldahl e fósforo disponível (modificado de PANOSSO, 1993).

B- MATÉRIA ORGÂNICA

Foi determinada através de incineração de uma alíquota de 0.3 gramas da amostra seca e macerada em cadinhos de porcelana, a 500°C durante três horas. O resultado foi obtido pela diferença entre o peso seco da amostra inicial e o peso das cinzas originadas da combustão da mesma, e expresso em porcentagem de peso seco.

C- NITROGÊNIO TOTAL

O nitrogênio orgânico total foi determinado pelo método de Kjeldahl (descrito em BEZERRA, 1987), que se baseia na digestão do material por ácido sulfúrico em presença de catalizador misto, composto por selênio, sulfato de potássio e sulfato de cobre. Posteriormente, a amostra é alcalinizada e a amônia liberada é recebida em solução de ácido bórico, que é titulada em seguida com ácido clorídrico. A unidade de medida utilizada para a apresentação dos resultados foi a porcentagem de peso seco.

D- FÓSFORO DISPONÍVEL

As concentrações de fosfato disponível foram obtidas a partir de extração com ácido clorídrico. Ao sobrenadante resultante desse processo, foi adicionado reagente misto para obtenção do complexo de azul de molibdênio. A leitura da absorbância desse composto foi efetuada em espectrofotômetro, segundo MORENO (1987), e os resultados expressos em ppm.

4.3- ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS

Foram realizadas análises granulométricas de amostras coletadas nos anos de 1991 e 1992, nos quatro períodos do ciclo hidrológico (enchente, águas altas, vazante e águas baixas). As estações amostradas foram:

- em 1991: N3, R1 e Mf.
- em 1992: N1, N2, N3, R1, Mb e Mf, sendo que no período de águas altas foram coletadas amostras também nas estações R1a, R1b, R1c e R1e.

A metodologia utilizada para análise da composição granulométrica das amostras de sedimentos dos lagos Batata e Mussurá foi proposta por SUGUIO (1973).

4.3.1- PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram lavadas sobre duas peneiras, com malhas de 2,00mm e 0,062mm, com água destilada, adicionada cuidadosamente com um picete e espalhada com a ajuda de um pincel macio. O material menor que 0,062mm 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 0,062mm, composta por siltes e argilas foi colocada em provetas de um litro (até o volume de 950 ou 970ml) e o volume completado a um litro com solução desfloculante, composta por 45,7g de Hexametáfosfato de Sódio, 7,9g de Carbonato de Sódio, dissolvidos a 40°C em água e completados a 1 litro 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.

4.3.2- SECAGEM DAS AMOSTRAS

As amostras de sedimento da estação N1, com altas concentrações de areias, foram secas durante várias horas (cerca de 36 a 48h) 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.

4.3.3- PENEIRAMENTO DAS AMOSTRAS

As porções maiores que 0,062mm, 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 5: Escalas granulométricas em milímetros, phi e respectiva classificação de grãos.

Peneiras escala mm	escala phi	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 foi de acordo com o sistema americano chamado escala de Wentworth (1922) 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.

4.3.4- MÉTODO DA PIPETAGEM

A intervalos periódicos e rigidamente seguidos, foram realizadas pipetagens com pipeta volumétrica de 30ml a profundidades também pré-determinadas e o volume colocado em pequenos potes plásticos pré-pesados em balança analítica (precisão de 0.0001g), segundo tabela abaixo:

Tabela 6: Tempos, profundidades e granulações para análise granulométrica por pipetagem.

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

Estes potes foram secos em estufa a 40°C, e após a evaporação da água (cerca de 48 horas após) 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 phis 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0, 10,0 e >10,0. A unidade phi (ϕ) foi introduzida por KRUMBEIN (1934), que é o logaritmo negativo de base 2 da granulometria em milímetro.

$$\phi = - \log_2 d$$

sendo d = diâmetro da partícula em milímetro.

Segundo SUGUIO (1973), nesta escala, grãos com 1mm possuem um valor $\phi = 0$, grãos mais finos têm valores ϕ positivos e grãos mais grossos têm valores ϕ negativos. Esses valores ϕ , que são números inteiros, coincidem com os limites de classes da escala de Wentworth.

4.3.5- TRATAMENTO DOS DADOS

Com os pesos de grãos em cada phi correspondente, foram construídas curvas de freqüência simples.

Além disso, foi realizado um teste de qui-quadrado (χ^2) aplicado em uma tabela de contingência para K amostras independentes, conforme SIEGEL (1975), a um nível de significância de $\alpha=0,001$.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^K \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \text{ e } gI=(K-1)(r-1)$$

Foram também calculados alguns parâmetros estatísticos, a partir dos diâmetros lidos na curva acumulativa, comumente utilizados em estudos de composição granulométrica de sedimentos (SUGUIO, 1973; LEEDER, 1982; DYER, 1986), a partir das fórmulas propostas por FOLK & WARD (1957).

4.3.6- MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL:

Em geral, esses valores caracterizam a classe granulométrica mais freqüente, embora isso não aconteça em curvas assimétricas.

TAMANHO MÉDIO (M_z): O diâmetro médio calculado utilizando-se a distribuição de freqüência de peso não é a média de tamanho de todas as partículas da amostra. E sim, o tamanho em torno do qual o peso do material na amostra se distribui.

$$M_z = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

Segundo SUGUIO (1973), do ponto de vista sedimentológico, a granulação média de um sedimento é importante para indicar a ordem de magnitude dos tamanhos de partículas.

MEDIANA (M_d): $M_d\phi = \phi 50$

4.3.7- MEDIDAS DO GRAU DE DISPERSÃO OU ESPALHAMENTO:

Muitas vezes o valor médio representa apenas o ponto central e não indica nada sobre o espalhamento dos dados em ambos os lados da distribuição. Assim tornam-se necessárias medidas do grau de dispersão dos dados em torno da tendência central.

DESVIO PADRÃO (σ):

$$\sigma = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

MEDIDAS CAUDAIS:

Fornecem uma medida da tendência dos dados de se dispersarem de um ou do outro lado da média.

ASSIMETRIA (S_k):

$$S_k = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

CURTOSE (K_g):

$$K_g = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2,44(\phi 75 - \phi 25)}$$

A interpretação dos momentos granulométricos calculados seguiram os valores propostos por SUGUIO (1973), cujas tabelas contendo as diversas classes de tamanho de partículas analisadas e respectivas interpretações estão nos anexos (tab. 26, 27, 28 e 29).

4.4- ANÁLISE FATORIAL EM COMPONENTES PRINCIPAIS

Para facilitar a análise e a interpretação integrada dos dados reunidos, com o intuito de definir, do conjunto analisado, quais as variáveis limnológicas físicas, químicas e físico-químicas capazes de diferenciar as condições ecológicas dos lagos Batata e Mussurá, fez-se necessário o uso de uma técnica estatística multivariada, a Análise Fatorial em Componentes Principais (ACOMP). Esta análise permite evidenciar e hierarquizar os fatores (eixos=componentes) responsáveis pela variância dos dados (VALENTIN et alii, 1987) e tem por objetivo simplificar e condensar a massa de dados iniciais, expressando a trama complexa de interrelações entre variáveis por um menor número de fatores. A utilização de análises estatísticas multivariadas têm sido amplamente utilizadas em ecologia, embora pouco difundidas no Brasil (VALENTIN, 1981; ROSENBERG & RESH, 1993; CALLISTO & ESTEVES, *no prelo*).

Foi realizada uma seleção dos grupos taxonômicos mais representativos em frequência e/ou abundância. Essa seleção permitiu

eliminar os grupos com grande número de valores nulos, os quais, no caso da análise em componentes principais baseada no coeficiente r de Pearson (e consequentemente na normalidade dos dados), distorceriam fortemente os resultados, podendo levar a interpretações errôneas. Mesmo assim, foram aplicados dois tipos de transformação aos dados para corrigir a dissimetria da distribuição: $\log(x)$ aos valores das variáveis Profundidade, Condutividade, Material em Suspensão, P-dissolvido, N-total e Matéria Orgânica; e arcosseno (x) com $0 < x < 100$ aos dados das diversas classes granulométricas estudadas.

5- RESULTADOS

5.1- DISTRIBUIÇÃO E ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram numericamente dominadas por larvas de insetos aquáticos, particularmente Diptera das famílias Chironomidae e Chaoboridae nas áreas naturais do lago Batata e nas duas estações amostrais no lago Mussurá. Na área impactada pelo rejeito de bauxita no lago Batata, destaca-se a ocorrência com elevadas densidades relativas de larvas de Ephemeroptera, da família Polymitarcidae. Oligochaetas foram também numericamente importantes nas diversas estações estudadas, nos três anos analisados, tendo sido encontrados com maiores densidades relativas no ano de 1992. Baixas densidades relativas de Ostracoda foram encontradas, apenas nas estações naturais, sem influência do rejeito e no lago Mussurá. Nas estações impactadas foram encontrados Ostracoda apenas no ano de 1990, não tendo sido em 1991, e novamente apenas na estação R1 da vazante de 1992. Neste último ano, além de Ostracoda, pupa de Chironomidae, Polychaeta e Nematoda foram encontrados com densidades relativas menores, mais ainda numericamente dominantes.

Alguns grupos de organismos apresentaram-se com baixa ocorrência, especialmente Nematoda e Ceratopogonidae em 1991, pupas de Chironomidae, Polychaeta, Nematoda, Amphipoda e Ceratopogonidae em 1992.

Por outro lado, alguns grupos de organismos foram raramente encontrados, caracterizando-se como apenas discretos registros, como Culicidae, Curculionidae e Acarina em 1990; Acarina, Hirudinea e Cladocera em 1991; e Acarina, Hirudinea, Copepoda e Bivalvia, em 1992.

O estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos lagos Batata e Mussurá permitiu evidenciar que estes organismos distribuem-se de forma diferenciada, quanto à composição de grupos taxonômicos e quanto às densidades relativas de organismos encontrados.

Nas áreas impactadas pelo rejeito de bauxita, nas chamadas estações impactadas (R1, R1a, R1b, R1c, R1d e R1e), foram encontradas menores densidades relativas de organismos, se comparadas àquelas das estações naturais do lago Batata, conforme os dados das figuras 2 e 3. Em algumas estações foram determinadas ausências de organismos, como por exemplo, nos períodos de enchente (estação R1a), águas altas (estações R1, R1b e

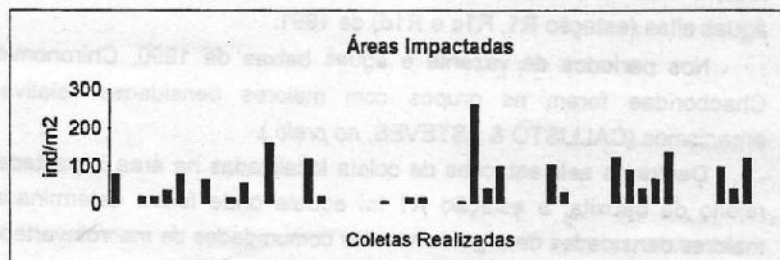


Figura 2: Distribuição de frequência das densidades relativas totais das comunidades de macroinvertebrados bentônicos encontradas nas estações impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata, nos anos de 1990, 1991 e 1992, em ind/m².

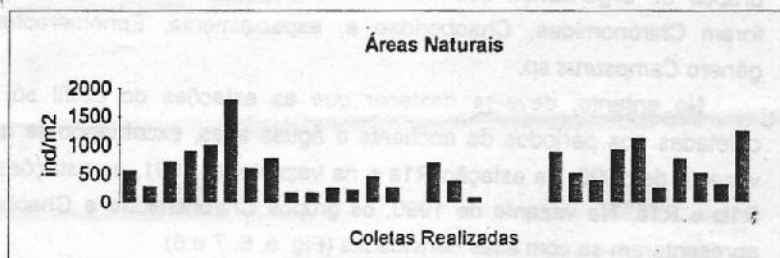


Figura 3: Distribuição de frequência das densidades relativas totais das comunidades de macroinvertebrados bentônicos encontradas nas estações naturais do lago Batata, nos anos de 1990, 1991 e 1992, em ind/m².

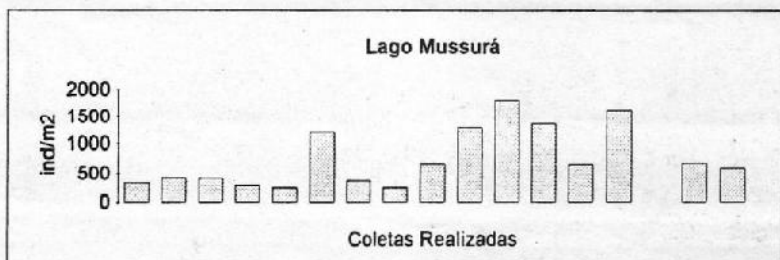


Figura 4: Distribuição de frequência das densidades relativas totais das comunidades de macroinvertebrados bentônicos encontradas nas estações Mb e Mf do lago Mussurá nos anos de 1991 e 1992, em ind/m².

R1e) e vazante (estação **R1a**) de 1990; enchente (estações **R1a** e **R1c**) e águas altas (estação **R1**, **R1c** e **R1d**) de 1991.

Nos períodos de vazante e águas baixas de 1990, Chironomidae e Chaoboridae foram os grupos com maiores densidades relativas de organismos (CALLISTO & ESTEVES, *in prelo.*)

Dentre as seis estações de coleta localizadas na área impactada pelo rejeito de bauxita, a estação **R1** foi aquela onde foram determinadas as maiores densidades de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, tanto nos períodos de enchente e vazante de 1990, vazante e águas baixas de 1991, enchente e águas altas de 1992 (tabelas 7, 8 e 9). Os grupos de organismos que foram encontrados com maiores densidades foram Chironomidae, Chaoboridae e, especialmente, Ephemeroptera do gênero *Campsurus* sp.

No entanto, deve-se destacar que as estações do perfil só foram coletadas nos períodos de enchente e águas altas, excetuando-se apenas vazante de 1990, na estação **R1a** e na vazante de 1991, as estações **R1a**, **R1b** e **R1c**. Na vazante de 1990, os grupos Chironomidae e Chaoboridae apresentaram-se com altas densidades (Fig. 5, 6, 7 e 8).

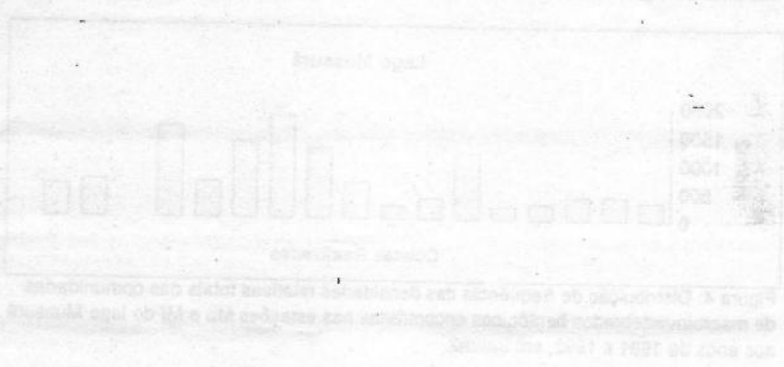


Tabela 8: Análise comparativa com os dados de densidades relativas dos principais grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, coletados nas diversas estações amostrais, nos quatro períodos de coleta do ano de 1991. (0) Ausência de organismos; (1) Baixas densidades relativas (1-100 organismos/m²); (2) Médias densidades relativas (101-250 organismos/m²); (3) Altas densidades relativas (>250 organismos/m²). Obs.: legenda dos grupos de organismos igual à tabela 7.

Período	Estação	Grupos de Organismos								
		Chir.	Cheob	Ephe	Oligoc	Ostrac	P.Chir	P.Cha.	Poly.	Nemat
enchente	N1	2	1	0	0	1	0	0	0	0
	N2	2	1	0	0	1	0	0	0	0
	N3	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	R1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	R1a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1b	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	R1c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1d	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1e	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mb	2	0	2	1	0	0	0	0	0
Mf	2	2	1	0	0	0	0	0	0	
águas altas	N2	2	1	1	1	0	1	0	0	1
	N3	2	2	1	1	0	0	0	0	2
	R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1a	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1b	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	R1c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1d	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R1e	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mb	0	1	1	1	1	1	0	0	0
	Mf	2	2	0	0	0	1	0	0	0
vazante	N1	1	2	0	1	0	0	1	0	1
	N2	2	3	1	1	0	0	0	0	0
	N3	1	2	1	1	1	0	0	0	1
	R1	1	2	1	1	0	0	1	0	0
	R1a	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	R1b	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	R1c	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Mb	1	1	1	2	0	0	0	0	0
	Mf	3	3	0	0	1	0	0	0	0
	águas baixas	N1	1	1	0	1	0	0	0	0
N2		2	1	0	1	2	0	0	0	0
N3		2	1	0	1	2	0	1	0	1
R1		3	1	1	1	0	1	0	0	0
Mb		1	1	0	2	0	1	0	0	1
Mf		2	1	0	1	0	1	0	0	0

Tabela 9: Análise comparativa com os dados de densidades relativas dos principais grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, coletados nas diversas estações amostrais, nos quatro períodos de coleta do ano de 1992. (0) Ausência de organismos; (1) Baixas densidades relativas (1-100 organismos/m²); (2) Médias densidades relativas (101-250 organismos/m²); (3) Altas densidades relativas (>250 organismos/m²). Obs.: legenda dos grupos de organismos igual à tabela 7.

Período	Estação	Grupos de Organismos								
		Chiron	Chaob	Ephe m	Oligoc	Ostrac	P.Chir	P.Cha.	Poly.	Nemat
enchente	N1	2	2	1	1	1	0	0	1	0
	N2	3	0	0	2	2	1	0	2	0
	N3	2	1	0	2	2	0	0	1	0
	R1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
	R1a	1	1	0	1	0	1	0	0	0
	R1b	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	R1c	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	Mb	3	1	0	2	0	0	0	1	0
Mf	3	3	0	1	1	0	1	1	0	
águas altas	N1	2	2	0	2	1	0	0	0	1
	N2	2	2	0	2	1	0	1	1	1
	N3	2	2	0	2	1	0	1	1	1
	R1	1	1	2	0	0	0	0	0	0
	R1a	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	R1b	1	1	1	0	0	0	1	0	0
	R1c	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	R1e	1	1	0	1	0	0	1	0	0
Mb	3	3	0	3	1	1	1	2	1	
Mf	3	3	0	1	1	0	1	1	0	
vazante	N1	2	1	0	1	1	0	0	1	1
	N2	3	0	0	1	1	0	0	1	0
	N3	3	1	0	1	1	0	0	0	0
	R1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	Mb	2	2	0	2	1	0	0	1	0
	Mf	3	2	1	1	2	1	0	2	0
águas baixas	N1	2	1	0	1	1	0	0	1	0
	N2	3	2	0	1	1	1	0	1	0
	N3	3	1	0	1	1	1	0	0	0
	R1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
	Mb	3	1	0	1	1	0	0	1	1
	Mf	3	1	0	0	0	1	0	0	0

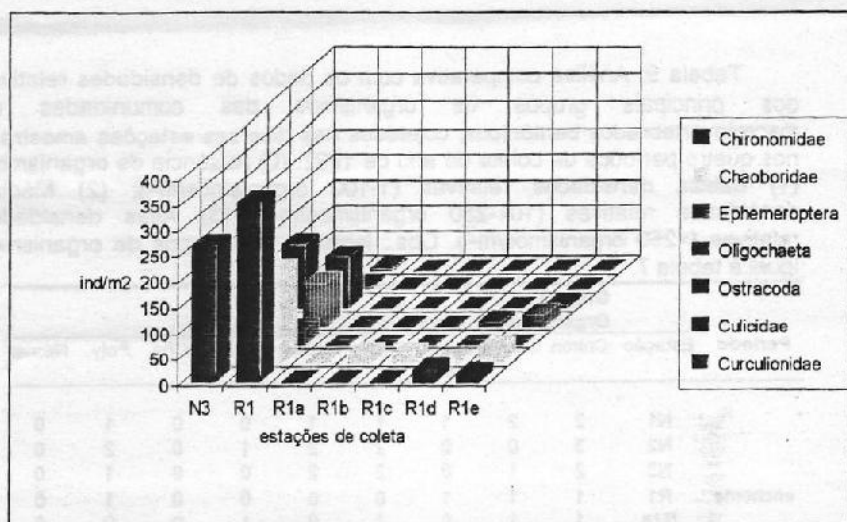


Figura 5: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas na enchente de 1990.

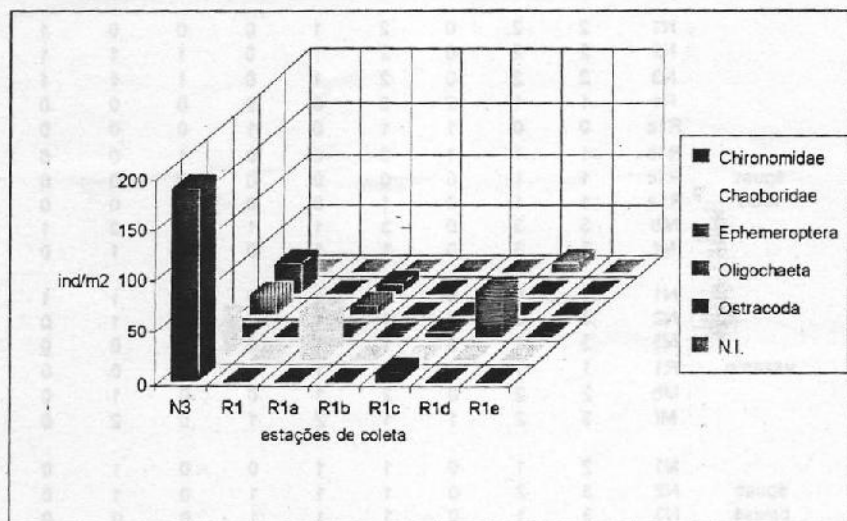


Figura 6: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas altas de 1990.

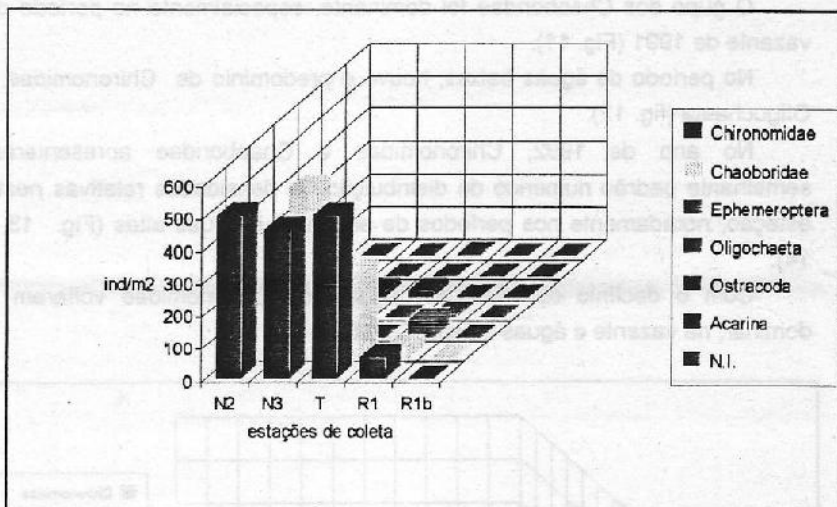


Figura 7: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas na vazante de 1990.

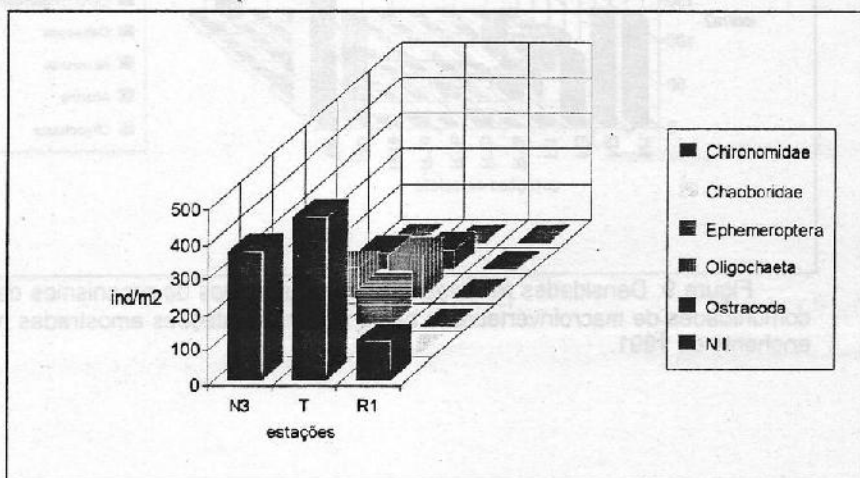


Figura 8: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas baixas de 1990.

Na coleta realizada no período de enchente de 1991, novamente os Chironomidae foram os organismos com maior representatividade numérica, porém, todos com pequeno tamanho de corpo (Fig. 9).

Chironomidae, Chaoboridae e Ceratopogonidae foram responsáveis pelas maiores densidades relativas no período de águas altas de 1991 (fig.10).

O gupo dos Chaoboridae foi dominante, especialmente no período de vazante de 1991 (Fig. 11).

No período de águas baixas, houve o predomínio de Chironomidae e Oligochaeta (fig. 12).

No ano de 1992, Chironomidae e Chaoboridae apresentaram semelhante padrão numérico de distribuição de densidades relativas nesta estação, notadamente nos períodos de enchente e águas altas (Fig. 13 e 14).

Com o declínio do nível das águas, os Chironomidae voltaram a dominar, na vazante e águas baixas (fig. 15 e 16).

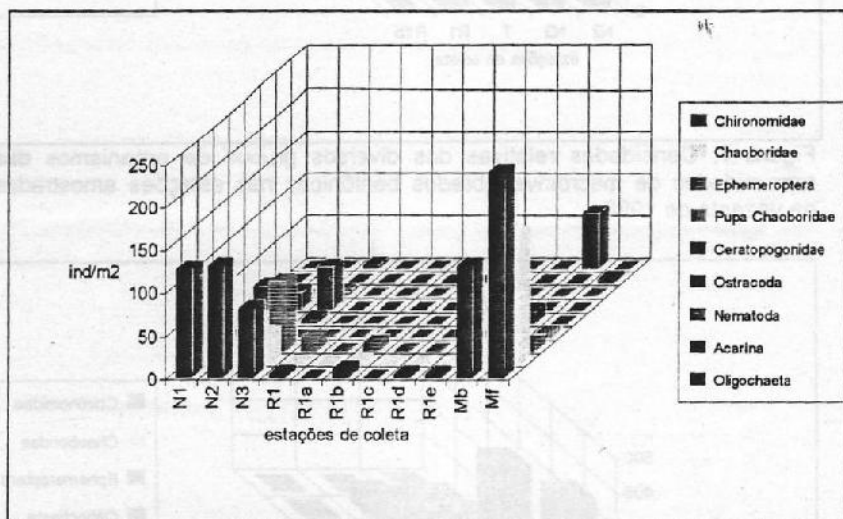


Figura 9: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrado bentônicos nas estações amostradas na enchente de 1991.

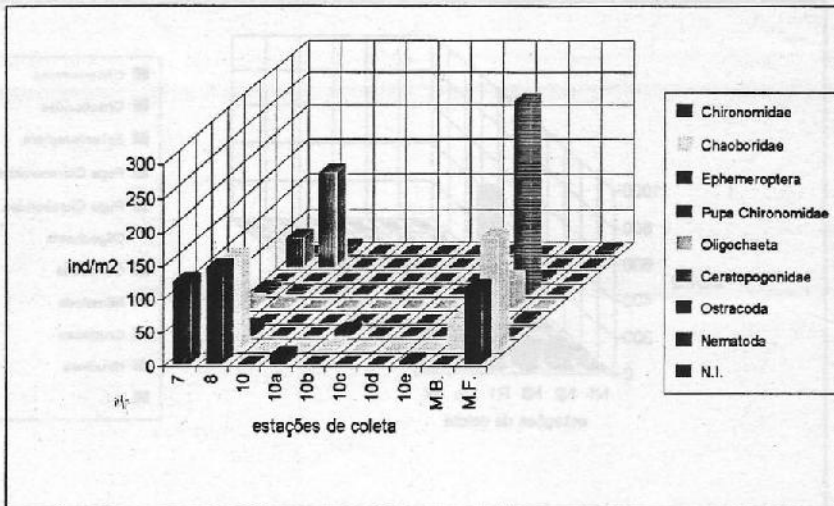


Figura 10: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas altas de 1991.

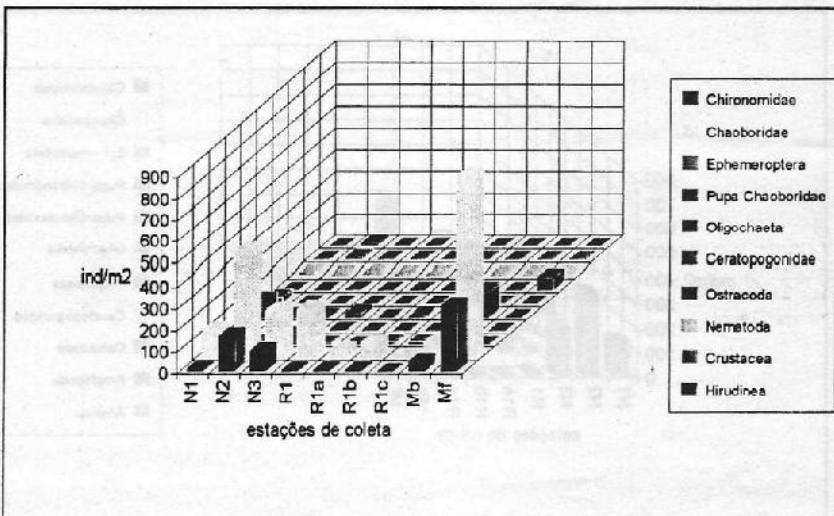


Figura 11: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas na vazante de 1991.

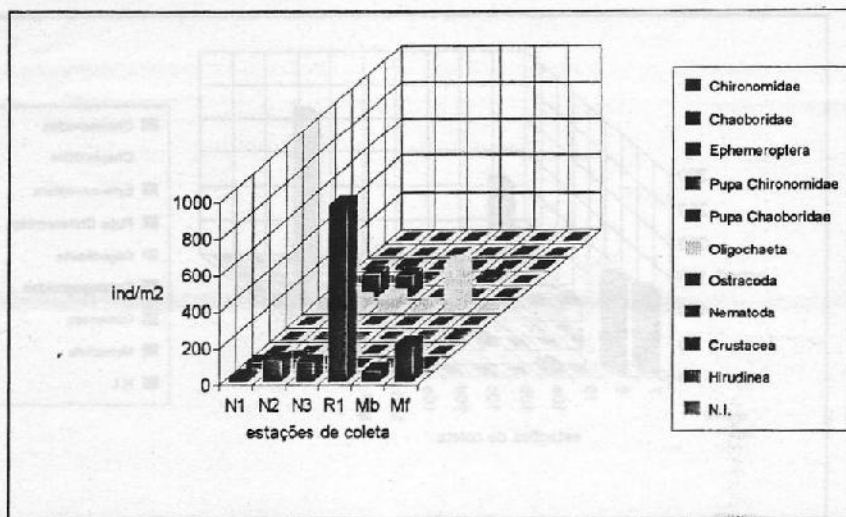


Figura 12: Densidades de organismos dos diversos grupos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas baixas de 1991.

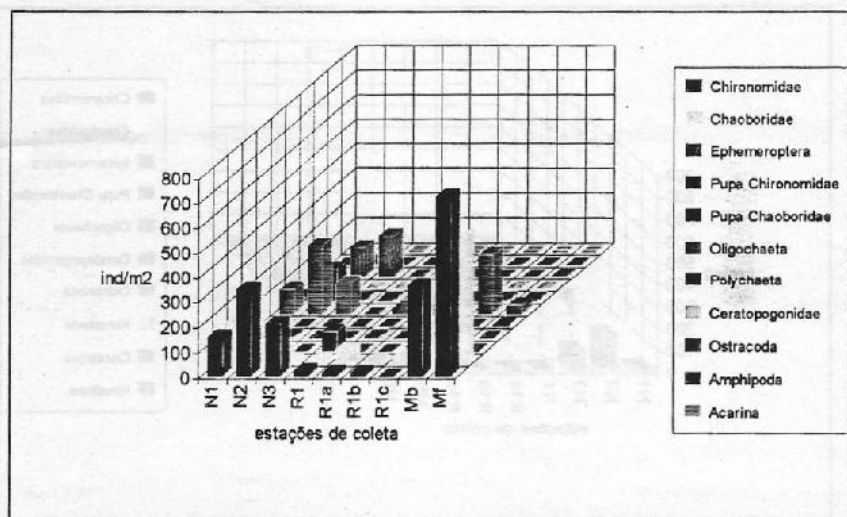


Figura 13: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas na enchente de 1992.

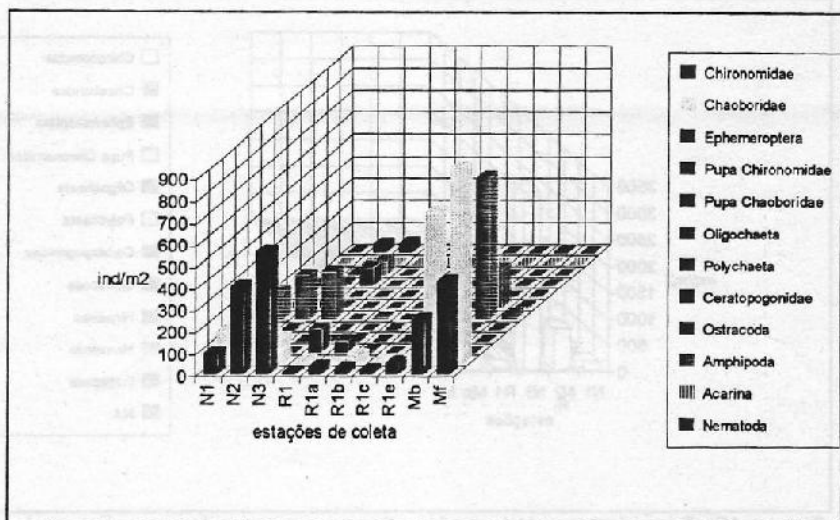


Figura 14: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas altas de 1992.

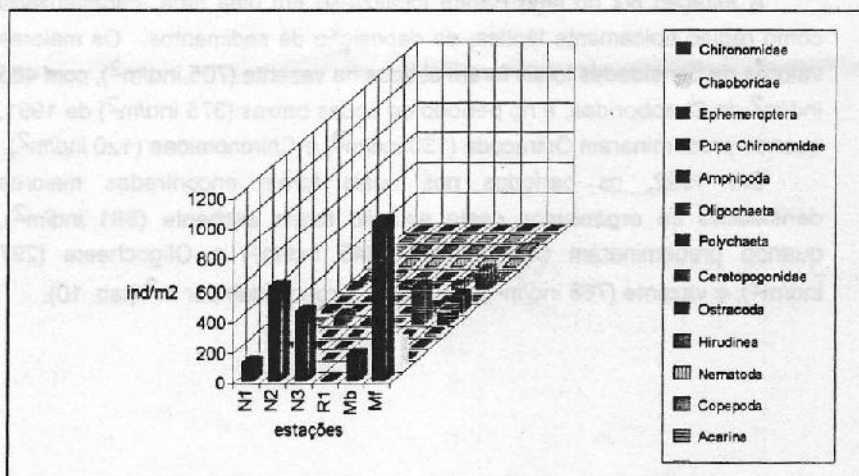


Figura 15: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas na vazante de 1992.

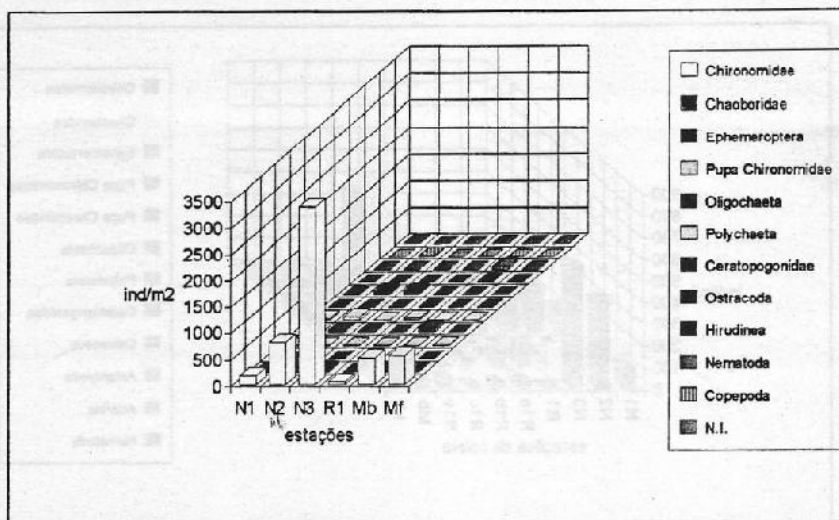


Figura 16: Densidades relativas dos diversos grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostradas nas águas baixas de 1992.

A estação N2 do lago Batata localiza-se em uma baía, caracterizada como região tipicamente lântica, de deposição de sedimentos. Os maiores valores de densidades totais foram obtidos na vazante (705 ind/m^2), com 485 ind/m^2 de Chaoboridae, e no período de águas baixas (375 ind/m^2) de 1991, quando predominaram Ostracoda (130 ind/m^2) e Chironomidae (120 ind/m^2).

Em 1992, os períodos nos quais foram encontradas maiores densidades de organismos nesta estação foram enchente (891 ind/m^2), quando predominaram Chironomidae (345 ind/m^2) e Oligochaeta (297 ind/m^2); e vazante (768 ind/m^2), com $624 \text{ Chironomidae por m}^2$ (tab. 10).

Tabela 10: Densidades relativas totais encontradas nas diversas estações amostradas, nas áreas naturais e de transição do lago Batata, nos três anos de coleta, respectivamente nos quatro períodos do ciclo hidrológico estudados. Obs.: # Amostras não coletadas.

Ano	Períodos	Estações			
		N1	N2	N3	T
1990	enchente	#	#	558	#
	cheia	#	#	279	#
	vazante	708	896	1005	1796
	seca	609	779	#	#
1991	enchente	166	170	261	#
	cheia	#	225	460	#
	vazante	265	705	376	#
	seca	85	375	345	#
1992	enchente	456	891	512	#
	cheia	391	936	1116	#
	vazante	256	768	512	#
	seca	318	1240	3532	#

Na estação N3, mais uma vez os Chironomidae foram dominantes, apresentando-se com elevadas densidades relativas de organismos. No período de enchente de 1991 foi encontrado um total de 261 organismos nesta estação, sendo 80 ind/m² as densidades relativas de Chironomidae e Ephemeroptera, seguidos de Ostracoda com 50 ind/m². Neste mesmo ano, no período de águas altas (total de 460 ind/m² de organismos encontrados), foram determinadas as densidades relativas dos grupos Chironomidae (145 ind/m²), Chaoboridae e Nematoda (ambos com 140 ind/m²). No ano de 1992 foram encontradas maiores densidades relativas de macroinvertebrados bentônicos nesta estação, 1116 ind/m² no período de águas altas (Chironomidae, 568 ind/m², Oligochaeta, 224 ind/m², Chaoboridae, 116 ind/m²) e 3.532 ind/m² no período de águas baixas, quando foram encontrados 3.372 ind/m² de Chironomidae.

Localizada em uma área chamada de transição, a estação T foi amostrada apenas no ano de 1990, quando foram encontradas as maiores densidades relativas nos períodos de vazante (1.796 ind/m²), sendo 502 ind/m² de Chironomidae e 266 ind/m² de Chaoboridae. Nas águas baixas também foi elevado o total de organismos (779 ind/m²), sendo 466 ind/m² Chironomidae, 122 ind/m² Oligochaeta e 98 ind/m² Ephemeroptera.

As estações Mb e Mf, localizadas no lago Mussurá foram amostradas apenas nos anos de 1991 e 1992, onde foram encontradas maiores densidades do que as obtidas nas estações do lago Batata (fig. 4).

Durante o período amostral foi evidenciado o predomínio de organismos dos grupos Chironomidae, em ambas as estações e de Chaoboridae, principalmente na estação Mf.

Na enchente de 1991, foram encontrados Chironomidae e Ephemeroptera (130 ind/m²) na estação Mb e, na estação Mf, Chironomidae (240 ind/m²) e Chaoboridae (150 ind/m²). Nas águas altas, Ceratopogonidae foram encontrados com altas densidades relativas (285 ind/m²). Oligochaeta (116 ind/m²) na estação Mb e Chironomidae e Chaoboridae (respectivamente 307 e 838 ind/m²) na estação Mf. Nas águas baixas, os Oligochaeta dominaram com 265 ind/m², na estação Mb.

No ano de 1992, os grupos dominantes foram os mesmos, variando apenas as densidades relativas encontradas. Na enchente, 363 Chironomidae (ind/m²) na estação Mb e 724 ind/m² na estação Mf, seguidos de Chaoboridae (508 ind/m²). Nas águas altas, Chironomidae (256 ind/m²), Chaoboridae (692 ind/m²) e Oligochaeta (648 ind/m²) na estação Mb; na

estação **Mf**, Chironomidae e Chaoboridae (respectivamente 432 e 900 ind/m²) foram os grupos mais abundantes.

Na vazante, 252 ind/m² de Oligochaeta foram encontrados na estação **Mb** e 1044 Chironomidae (ind/m²) e 124 Ostracoda (ind/m²) na estação **Mf**. Nas águas baixas, os Chironomidae predominaram em ambas as estações (508 ind/m² na estação **Mb** e 554 ind/m² na estação **Mf**).

No ano de 1992, nos quatro períodos amostrais, a partir dos dados obtidos quanto às densidades relativas de organismos (ind/m²), nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, foi possível a confecção de gráficos onde fossem apresentadas as densidades relativas dos principais grupos de organismos em cada estação de coleta.

Na estação **N1** foram encontradas maiores densidades relativas nas peneiras de 0,50 mm, destacando-se Chironomidae (enchente, vazante e águas baixas) e Chaoboridae nas águas altas. Nas peneiras de 1,00 mm houve o predomínio de Oligochaeta nos períodos de enchente, águas altas e águas baixas (fig. 17).

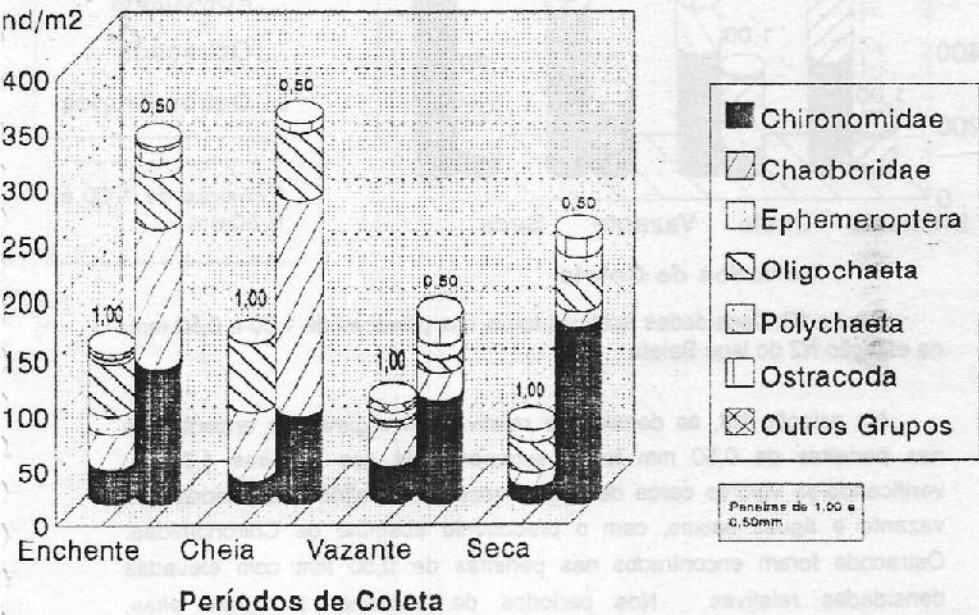


Figura 17: Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm na estação **N1** do lago Batata.

Na estação N2 também foram maiores as densidades relativas na peneira de 0,50mm, notadamente no período de águas baixas, quando a densidade total dos grupos de organismos foi cerca de 3,5 vezes maior que na peneira de 1,00mm. Houve o predomínio de Chironomidae, principalmente nos períodos de vazante e águas baixas. Na enchente e águas altas, Oligochaeta apresentou-se com altas densidades relativas e nas águas altas, Chaoboridae também foi numericamente importante (fig. 18).

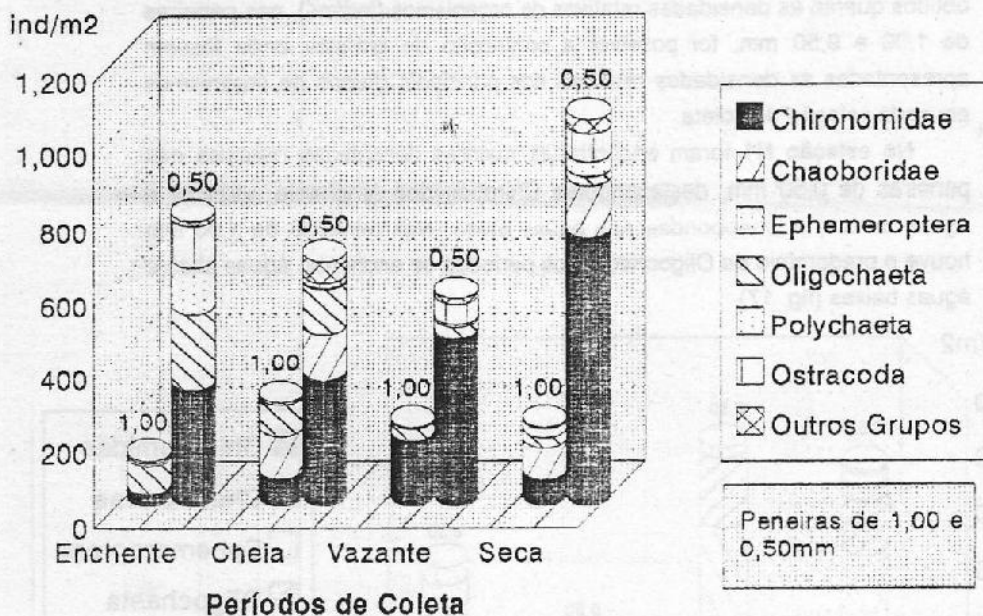


Figura 18: Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, na estação N2 do lago Batata.

Na estação N3, as densidades relativas de organismos encontradas nas peneiras de 0,50 mm foram superiores às das peneiras 1,00mm, verificando-se valores cerca de quatro vezes mais altos nos períodos de vazante e águas baixas, com o predomínio absoluto de Chironomidae. Ostracoda foram encontrados nas peneiras de 0,50 mm com elevadas densidades relativas. Nos períodos de enchente e águas altas, predominaram os grupos Chironomidae e Oligochaeta, sendo que ainda foram consideráveis as densidades relativas de Chaoboridae nas águas altas (fig. 19).

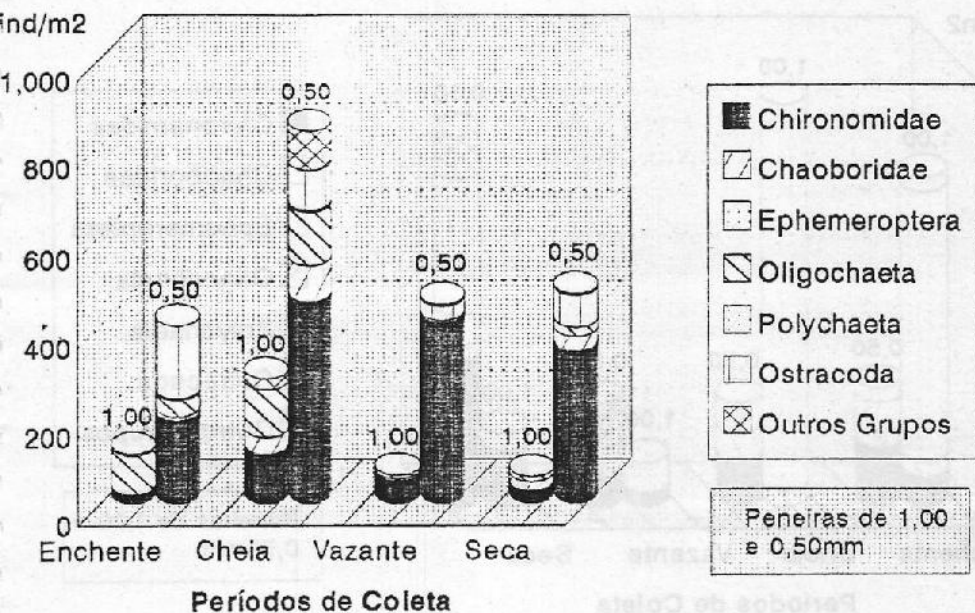


Figura 19: Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, na estação N3 do lago Batata.

Na estação R1 foram encontradas as menores densidades relativas de organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Nos períodos de enchente e águas altas, foram encontradas maiores densidades relativas na peneira de 1,00mm, onde Ephemeroptera foi o grupo dominante, representando mais de 80% do total de organismos encontrados neste período. Nas peneiras de 0,50 mm, representaram cerca de 20-30% do total de organismos. Nos períodos de vazante e águas baixas, maiores densidades foram encontradas nas peneiras de 0,50 mm, com destaque para as densidades relativas do grupo de Chironomidae (fig. 20).

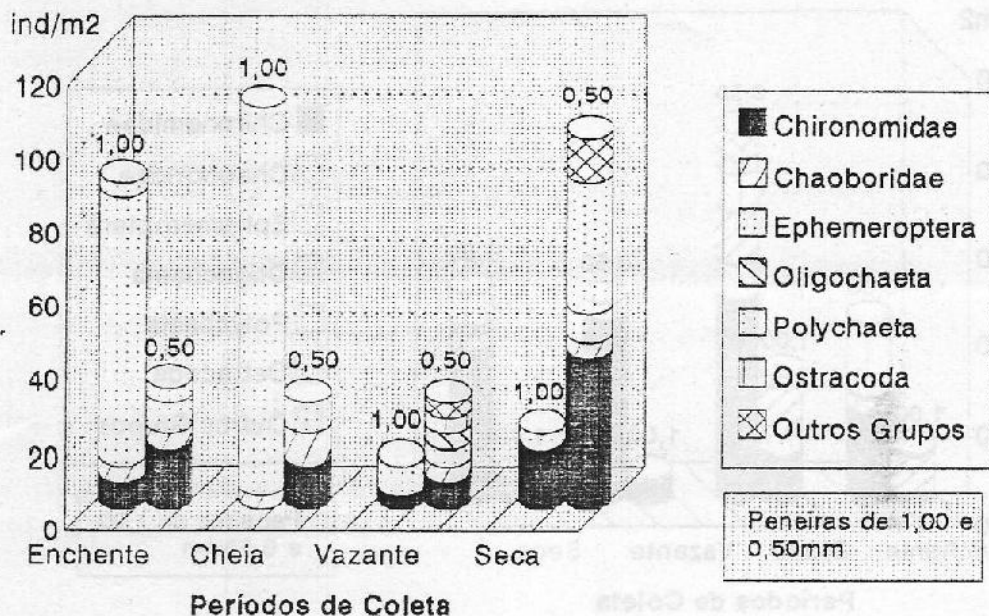


Figura 20. Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, na estação R1 do lago Batata.

No lago Mussurá, a estação Mb apresentou-se com pequena diferença nas densidades relativas de organismos encontrados nas peneiras de 1,00 e 0,50mm, exceto no período de águas altas. Chironomidae e Oligochaeta foram os grupos dominantes nos períodos de enchente, vazante e águas baixas e a participação de Chaoboridae na densidade total na peneira de 0,50 mm nas águas altas foi representativa (fig. 21).

Na estação Mf, Chironomidae e Chaoboridae foram os grupos com maiores densidades relativas de organismos, e principais responsáveis pelas altas densidades nas peneiras de 0,50mm (fig. 22).

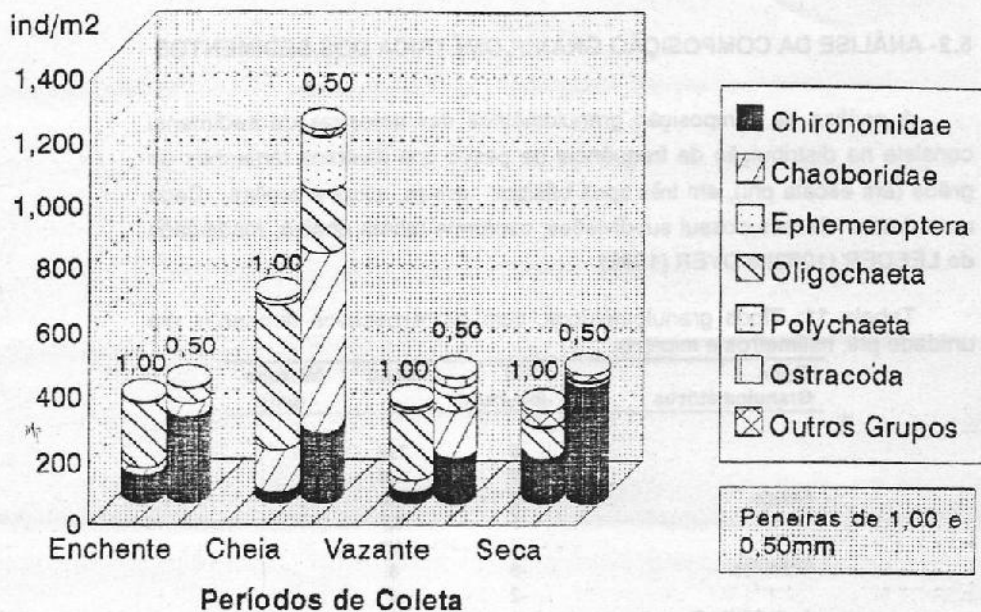


Figura 21: Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, na estação Mb do lago Mussurá.

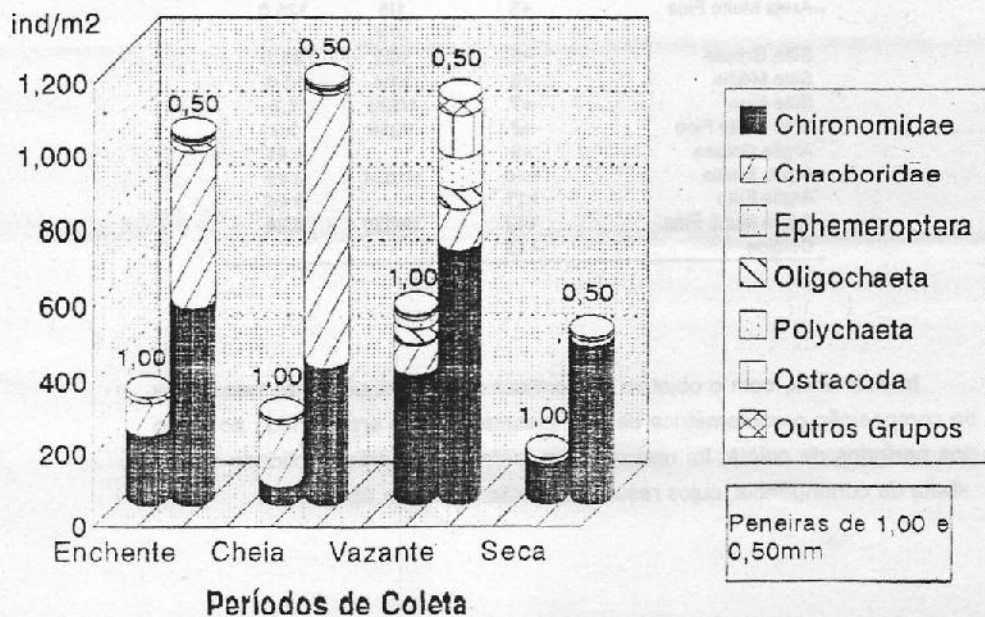


Figura 22: Densidades relativas totais nas peneiras de 1,00 e 0,50 mm, na estação Mf do lago Mussurá.

5.2- ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS

A análise da composição granulométrica das amostras de sedimento consiste na distribuição de frequência de pesos dos diversos tamanhos de grãos (em escala phi), em três tipos básicos: areias, siltes e argilas. Cada uma destas classes possui subdivisões, conforme tabela abaixo, modificada de LEEDER (1982) e DYER (1986).

Tabela 11: Tipos granulométricos, com os respectivos tamanhos em unidade phi, milímetros e microns.

Tipos Granulométricos	Phi $\phi = -\log_2(\text{mm})$	(mm)	Microns (μm)
	-8	256	
	-7	128	
Seixos	-6	64	
	-5	32	
	-4	16	
Grânulos	-3	8	
	-2	4	
Areia Muito Grossa	-1	2	
Areia Grossa	0	1	1000.0
Areia Média	+1	1/2	500.0
Areia Fina	+2	1/4	250.0
Areia Muito Fina	+3	1/8	125.0
	+4	1/16	62.5
Silte Grosso	+5	1/32	31.3
Silte Médio	+6	1/64	15.6
Silte Fino	+7	1/128	7.8
Silte Muito Fino	+8	1/256	3.9
Argila Grossa	+9		1.95
Argila Média	+10	1/1024	0.98
Argila Fina	+11		0.49
Argila Muito Fina	+12	1/4096	0.24
Colóide	+13		

Inicialmente, com o objetivo de verificar se a distribuição de frequência da composição granulométrica de uma mesma estação era mantida ao longo dos períodos de coleta, foi realizado um teste qui-quadrado aplicado a uma tabela de contingência, cujos resultados estão na tabela abaixo.

Tabela 12: Resultados do teste qui-quadrado (X^2) aplicado a uma tabela de contingência, quanto aos pesos das diversas classes granulométricas, em cada uma das estações amostrais estudadas nos lagos Batatá e Mussurá.

Estações Amostradas	X^2 calculado	X^2 tabulado (0.001)	g.l.
N1	247,1476	84,0370	48
N2	245,8106	84,0370	48
N3	253,1715	163,9950	112
R1	210,1941	163,9950	112
Mb	309,9067	84,0370	48
Mf	376,1464	163,9950	112

Como para os dados de todas as estações amostrais verificou-se que o valor de qui-quadrado calculado foi maior que o valor de qui-quadrado tabelado, com 0,001 de nível de confiança, admitiu-se que a distribuição de pesos granulométricos em cada estação de coleta era diferente ao longo das coletas no ano.

A partir daí, foi possível plotar gráficos de distribuição de tamanho de grão em termos de frequência de peso, e não frequência de números, para cada um dos períodos de coleta estudados.

Nas figuras 23, 24, 25 e 26 são apresentados os gráficos dos quatro períodos de coleta do ano de 1991. No período de enchente, na estação **N3**, verificou-se uma distribuição equivalente dos diversos tipos granulométricos (todos com cerca de 10% do peso total), com predomínio das frações areia muito fina (ϕ 4,0) e silte muito fino (ϕ 8,0). A estação **R1**, com sedimentos mais finos, apresentou duas modas na distribuição de frequência, a primeira na classe de silte muito fino (ϕ 8,0) e a segunda nas argilas de tamanho menor que $0,49 \mu\text{m}$ ($\phi > 10,0$).

No período de águas altas, na estação **N3**, foi verificado o predomínio principalmente das frações areia grossa (ϕ 0), areia fina (ϕ 2,5) e silte muito fino (ϕ 8,0). Na estação impactada **R1** foi encontrada bimodalidade na distribuição de tipos granulométricos, com ausência de frações areias e predomínio das porções silte muito fino (ϕ 8,0) e argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$ ($\phi > 10,0$). No lago Mussurá, também com distribuição bimodal na estação **Mf** e maiores porcentagens de pesos nos tipos granulométricos silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0).

As coletas realizadas no período de vazante identificaram que na estação **N3** foi mantida uma proporcionalidade na distribuição de areias e siltes. Por outro lado, na estação **R1** houve mais uma vez o predomínio das porções silte muito fino (ϕ 8,0) e argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$ ($\phi > 10,0$). Na estação **Mf** a alta porcentagem de peso nas frações ϕ -1 e 0 devem-se à formação de aglomerados de grãos finos. Bimodalidade na distribuição nas porções silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0).

No período de águas baixas na estação **N3** aumentaram as proporções dos sedimentos mais finos, especialmente silte muito fino (ϕ 8,0) que alcançou 15% do peso total e argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$, da mesma população de tamanho granulométrico daquela encontrada na área impactada. Na estação **R1** aumentaram também os pesos das duas populações, silte muito fino e argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$, que alcançaram

respectivamente 25 e 30% do peso total. Na estação **Mf** foi determinado o predomínio das porções de silte médio (ϕ 6,0) e argilas (ϕ 9,0).

Nas figuras 27, 28, 29 e 30 são apresentadas as distribuições de pesos dos diversos tipos granulométricos de amostras coletadas nas estações **N1**, **N2**, **N3**, **R1**, **Mb** e **Mf**, no ano de 1992. Para facilitar o entendimento, serão apresentados os dados por estação, e não por período, como os do ano de 1991, apesar da organização dos gráficos ser a mesma.

A estação **N1** localiza-se em um estreitamento do lago Batata, com características lólicas. Desta forma, há o carreamento de sedimentos finos e deposição de sedimentos grossos. Este fato se reflete na composição granulométrica encontrada, com o predomínio da fração areia média (ϕ 2,0) nos períodos de enchente, águas altas e vazante. No período de águas baixas, sedimentos ainda mais grossos foram encontrados, com aumentos nos teores de areias muito grossa e grossa, além da população de areia média.

Situada em uma baía do lago Batata, a estação **N2** caracteriza-se como um ambiente tipicamente deposicional, onde predominaram frações de areias finas e siltes. Na enchente, foram encontradas altas proporções de areias médias (ϕ 1,5), finas (ϕ 3,0) e siltes. No período de águas altas, silte grosso (ϕ 5,0), fino (ϕ 7,0) e muito fino (ϕ 8,0). A coleta no período de vazante evidenciou uma curva unimodal com o predomínio da porção silte grosso (ϕ 5,0). E finalmente, nas águas baixas, predomínio das porções areia média (ϕ 2,0), silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0).

As coletas realizadas na estação **N3**, nos períodos de águas altas e vazante de 1992 apresentaram a bimodalidade de tipos granulométricos observada no ano de 1991, com predomínio de areias e siltes. Porém, foi observado o aumento das proporções de argilas mais finas. Na enchente, predomínio de silte médio (ϕ 6,0) e argilas (ϕ 9,0). Nas águas altas, proporções semelhantes de areias e siltes, com maiores pesos nos ϕ s 8,0 e >10 . No período de vazante, silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0) predominaram, além de pequena porcentagem de argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$ ($\phi > 10,0$). Nas águas baixas, domínio absoluto nas porções de silte médio, fino e muito fino (ϕ 5,0 a 8,0).

A estação **R1** da área impactada, além dos elevados teores de argilas menores que $0,49 \mu\text{m}$ ($\phi > 10,0$), apresentou ainda porções de silte. Na enchente, foi encontrada alta porcentagem de argilas com $2 \mu\text{m}$ (ϕ 9,0). Nas águas altas, silte fino (ϕ 7,0). Na vazante, predominaram ainda as

porções de silte grosso (ϕ 5,0) e silte fino (ϕ 7,0). No período de águas baixas, silte muito fino (ϕ 8,0).

No lago Mussurá, as distribuições de frequência de pesos granulométricos nas duas estações amostrais apresentaram o predomínio das frações de silte. Na estação **Mb**, localizada próxima ao rio Trombetas, no período de enchente foi evidenciado domínio absoluto de silte muito fino (ϕ 8,0), atingindo 55% do peso total de grãos. Nas águas altas, predomínio de argilas de tamanho menor ou igual a $0,98 \mu\text{m}$ ($\phi \geq 10,0$). Na vazante, altas proporções de silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0). Nas águas baixas, predominaram silte médio, silte fino e silte muito fino (ϕ 6,0 a 8,0).

No período de enchente, na estação **Mf** foram encontradas maiores proporções das frações silte grosso (ϕ 5,0) e silte muito fino (ϕ 8,0). Nas águas altas, silte grosso, médio, fino e muito fino (ϕ 5,0 a 8,0). Na vazante, ϕ 5,0 e 8,0. No período de águas baixas, predomínio de areia muito fina e silte muito fino (distribuição bimodal).

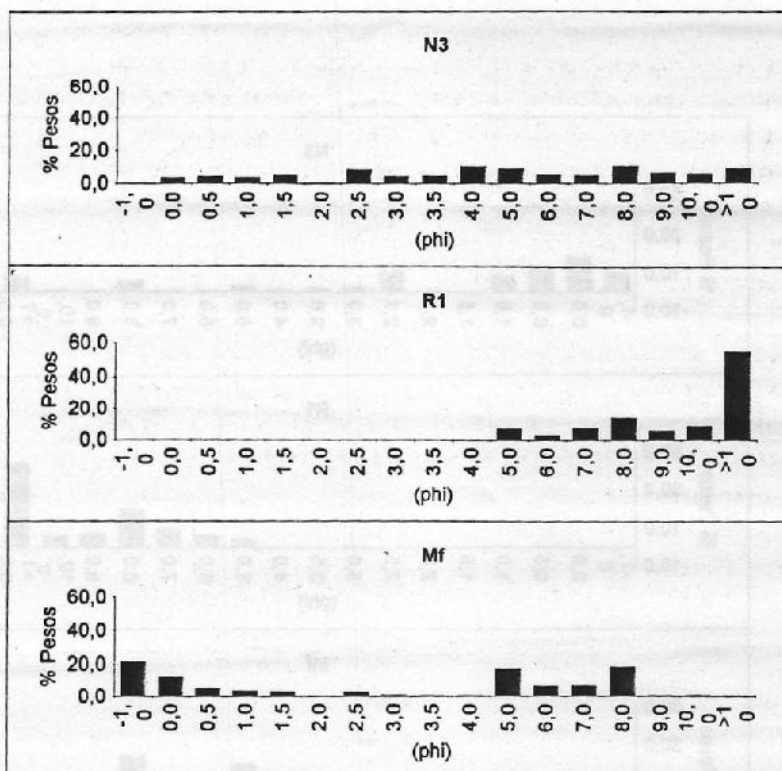


Figura 23: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações N3, R1 e Mf, amostrada no período de enchente de 1991.

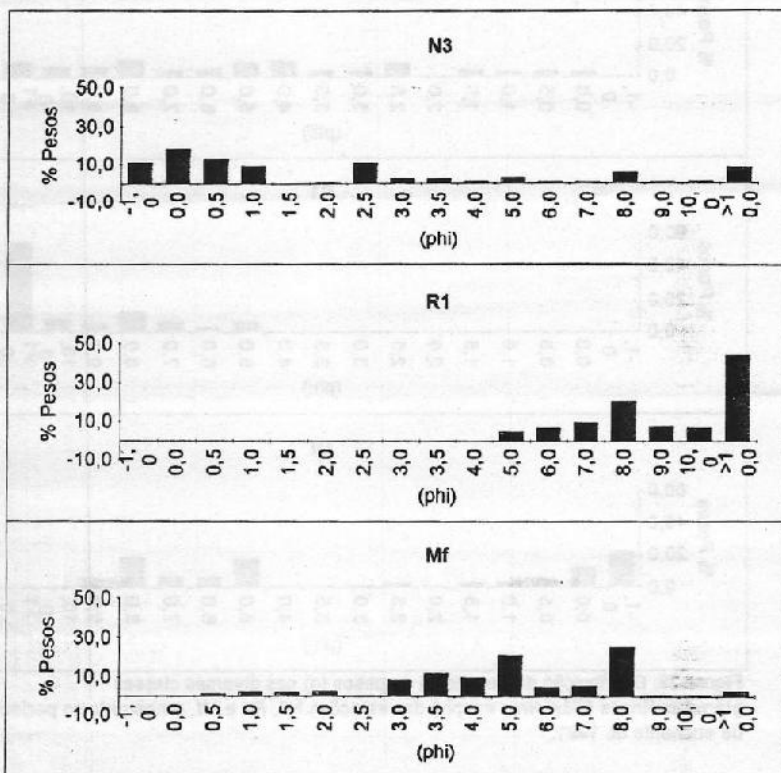


Figura 24: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em Phi) das estações N3, R1 e Mf, amostradas no período de águas altas de 1991.

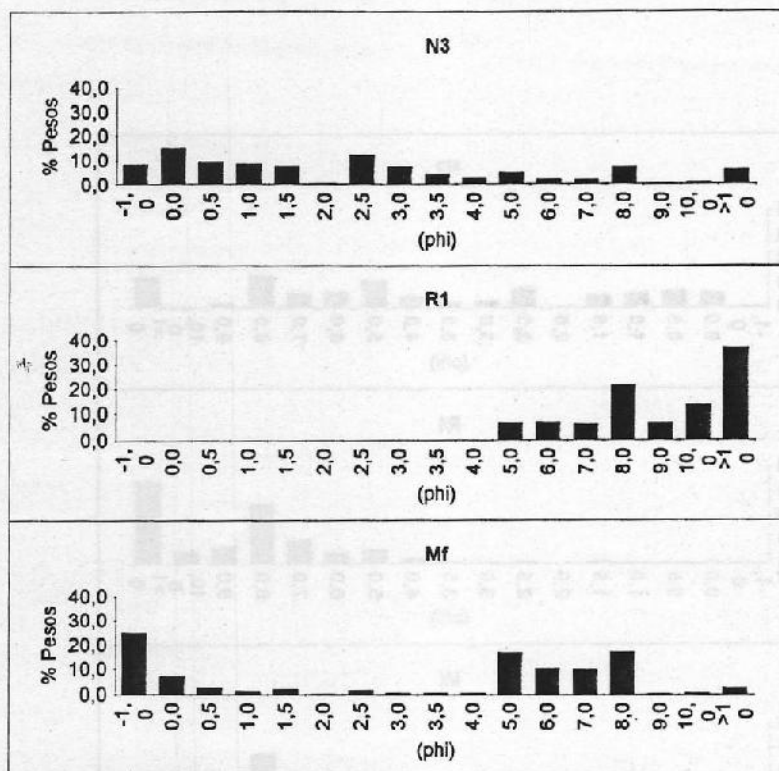


Figura 25: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações amostradas no período de vazante de 1991.

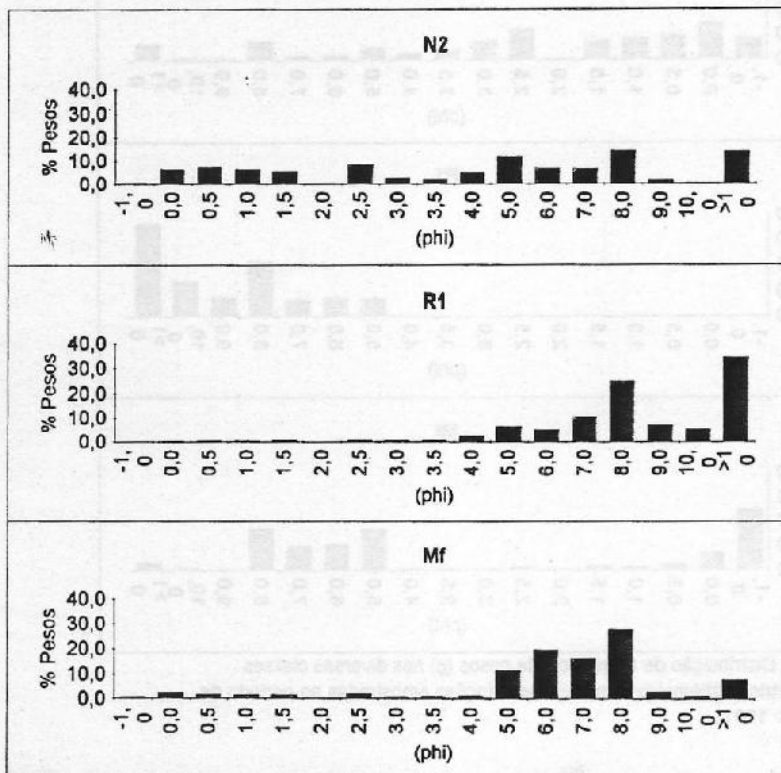


Figura 26: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações amostradas no período de águas baixas de 1991.

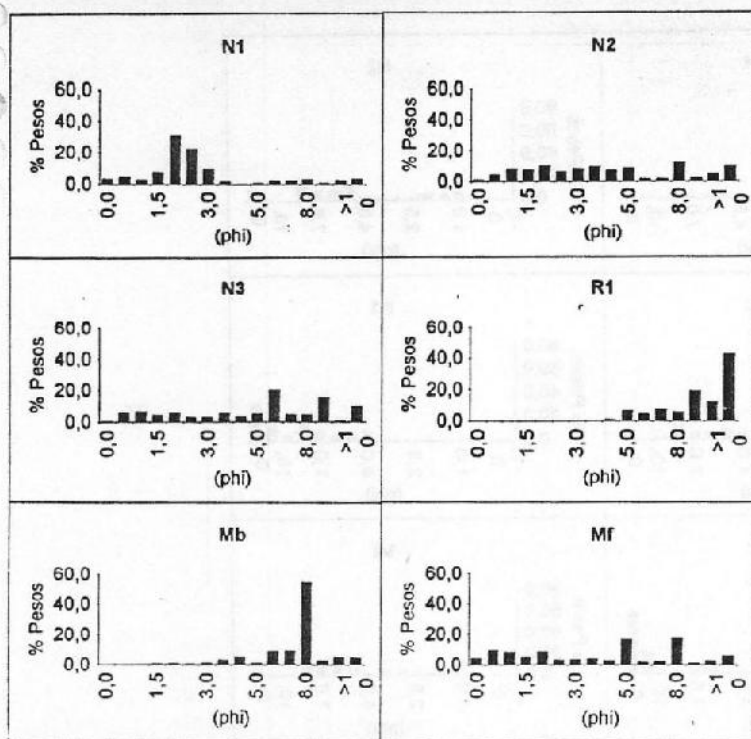


Figura 27: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações N1, N2, N3, R1, Mb e Mf, amostradas no período de enchente de 1992.

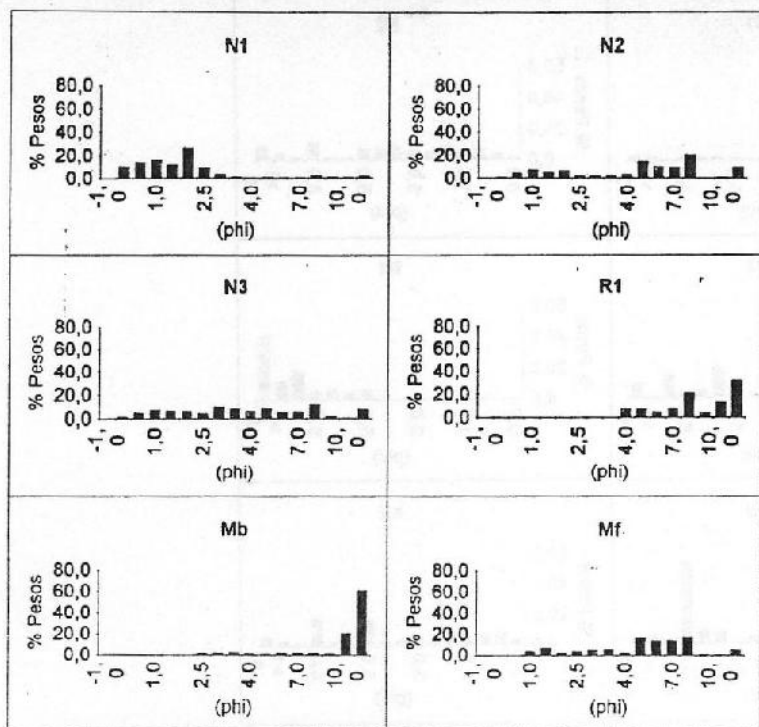


Figura 28: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações N1, N2, N3, R1, Mb e Mf, amostradas no período de águas altas de 1992.

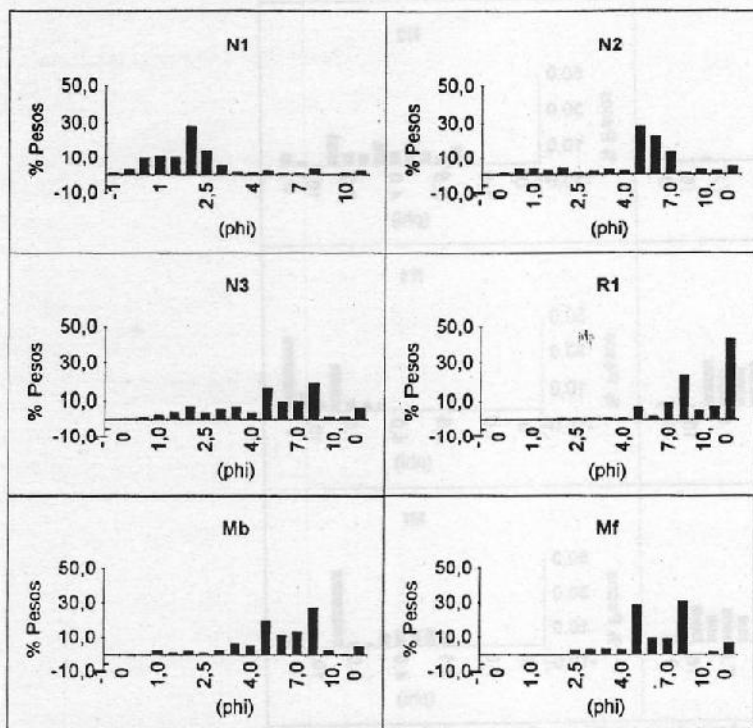


Figura 29: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações N1, N2, N3, R1, Mb e Mf, amostradas no período de vazante de 1992.

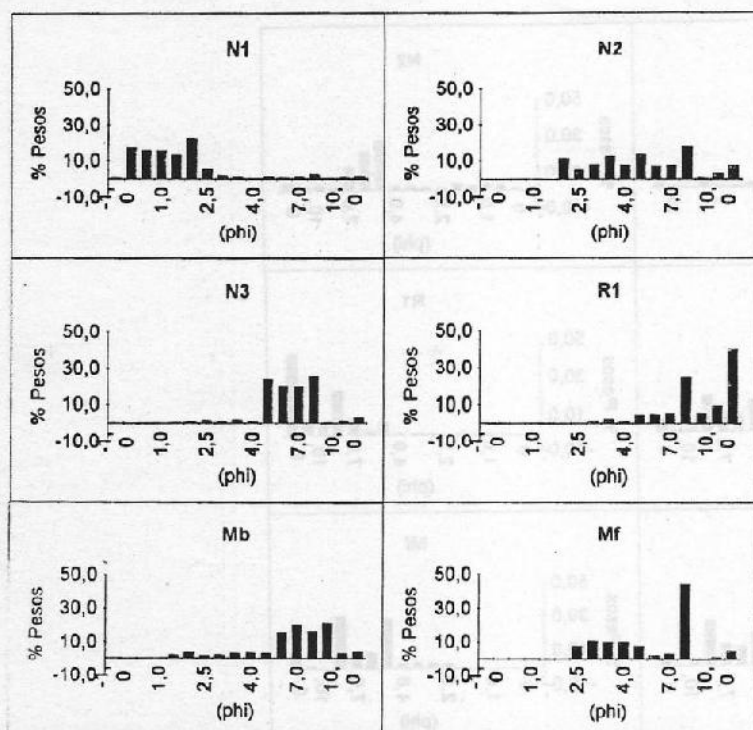


Figura 30: Distribuição de frequência de pesos (g) nas diversas classes granulométricas (diâmetros em phi) das estações N1, N2, N3, R1, Mb e Mf, amostradas no período de águas baixas de 1992.

Na figura 31 foram plotados os valores dos percentis 5, 50 e 95 nas amostras coletadas nos períodos de enchente, águas altas, vazante e águas baixas do ano de 1992, nas estações N1, N2, N3, R1, Mb e Mf.

Pôde-se observar que na estação N1, os valores do percentil 50 foram mais ou menos constantes ao longo das quatro coletas, em torno do phi 1,5, correspondendo ao tipo granulométrico areia média.

Nos percentis da estação N2, nota-se um aumento no phi médio da amostra do período de enchente (3,3 correspondente à areia muito fina) para o de águas altas (5,0 ou silte grosso), vazante e águas baixas. Pode-se dizer então que nesta estação houve uma tendência ao afinamento de partículas, significando que após a enchente houve o aporte de partículas de menor tamanho.

O mesmo fenômeno ocorreu na estação N3, notadamente após o período de águas altas, quando houve uma diminuição do tamanho em phi, até o período de águas baixas. A diminuição de diferença, em phi, dos percentis 5, 50 e 95 nas águas baixas, juntamente com o aumento gradual do percentil 50, indicam o afinamento da granulometria do sedimento nesta estação.

Nas amostras da estação impactada pelo rejeito de bauxita (R1) observou-se que o percentil 50 indica que o tipo de grão médio é o de phi 3,0, que segundo WENTWORTH (1922) IN DYER (1986) corresponde à classificação de argila média, com cerca de 1,95 μ m de diâmetro de grão.

Nas estações localizadas no lago Mussurá, dois padrões diferentes foram observados. Na estação Mb, na enchente o tipo médio de grão foi silte muito fino; no período de águas altas, predominaram argilas finas; na vazante, silte médio e nas águas baixas, silte fino. Esta diminuição do tamanho de partículas nas águas altas pode estar relacionada ao transporte de sedimentos finos, notadamente neste trecho do lago Mussurá, próximo ao rio Trombetas. Na estação Mf, houve um nítido afinamento de partículas no sedimento, ao longo dos quatro períodos de coleta, indo de silte grosso, a silte médio, até silte fino. Nesta estação, predominaram partículas de silte no sedimento.

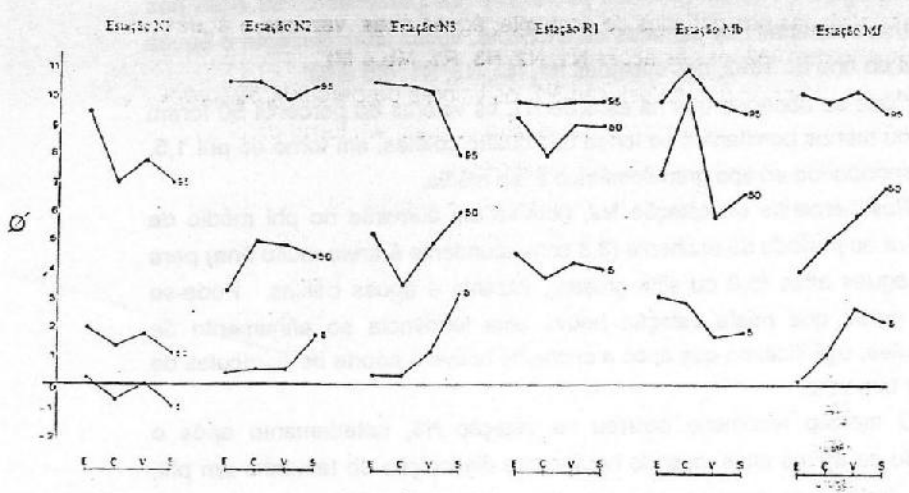


Figura 31: Gráfico com os percentis 5, 50 e 95 das distribuições de frequência acumulada nas diversas estações estudadas, ao longo das coletas realizadas em 1992. Obs.: E: enchente, C: águas altas, V: vazante, S: águas baixas.

5.3- DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS DOS MOMENTOS GRANULOMÉTRICOS.

Apenas 30% das amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica são da região do lago Batata impactada pelo rejeito de bauxita (estações R1, R1a, R1b, R1c, R1d e R1e); 40% de áreas naturais, sendo 10% da estação N1, 12,5% da estação N2 e 17,5% da estação N3. No lago Mussurá, 10% das amostras foram coletadas na estação Mb e 20% na estação Mf, de um total de 40 amostras, nos anos de 1991 e 1992.

Na figura 32, são plotadas as coordenadas dos primeiro e segundo momentos granulométricos, respectivamente diâmetro médio (Mz) e desvio padrão (σ). Nota-se que o conjunto das estações impactadas pelo rejeito de bauxita foi claramente separado das outras amostras, principalmente porque o diâmetro médio de grão corresponde a altos valores em escala phi. Em contra-partida, as amostras da estação N1, foram agrupadas em outra região do gráfico, correspondente a um diâmetro médio de grão com menor phi. Em uma posição intermediária ficaram as estações N2, N3, Mb e Mf,

correspondendo a uma faixa intermediária de diâmetro de grão, cujo phi situa-se na classificação de silte. Neste gráfico pode ser observado que a diferenciação das estações deve-se principalmente às diferenças no diâmetro médio de grão, e não tanto às diferenças no desvio padrão da distribuição granulométrica das amostras estudadas.

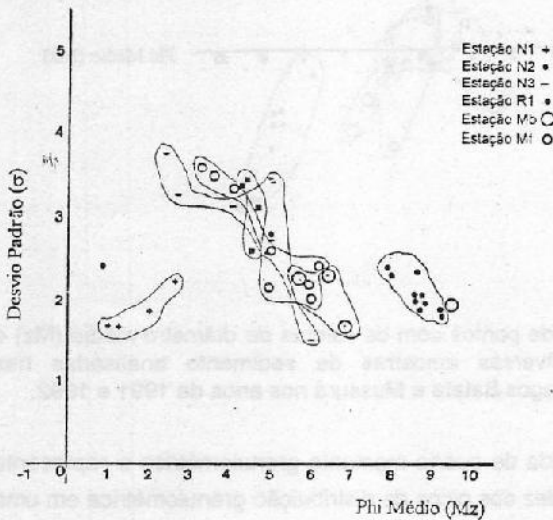


Figura 32: Gráfico de pontos com os valores de diâmetro médio (Mz) e desvio padrão (σ) das diversas amostras de sedimento analisadas nas estações de coleta nos lagos Batata e Mussurá nos anos de 1991 e 1992.

O terceiro momento granulométrico corresponde aos valores de assimetria na figura 33. Esta variável tem um intervalo de variação de -1 a +1, indicando respectivamente assimetria negativa e assimetria positiva. Com valores negativos de assimetria foram plotadas as estações impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata e a estação Mb no lago Mussurá e algumas da estação Mf. Mais uma vez as estações R1, R1a, R1b, R1c, R1d e R1e ficaram separadas no gráfico, correspondendo a alto valor em escala phi de diâmetro médio (correspondendo às argilas), e as estações N1, com baixos phi de diâmetro (frações areias) e assimetria positiva. Com valores de assimetria próximo a zero, correspondendo a uma distribuição simétrica dos diversos tipos granulométricos, as estações N2 e N3.

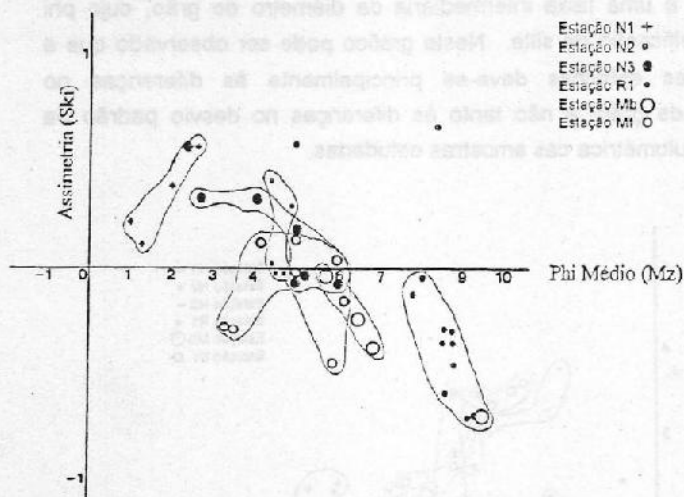


Figura 33: Gráfico de pontos com os valores de diâmetro médio (Mz) e assimetria (Sk) das diversas amostras de sedimento analisadas nas estações de coleta nos lagos Batata e Mussurá nos anos de 1991 e 1992.

A curtose é chamada de quarto momento granulométrico e representa diferentes graus de agudez dos picos de distribuição granulométrica em uma amostra de sedimento. Na figura 34 são plotados os valores de diâmetro médio em escala phi e de curtose (Kg), que varia com uma amplitude de 0 a 4. Neste gráfico, a separação das estações N1 em uma faixa maior dos valores de curtose fornece uma indicação de velocidade de fluxo hidrodinâmico que existe neste trecho do lago Batata. Em outra região do gráfico, mais uma vez muito bem discriminada, as estações na região impactada pelo rejeito de bauxita, com baixos valores de curtose, o que indica a tendência deposicional de sedimentos finos. Em uma região intermediária do gráfico, as demais estações: N2 e N3, áreas naturais no lago Batata, além de Mb e Mf, no lago Mussurá.

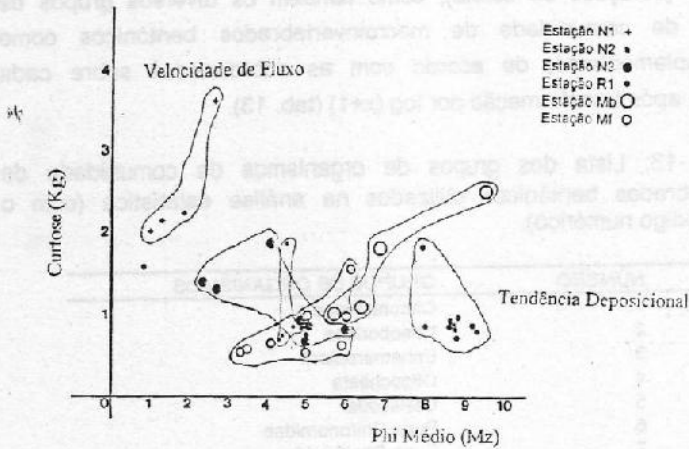


Figura 34: Gráfico de pontos com os valores de diâmetro médio (Mz) e curtose (Kg) das diversas amostras de sedimento analisadas nas estações de coleta nos lagos Batata e Mussurá nos anos de 1991 e 1992.

5.4- ANÁLISE FATORIAL EM COMPONENTES PRINCIPAIS

Os resultados da análise fatorial em componentes principais da matriz de correlação entre as variáveis limnológicas abióticas destacam três fatores responsáveis por 58,2% da variância total dos dados. Esses fatores são representados pelos planos fatoriais I-II e II-III das figuras 35 e 36. Nestes planos são projetados os vetores (variáveis limnológicas abióticas) e as observações (estações de coleta), como também os diversos grupos de organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos como variáveis suplementares, de acordo com as coordenadas sobre cada componente, após transformação por $\log(x+1)$ (tab. 13).

Tabela 13: Lista dos grupos de organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos utilizados na análise estatística (com o respectivo código numérico).

NÚMERO	GRUPOS DE ORGANISMOS
1	Chironomidae
2	Chaoboridae
3	Ephemeroptera
4	Oligochaeta
5	Ostracoda
6	Pupa Chironomidae
7	Pupa Chaoboridae
8	Polychaeta
9	Nematoda
10	Ceratopogonidae
11	Acarina
12	Hirudinea
13	Amphipoda
14	Bivalvia
15	Copepoda
16	Organismos Não Identificados

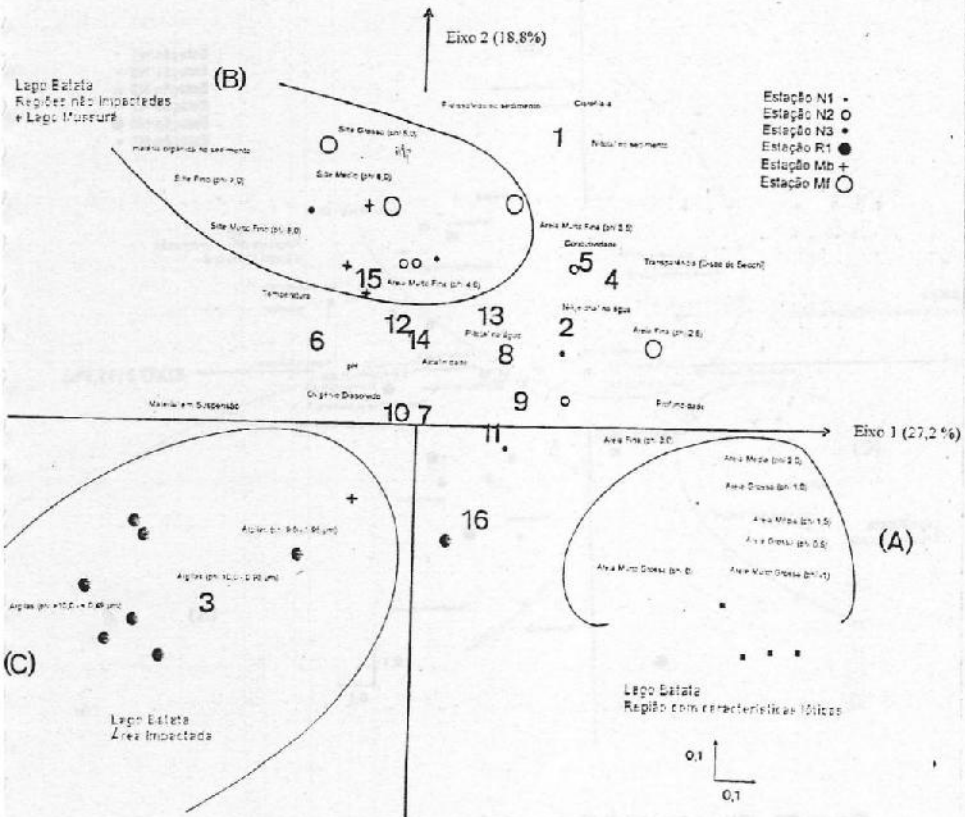


Figura 35: Plano fatorial I-II da análise em Componentes Principais sobre as variáveis limnológicas abióticas e grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá. Obs.: 1- Chironomidae; 2- Chaoboridae; 3- Ephemeroptera; 4- Oligochaeta; 5- Ostracoda; 6- Pupa Chironomidae; 7- Pupa Chaoboridae; 8- Polychaeta; 9- Nematoda; 10- Ceratopogonidae; 11- Acarina; 12- Hirudinea; 13- Amphipoda; 14- Bivalvia; 15- Copepoda; 16- Organismos não identificados.

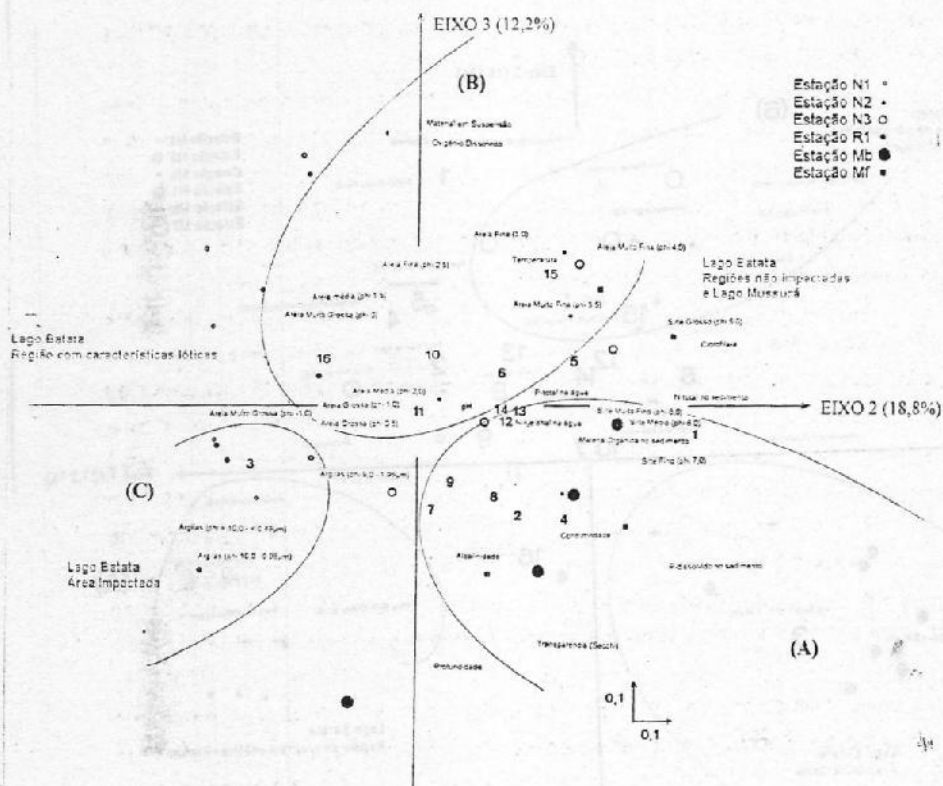


Figura 36: Plano fatorial II-III da análise em componentes principais sobre as variáveis limnológicas abióticas e grupos de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá. Obs.: 1- Chironomidae; 2- Chaoboridae; 3- Ephemeroptera; 4- Oligochaeta; 5- Ostracoda; 6- Pupa Chironomidae; 7- Pupa Chaoboridae; 8- Polychaeta; 9- Nematoda; 10- Ceratopogonidae; 11- Acarina; 12- Hirudinea; 13- Amphipoda; 14- Bivalvia; 15- Copepoda; 16- Organismos não identificados.

Eixo I (Fig. 35). Este primeiro eixo é responsável por 27,2% da variância total dos dados. Ele é formado pelas coordenadas positivas significativas (superiores a 0,330) das variáveis: Profundidade, Transparência ao disco de Secchi, Areia Muito Grossa (phis -1 e 0), Areia Grossa (phis 0,5 e 1,0), Areia Média (phis 1,5 e 2,0) e Areia Fina (phis 2,5 e 3,0) e pelas coordenadas negativas de Silte Fino (phi 7,0), Silte Muito Fino (phi 8,0), Argilas com 1,95 μm (phi 9,0), Argilas com 0,98 μm (phi 10,0) e Argilas menores ou iguais a 0,49 μm (phi > 10,0).

Este eixo é responsável pela separação das classes granulométricas dos sedimentos dos lagos Batata e Mussurá, correspondendo aos sedimentos grossos, ou tipos de areias (coordenadas positivas) e aos sedimentos finos, no conjunto de siltes e argilas (coordenadas negativas). Ele corresponde também às estações de maiores profundidades da coluna d'água e maior transparência da coluna d'água ao disco de Secchi.

Eixo II (Figs. 35 e 36). Este eixo é responsável por 18,8% da variância dos dados. Este segundo fator separou os sedimentos finos em dois grupos: o primeiro com coordenadas positivas, formado pelos siltes: Silte Grosso (phi 5,0), Silte Médio (phi 6,0), Silte Fino (phi 7,0), Silte Muito Fino (phi 8,0) e ainda Areia Muito Fina (phi 3,5); e o segundo, das argilas, com coordenadas negativas: Argilas com 1,95 μm (phi 9,0), Argilas com 0,98 μm (phi 10,0) e Argilas menores ou iguais que 0,49 μm (phi > 10,0). Juntamente com os siltes ficaram os teores de compostos no sedimento: P-dissolvido, N-total e matéria orgânica, sugerindo então que estações com sedimentos onde predominam siltes, apresentam-se com maiores teores de nutrientes.

Eixo III (Fig. 36). Este terceiro eixo é responsável por 12,2% da variância dos dados. A ocorrência de maior transparência da coluna d'água ao disco de Secchi em estações de coleta localizadas em regiões do lago Batata mais profundas nas áreas naturais é responsável pela formação deste terceiro eixo. Além disso, em regiões com menores profundidades, ocorreram maiores teores de material em suspensão, como nas estações de coleta em áreas impactadas pelo rejeito de bauxita, onde a ação de ventos na região pode ser a explicação para maiores teores de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água.

6- DISCUSSÃO

6.1- DISTRIBUIÇÃO E ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Nas redondezas da cidade de Manaus (AM), IRMLER (1977) estudou a composição das comunidades bentônicas em cinco áreas diferentes, com condições ambientais e tipos de vegetação diversos. Este pesquisador mostrou que os cinco tipos diferiam quanto à influência de rios de água branca e de água preta e quanto às condições de fluxo de água. Neste mesmo ano, Reiss publicou um artigo sobre o estudo qualitativo e quantitativo da fauna bentônica de um lago de água preta, Lago Tupé, também próximo à cidade de Manaus. Este autor identificou a biomassa média dos principais grupos e o ciclo anual de abundância relativa dos organismos, ao longo das variações do nível d'água na região e concluiu que a região limnética deste lago de água preta era extremamente pobre, em comparação aos outros biótopos lacustres da Amazônia Central (REISS, 1977a). Segundo REISS (1977b), os lagos de várzea da Amazônica não podem ser classificados ou pesquisados conforme a definição limnológica clássica de lagos, mas sim ocupar uma posição intermediária entre um rio e um lago, por exibir propriedades hidrográficas típicas dos dois tipos de corpos d'água. O predomínio de características de um corpo d'água receptor ou de águas correntes depende, principalmente, da morfologia da bacia hidrográfica, da estrutura geológica regional e da posição topográfica em relação tanto ao rio quanto à terra firme.

No lago Batata, assim como na maioria dos lagos amazônicos, a hidrografia é determinada pelo regime hidrológico do rio Trombetas, ao longo de todo o ano. As flutuações de nível d'água podem chegar a 8-10 metros, entre os períodos de águas baixas e águas altas (fig. 37).

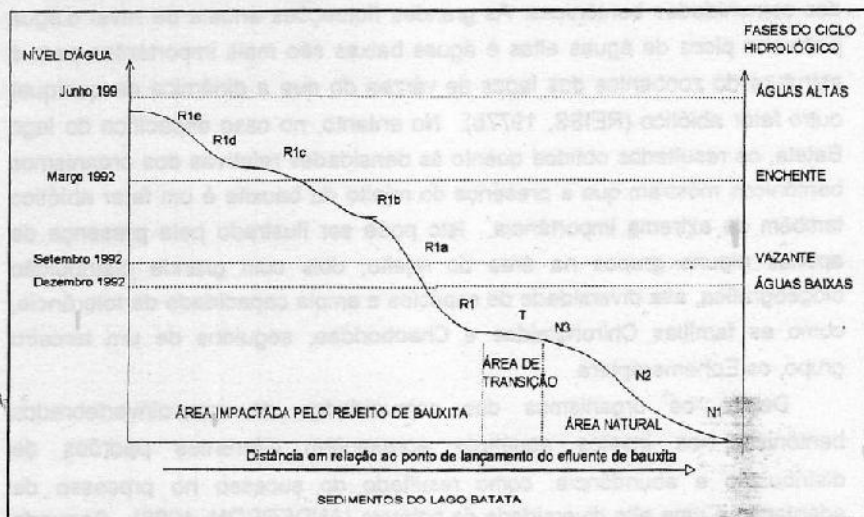


Figura 37: Modelo teórico da localização das estações amostradas no lago Batata, nas áreas impactadas pelo efluente de bauxita, área de transição e área natural, com indicação do nível d'água, nas quatro fases do ciclo hidrológico da região.

Em algumas épocas, excepcionalmente em períodos de águas altas, parte da floresta de igapó circundante é inundada, alcançando a profundidade de alguns poucos metros, o que leva o lago Batata a perder sua individualidade. Neste período, os sistemas rio-igapó-lago tornam-se um corpo d'água único, conforme o conceito de planície de inundação de JUNK et alii. (1989). Por outro lado, as áreas impactadas pelo rejeito de bauxita, notadamente as estações do perfil (R1a, R1b, R1c, R1d e R1e), tiveram a profundidade da coluna d'água reduzida devido ao acúmulo de uma camada de cerca de 6 a 8 metros de rejeito sobre o sedimento natural. Em decorrência deste fato, nos períodos do ano quando as águas do rio Trombetas baixam, e conseqüentemente, diminuem as profundidades médias no lago Batata, estas estações secam. Sem água, esta espessa camada de rejeito de bauxita que forma o sedimento destas estações fica exposta ao sol extremamente forte, comum na região, secando completamente. Os organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos que não foram capazes de migrar para outras áreas mais favoráveis, perecem ou, em alguns casos, ficam encistados em formas de resistência. Na enchente seguinte, quando as águas voltam a subir, estas áreas voltam a constituir sedimento lacustre, permitindo novo processo de colonização por organismos

das comunidades bentônicas. As grandes flutuações anuais de nível d'água junto aos picos de águas altas e águas baixas são mais importantes para a estrutura do zoobentos dos lagos de várzea do que a dinâmica de qualquer outro fator abiótico (REISS, 1977b). No entanto, no caso específico do lago Batata, os resultados obtidos quanto às densidades relativas dos organismos bentônicos mostram que a presença do rejeito de bauxita é um fator abiótico também de extrema importância. Isto pode ser ilustrado pela presença de apenas alguns grupos na área do rejeito, dois com grande distribuição biogeográfica, alta diversidade de espécies e ampla capacidade de tolerância, como as famílias Chironomidae e Chaoboridae, seguidos de um terceiro grupo, os Ephemeroptera.

Dentre os organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, os insetos aquáticos apresentam diferentes padrões de distribuição e abundância, como resultado do sucesso no processo de adaptação a uma alta diversidade de habitats (ANDERSON, 1988). Segundo este autor, quatro grupos de fatores influenciam a utilização de um habitat particular: (1) limites fisiológicos (p.ex. disponibilidade de oxigênio dissolvido, efeitos térmicos, osmorregulação); (2) características das cadeias tróficas (p.ex. requerimentos alimentares); (3) limites físicos (p.ex. dimensões do habitat); e (4) interações bióticas (p.ex. competição, predação). Utilizando-se do exemplo do processo de respiração de larvas de insetos aquáticos como resultado de adaptação biológica, MARGALEF (1989) ressaltava que a frequência de movimentação dos apêndices ou das ondulações do corpo, são inversamente proporcionais à concentração de oxigênio na água. A busca de condições favoráveis de concentrações de oxigênio dissolvido seria a causa de localizações particulares e de migrações em inúmeros animais aquáticos. Além disso, destaca que quando se compara espécies de um mesmo grupo, observa-se que o desenvolvimento superficial dos órgãos respiratórios tem relação com o conteúdo habitual de oxigênio em seus respectivos meios. Apesar do sucesso na exploração de muitos tipos de ambientes aquáticos, os insetos são incompletamente ou secundariamente adaptados ao ambiente terrestre durante parte de seus ciclos de vida.

O chamado "Efeito Zoobentos" ("Zoobenthos effect") foi estudado através de um experimento com "core" em um lago eutrófico com alta biomassa de Tubificidae (Oligochaeta) e Chironomidae (Diptera), no Lago Suwa, no Japão, por FUKUHARA & SAKAMOTO (1988). Estes autores estimaram em 10,0 a 90,3 mg.m⁻².dia⁻¹ a taxa de liberação de nitrogênio através de biorrevolvimento. Os meses com maiores taxas de bioturbação foram junho e

agosto, com aumento exponencial com a biomassa total de *Chironomus plumosus* e *Limnodrilus* spp. Além disso, foram determinadas as taxas de sedimentação de nitrogênio orgânico depositado nos sedimentos pela ação microbiana e do zoobentos. A liberação de nitrogênio do sedimento corresponde à metade do nitrogênio mineralizado na coluna d'água. Estes autores foram capazes de estimar a importância do zoobentos na liberação de nitrogênio do sedimento para a coluna d'água além da quantidade de nitrogênio disponível para o fitoplâncton.

A ordem Diptera é considerada um dos grupos de insetos mais evoluídos, junto com Lepidoptera e Trichoptera (ROLDÁN, 1988). Em uma rápida descrição genérica, pode-se caracterizá-los como insetos holometábolos, de distribuição geográfica cosmopolita, sendo que a maioria das larvas passa por três ou quatro instars. A característica mais importante das larvas de Diptera é a ausência das patas torácicas. O corpo é formado por três segmentos torácicos e nove abdominais, coberto por cerdas, espinhos apicais ou coroa de ganchos em prolongações que auxiliam a locomoção e adesão ao substrato. Respiração cutânea ou através de cílios aéreos e alguns apresentam pigmentos respiratórios (semelhantes à hemoglobina) para maior retenção de oxigênio em regiões desfavoráveis (BARNES, 1987; ROLDÁN, *op. cit.*;).

De todos os grupos de insetos, a família Chironomidae foi o grupo mais abundante de macroinvertebrados em número de espécies e densidades relativas de organismos, encontrados na maioria dos ecossistemas lacustres. Além disso, os Chironomidae invadiram ecossistemas marinhos e terrestres, tendo sido encontrados a 30m de profundidade no mar e no litter de florestas (EPLER, 1992). Participam como elos fundamentais em várias teias alimentares, ingerindo algas planctônicas e comunidades perifíticas e servindo de alimento para outros macroinvertebrados, peixes e aves (NOLTE, 1986). Neste contexto, HAMILTON et alii. (1992) desenvolveram uma pesquisa na planície de inundação do rio Orinoco (Venezuela) e elaboraram a hipótese de que a produção do fitoplâncton nestes ecossistemas deve ser muito maior que as estimativas atuais. Além disso, as algas ofereceriam uma fonte nutricional superior, que seria ingerida ou assimilada de forma seletiva, por uma grande variedade de animais aquáticos, mesmo quando a disponibilidade de carbono de plantas vasculares (p. ex. macrófitas aquáticas) fosse mais abundante no ambiente.

Muitas larvas de Chironomidae possuem cromossomas gigantes e têm sido amplamente utilizados em pesquisas genéticas. JOHNSON et alii. (1993)

discutem que variações genéticas em populações naturais podem ser utilizadas em estudos de tolerância de macroinvertebrados bentônicos ao longo de gradientes de poluição, em programas de biomonitoramento. Assim, alguns Chironomidae poderiam desenvolver um tipo de resistência não inerente, como adaptação fisiológica ou comportamental a um poluente; ou apresentar uma capacidade de resistência inerente, quando alternativamente poderiam desenvolver uma resistência gradativa por seleção natural (e adaptação genética) ao dado poluente (BÜRKI et alii, 1978). Estudando o polimorfismo enzimático e frequência genotípica de *Chironomus plumosus* em duas regiões do lago Tystrup-Banelsê, na Dinamarca, PEDERSEN (1986) concluiu que cada população era geneticamente independente, formando então duas populações sem fluxo gênico, e o fator responsável por esta diferenciação foi a tolerância a baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Há muito estes organismos vêm despertando o interesse de ecólogos interessados no estudo de zoobentos em todo o mundo, notadamente nos países da Europa e Estados Unidos. No entanto, muitas larvas são de difícil identificação, e alguns trabalhos científicos foram baseados em estudos acerca de larvas de Chironomidae identificados de forma incerta. Grande parte destas dificuldades deve-se à complexidade da identificação taxonômica da família Chironomidae. Novas espécies e alterações ou renomeação de antigas espécies têm sido um trabalho constante dos pesquisadores especialistas na taxonomia deste grupo, destacando-se os trabalhos de NEEDHAM & BETTEN (1901); NEEDHAM (1928); FITTKAU (1962); FITTKAU et alii (1976); BORROR et alii (1981); FITTKAU & ROBACK (1983); PINDER & REISS (1983; 1986); FITTKAU & MURRAY (1986; 1988); WRUBLESKI & ROBACK (1987); CRANSTON & OLIVER (1988); MERRITT & COMMINS (1988); EPLER (1992). Sobre a fauna da amazônia, FITTKAU (1965; 1971); FITTKAU & REISS (1973); REISS (1974); FITTKAU et alii (1975); IRMLER (1981); NOLTE (1986; 1992); e no Estado de São Paulo, STRIXINO (1973); TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1981; 1991a; 1991b).

Nas amostras de sedimento coletadas nas diversas estações do lago Batata, os Diptera da família Chironomidae foram dominantes. Acredita-se que na região Amazônica existam aproximadamente 3.500 espécies de Chironomidae, sendo que apenas cerca de 2.000 são conhecidas tendo sido descritas e catalogadas, muitas das quais fazendo parte do acervo do museu alemão Zoologischen Staatssammlung, em Munique (comunicação pessoal do Prof. Dr. Ernst Josef Fittkau, que foi diretor durante muitos anos deste museu). Não obstante, NOLTE (1988) desenvolveu um experimento de colonização em

dois biótopos amazônicos, um sistema de várzea e um de terra firme. Ao longo deste estudo do processo de sucessão ecológica realizado na várzea, foi encontrado que os Chironomidae foram os colonizadores mais importantes, tendo sido encontradas diversas espécies em cada um dos tanques utilizados. Foram atribuídas então características próximas a estrategistas-r (PIANKA, 1970), com a fase aquática do ciclo de vida em torno de 15 dias, do estágio de ovo até a emergência; alto gasto energético na produção de alguns milhares de ovos e hábito alimentar com dieta não restrita, tendendo a generalista.

Nas estações impactadas pelo rejeito de bauxita, este conjunto de características dos Chironomidae provavelmente atuaram como uma vantagem ecológica perante os outros grupos de animais. Isto pode ser ilustrado através do predomínio destes organismos, onde foram encontradas elevadas densidades relativas em várias estações amostrais, ao longo dos períodos de coleta. Especialmente na estação R1, foram encontradas maiores densidades na peneira de 0,50 mm, com os Chironomidae tendo sido o grupo dominante. Além disso, nas duas estações amostrais do lago Mussurá, estes organismos apresentaram-se com altas densidades relativas, onde na estação Mb foram encontrados organismos com maior tamanho de corpo, o que resultou em maiores densidades na peneira de 1,00mm.

Outro grupo de extrema importância ecológica dos Diptera é formado pela família Chaoboridae. A importância ecológica da predação de Chaoboridae sobre organismos do zooplâncton tem sido amplamente estudada (RIESSEN et alii., 1984; LEWIS, 1979; PASTOROK, 1980 e NEILL, 1981). Estes organismos apresentam migração diária, vivendo parte do período na coluna d'água e parte no fundo. Esta habilidade se traduz em hábito de vida ora planctônico, ora bentônico, com inúmeras vantagens ecológicas para estes organismos. 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. As presas são capturadas com as antenas prênssis 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).

A predação de larvas de Chaoboridae não ocorre apenas sobre pequenos organismos do plâncton. HELGEN (1989) demonstrou que *Chaoborus americanus* é um voraz predador dos instares I e II das larvas do mosquito *Aedes vexans*, preferindo-as à pequena presa *Daphnia pulex*, com uma taxa de predação de 7-25.d⁻¹ e um tempo de ingestão rápido (0,8 a 6,0 segundos). RIESSEN, et alii. (1988) desenvolveram experimentos em laboratório com o objetivo de investigar o efeito da predação de *Chaoborus* sobre uma certa variedade de presas composta por organismos zooplancônicos. Elaboraram um modelo baseado na velocidade de fuga da presa e na eficiência de captura do predador, onde evidenciaram que *Ceriodaphnia* era 3 a 4 vezes mais vulnerável à predação de *Chaoborus* do que *Daphnia* ou *Diaptomus*. Este impacto resultante da seleção de captura de presas pelo predador se refletiu na dinâmica das populações em um pequeno brejo. O aumento sazonal do quarto instar de *Chaoborus* nesse brejo coincidiu com o declínio nas densidades de *Ceriodaphnia*, e o subsequente declínio no número de predadores foi imediatamente acompanhado pelo rápido aumento na densidade das presas. No lago Lenore, em Washington (EUA), LUECKE & LITT (1987), identificaram a predação de larvas de *Chaoborus flavicans* como o responsável pelo controle da composição de espécies do zooplâncton e sobretudo pelo desaparecimento de *Diaptomus nevadensis* e redução nas densidades de *Diaptomus sicilis*. HARE & CARTER (1986) descreveram pela primeira vez a periodicidade de eclosão de quatro espécies de *Chaoborus*, em função das fases da lua em lagos africanos. Além disso, foi evidenciada a ocorrência de reprodução partenogenética em *Chaoborus anomalus* neste lago.

A influência da lua na emergência de insetos aquáticos tropicais, especialmente na África, tem sido sugerida por várias pesquisas com zoobentos de lagos, especialmente Chironomidae e Chaoboridae (McGOWAN, 1975; HARE & CARTER, 1986). FUKUHARA et alii. (1992) estudaram o fenômeno de emergência de adultos de *Chaoborus* (*Edwardsops*) *magnificus* na fase de lua nova, no lago Dom Helvécio, no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. Segundo estes autores, quando ocorria a migração das larvas de Chaoboridae do sedimento para a superfície durante a noite, a luz da lua poderia estar estimulando o sincronismo no desenvolvimento destes organismos. Esta seria uma explicação da proporção das larvas em IV instar aumentar gradativamente ao longo desta fase da lua.

Nos lagos Batata e Mussurá, larvas de Chaoboridae foram encontradas com elevadas densidades em todas as estações, notadamente na estação Mf.

Provavelmente, este amplo padrão de distribuição pode ser atribuído às suas características peculiares já discutidas, como possibilidade de migração vertical diária na coluna d'água, ciclo de vida curto e efetiva predação sobre a comunidade zooplancônica, rica em espécies (BOZELLI, 1992).

Os Ephemeroptera são ainda pouco conhecidos em todo o mundo, especialmente nos Trópicos (HUBBARD & PETERS, 1987). No Brasil, há dificuldade de identificação de alguns grupos, devido à escassez de coleções e estudos taxonômicos de Ephemeroptera da América do Sul tropical, onde a maioria das espécies ainda não foi descrita taxonomicamente. Para as espécies já conhecidas, geralmente apenas um estágio (ninfas ou adultos) foi descrito.

NOLTE (1987) destacou o papel do Ephemeroptera (Polymitarcidae) *Campsurus notatus* como importante agente em processos de bioturbação e, conseqüentemente, nas trocas químicas na interface água-sedimento. Segundo esta autora, este grupo de organismos é muito abundante em lagos de várzea e necessita de cerca de três meses para o desenvolvimento da fase aquática de seu ciclo de vida, quando busca alimento no sedimento. As ninfas têm o hábito de cavar continuamente canais em sedimentos de fina granulometria, sem construir tubos estáveis. A distribuição do gênero *Campsurus* sp. estende-se dos Trópicos até o Texas (EDMUNDS et alii., 1976), sendo que pouco é conhecido acerca da biologia deste organismo na região amazônica. No entanto, alguns autores destacaram elevadas abundâncias deste organismo em lagos de várzea na Amazônia Central (FITTKAU et alii., 1975; IRMLER, 1975; 1977a; REISS, 1976; 1977b) e NEEDHAM & MURPHEY (1924) descreveram a espécie *Campsurus notatus* no Rio Paraguai, de águas brancas.

O gênero *Campsurus* encontrado na área impactada pelo rejeito de bauxita no lago Batata apresentou duas características que concordam com o comportamento descrito por NOLTE (1987) no estudo da biologia de *C. notatus*. Em primeiro lugar, este Ephemeroptera foi o organismo dominante nas estações da área do rejeito, onde predominam os sedimentos finos, formados por argilas, por vezes com representatividade de mais de 60% de argilas menores que 0,49µm. Nestas estações, em todos os períodos de coleta, quer por observações realizadas no campo, pela equipe do Prof. Francisco Esteves e colaboradores, quer no laboratório, durante o processamento das amostras, estes organismos foram encontrados sempre em amostras repletas de canais entre o sedimento, onde a distribuição era extremamente agregada. Este caráter de aglomeração nas amostras pode ser

atribuído ao comportamento de revoada em bandos quando os adultos aéreos acasalam-se durante o vôo e as fêmeas põem grande quantidade de ovos em alguns pontos do lago. Cabe ressaltar ainda que ao longo do processamento das amostras de sedimento, quando foram encontrados organismos deste grupo em uma dada estação, todos apresentavam aproximadamente o mesmo tamanho de corpo que, conforme NOLTE (1986), indicaria que pertenceriam a uma mesma coorte.

A segunda característica interessante dos *Campsurus* sp. está relacionada ao hábito alimentar destes animais, que alimentam-se de sedimento. Como as amostras nas estações impactadas são compostas exclusivamente por sedimentos finos, notadamente argilas, o sedimento apresenta-se com uma cor avermelhada, ou cor de "barro". A observação destes animais, com o auxílio de microscópio estereoscópio, evidencia o trato digestivo repleto de argila. Além disso, os palpos ou apêndices bucais também encontravam-se "sujos" de rejeito de bauxita.

Na estação impactada pelo rejeito (R1), os Ephemeroptera foram responsáveis pelo fato de terem sido encontradas maiores densidades na peneira de 1,00mm, representando cerca de 80% do total de organismos. Mesmo na peneira de 0,50mm, suas densidades relativas significaram cerca de 25% dos animais encontrados. Desta forma, pode-se atribuir à capacidade do *Campsurus* sp. de alimentar-se de sedimento, aliada ao hábito de vida das larvas aquáticas de habitarem sedimentos finos, a capacidade destes animais terem alcançado sucesso na colonização do sedimento das áreas impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata.

No conjunto das amostras analisadas, foram encontradas baixas densidades de Nematoda de vida livre. Estes organismos têm importante papel ecológico na transferência de matéria e no fluxo de energia de ecossistemas lacustres. Os Nematoda estão diretamente associados com o estado trófico do ecossistema (PREJS, 1977 a, b) e têm sido utilizados como bons indicadores de poluição (ZULLINI, 1976). Pouco se sabe sobre a ecologia destes organismos em ecossistemas tropicais (TUDORANCEA & ZULLINI, 1989), destacando-se o trabalho de revisão de JACOBS (1984) sobre os estudos acerca dos Nematoda de vida livre da África.

Oligochaeta foi um grupo de organismos com valores intermediários de densidades relativas nas estações naturais dos lagos Batata e Mussurá. No Brasil, uma ampla contribuição ao conhecimento da distribuição geográfica destes organismos do médio Paraná foi publicada por MARCHESE (1986), com a identificação de 19 espécies das famílias Naididae, Tubificidae,

Opisthocoelatae, Haplophragmataceae e Lumbricidae. Acerca do estudo dos Oligochaeta, merece destaque a pesquisa de MARTINEZ-ARSEMIL & PRAT (1984) em 63 reservatórios espanhóis, nos quais foram encontradas 16 espécies, com o predomínio de Tubificidae. Estes autores observaram que mais de 80% dos organismos constituíam-se em formas imaturas. Este estudo representou uma importante contribuição para o conhecimento da distribuição geográfica destas espécies, além de contribuir na tipologia dos reservatórios espanhóis. A espécie *Limnodrilus hoffmeisters* foi utilizada como indicadora de processo de eutrofização. Outras pesquisas com relevante importância regional foram realizadas por RIERADEVALL & PRAT (1991), sobre o zoobentos do lago Banyoles, além de PRAT et alii. (1992) sobre o estudo ao longo de 20 anos nos lagos e reservatórios espanhóis. Da mesma forma, LANG (1989) havia estudado algumas espécies de Oligochaeta para monitorar o estado trófico do lago Neuchâtel na Suíça.

A principal fonte primária de recursos alimentares para os Oligochaeta são as bactérias que vivem no sedimento (MONIKOV, 1972; BRINKHURST, 1974 in ROBBINS et alii, 1989; McMURTRY et alii, 1983). Como as populações de bactérias são associadas com partículas orgânicas do sedimento (DUTKA et alii, 1974), a abundância e composição de espécies de Tubificidae é correlacionada com os teores de matéria orgânica em alguns casos (BRINKHURST & CHUA, 1969; HOWMILLER & SCOTT, 1977; FUKUHARA et alii, 1987; FUKUHARA & SAKAMOTO, 1987). BRINKHURST & AUSTIN (apud ROBBINS et alii, 1989) mostraram que há uma preferência dos Oligochaeta por sedimentos ricos em matéria orgânica. Apesar disso, outras pesquisas demonstraram que não há relações entre abundância de larvas de Tubificidae e os teores de carbono orgânico na camada superficial dos sedimentos (DELLA GRACE, 1955; McMURTRY et alii, 1983; LAURITSEN et alii, 1985). Baixas correlações podem ocorrer caso haja distribuição ou diluição dos recursos alimentares se, por exemplo, forem elevadas as taxas de sedimentação de materiais ou partículas inorgânicas, alterando as concentrações de carbono orgânico; no entanto, ROBBINS et alii (1989) afirmam que estes fatores provavelmente teriam pequena influência na aptidão destes organismos em utilizar a matéria orgânica como fonte alimentar.

Na presente pesquisa, houve predomínio de Oligochaeta nas amostras de sedimento coletadas nas estações naturais do lago Batala e nas estações do lago Mussurá. Aparentemente, estes organismos teriam maior disponibilidade de alimento nestas estações amostrais, onde foram

determinados maiores teores de matéria orgânica, P-dissolvido e N-total na superfície do sedimento, especialmente na estação N2, com a composição granulométrica dominada por siltes. Este conjunto de fatores contribuem para a formação de um sedimento orgânico, composto por partículas finas, com aspecto de "lama", onde os *Oligochaeta* costumam ser encontrados com altas densidades.

A estação N1 do lago Batata apresenta características peculiares, no que diz respeito ao seu hidrodinamismo, quando neste trecho do lago forma-se uma certa correnteza que confere uma série de aspectos limnológicos, próximo ao que seria um ambiente lótico. Com o fluxo de água, há um transporte de sedimentos, sendo carregadas as partículas mais finas, como argilas e siltes, permanecendo apenas as porções mais grossas, das diversas categorias de areias. Além disso, o sedimento apresenta menores teores de nutrientes (P-dissolvido e N-total) e matéria orgânica (PANOSSO, 1993), se comparado ao de outras áreas naturais do lago Batata. Este fluxo hidrodinâmico é prejudicial à fixação e desenvolvimento de organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, refletindo-se então nas baixas densidades de organismos encontrados nesta estação, ao longo dos diversos períodos de coleta estudados.

Merece destaque ainda o registro do Bivalvia *Paxyodon syrmatophorus* (MEUSCHEN, 1781), da família Hyriidae, ordem Unionoidea, que a especialista Profa. Dra. Maria Cristina Dreher Mansur, da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul identificou e que, devido ao seu tamanho de cerca de cinco cm de diâmetro de concha e considerando-se o aparato de coleta (8cm de diâmetro), caracterizou-se em um raro registro deste organismo no lago Mussurá.

Estudos sobre a ecologia de comunidades biológicas baseados em medidas de tamanho de corpo têm despertado a atenção de inúmeros pesquisadores. O sucesso das pesquisas com plâncton baseadas em tamanho de corpo levaram os ecólogos interessados em ecologia de zoobentos a inquirir sobre a estrutura de tamanho de tamanho de corpo em organismos de comunidades de macroinvertebrados bentônicos (SCHWINGHAMER, 1981). Alguns fatores têm sido apontados como incentivadores desta abordagem (STRAYER, 1991): as comunidades bentônicas possuem elevada riqueza de espécies e complexidade ecológica, frequentemente de difícil descrição taxonômica, podendo ser classificadas segundo classes de tamanho. Além disso, como os pesquisadores de zoobentos normalmente utilizam malhas de peneiras para separar os

organismos do sedimento (DOWNING, 1984; STRAYER, 1985), muitos já vêm inconscientemente utilizando estruturas de tamanho de corpo em suas pesquisas. Existem poucos estudos disponíveis acerca de tamanho de corpo em comunidades lacustres de macroinvertebrados bentônicos (MITTELBACH, 1981; STRAYER, 1986; 1991; CATTANEO, 1987).

Naturalmente, para o melhor entendimento das diferenças de tamanho de corpo dos organismos encontrados nos lagos Batata e Mussurá, seria necessário o estabelecimento de um maior número de classes, além das duas malhas de peneiras utilizadas. No entanto, as diferenças encontradas entre as estações amostrais estudadas podem ser função das variáveis químicas e físico-químicas da água e de variáveis físicas e químicas do sedimento.

A distribuição de tamanho de corpo dos organismos bentônicos pode diferir grandemente entre diferentes estações amostrais ou períodos de coleta em um mesmo lago (STRAYER, 1986 e 1991). De fato, variações na distribuição de tamanho entre diferentes estações amostrais de um ecossistema podem ser suficientemente grandes a ponto de mascarar diferenças entre dois lagos, a menos que todos os habitats tenham sido adequadamente amostrados (HANSON et alii, 1989; HANSON, 1990). STRAYER (1991) apresenta uma série de possíveis causas e conseqüências da variação da estrutura de tamanho em organismos bentônicos: interações bentos-peixes, outros efeitos de cadeias alimentares, taxas fisiológicas, e interações entre o zoobentos e a estrutura física do sedimento.

Nos últimos anos, vem-se desenvolvendo a preocupação de que em estudos sobre a ecologia de comunidades de animais aquáticos devem ser considerados os padrões de escala de distribuição espacial dos organismos. Os padrões de distribuição dos macroinvertebrados bentônicos em sedimentos lacustres são conhecidos por sua potencial importância na determinação tanto da ecologia das espécies quanto na habilidade dos pesquisadores em estudá-las. Segundo THRUSH (1991), estudos recentes têm demonstrado que o conhecimento de escalas espaciais no domínio amostral ou de experimentação é importante e até fundamental na interpretação dos dados obtidos. A presença de agregados, gradientes de densidades e variáveis correlacionadas espacialmente podem confundir, e até mesmo afetar, a validade da análise dos dados. É importante conhecer os padrões que contribuem para as variações dentro da comunidade, antes dos padrões entre-comunidades, em um mesmo local ou de sistemas diferentes ou padrões associados a zonações.

Quanto à influência de processos ecológicos nos padrões de distribuição espacial de comunidades bentônicas, a maioria dos estudos que têm analisado intensamente estes padrões, têm encontrado que estes não se distribuem ao acaso (MORRISEY et alii, 1992). O mais comum são distribuições do tipo agregado, com espaçamento regular, normalmente aparente apenas em escala de centímetros (BUTMAN *apud*. THRUSH, 1991). Vários estudos que dão atenção aos padrões espaciais e inferem ou demonstram a relevância de processos particulares enfatizam a importância da história de vida e das interações entre indivíduos, operando em escalas micro.

Os fatores relacionados à história de vida dos organismos podem estar presentes em qualquer fase do seu desenvolvimento. Desde a ovoposição, no caso de insetos aquáticos ou semi-aquáticos, quando os ovos são colocados envoltos em massas gelatinosas (NOLTE & HOFFMAN, 1992) na água, sedimentando-se no fundo e aí desenvolvendo-se. Ao longo do processo de colonização das larvas, variando em função de uma série de características intrínsecas ao "fitness" do organismo, relacionado à capacidade de encontrar um microhabitat favorável, com razoável concentração de alimentos (matéria orgânica, bactérias, etc.) e disponibilidade de abrigo contra predadores. A distribuição espacial das lavas pode também ser influenciada pela presença de adultos da mesma espécie, ou não, podendo ser atribuída a problemas de competição por recursos. Devido a uma restrita mobilidade (em micro-escala), é possível que a agregação dos adultos aquáticos varie sazonalmente, em função de mudanças no comportamento reprodutivo.

Quanto às influências de interações bióticas, a ocorrência de competição, exemplo clássico em ecologia de populações, tem sido estudada em padrões de distribuição espacial de alguns Polychaeta errantes. A distribuição uniforme de algumas espécies foi encontrada junto a forte tendência de agressividade para defesa do microhabitat (territorialismo). Por outro lado, quando foi observada a coexistência de espécies em uma mesma área, os organismos eram menos agressivos, não mantinham territórios e apresentavam distribuição do tipo ao acaso (LEVIN *apud*. THRUSH, 1991).

A predação, diferentemente da competição, pode apresentar efeitos variáveis na influência de padrões de distribuição espacial das comunidades bentônicas, provocando diminuições de densidades em algumas áreas do sedimento ou até a remoção da presa. Áreas com baixas densidades muitas vezes resultam na remoção de indivíduos e na formação de agregados. Nas áreas entre estas manchas pode haver a colonização, ao menos temporária,

por espécies raras ou ausentes de áreas adjacentes, ou podem simplesmente ficarem vazias (o chamado "vazio ecológico" de PIANKA, 1982).

As classificações de animais bentônicos quanto a seus hábitos alimentares ou modelos de mobilidade têm sido utilizadas para estudar padrões de distribuição em meso escala de condições ambientais. Por vezes são identificados grupos de taxa que remobilizam e participam efetivamente na estruturação e estabilidade das partículas que compõem a variabilidade do sedimento (WARD, 1992).

A disposição dos indivíduos no espaço é característica fundamental no padrão de distribuição das espécies. Para se estudar comunidades de macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas lacustres é importante pesquisar, se possível, os fatores bióticos e abióticos que influenciam os processos de distribuição em escala espacial. Deve-se ter em mente que dentro de oscilações sazonais e/ou anuais, em escalas temporais, existem importantes questões que afetam os padrões de distribuição espacial em micro e meso escalas das diversas populações presentes nas comunidades bentônicas estudadas.

Ao longo do processo de análise dos dados de densidades relativas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos lagos Batata e Mussurá pôde-se observar o registro de diversos grupos taxonômicos, distribuindo-se de forma diferenciada nos dois sistemas. Alguns dominaram a comunidade em várias estações amostrais (Chironomidae, Chaoboridae e Oligochaeta) e outros apenas em algumas áreas (Polymitarcidae, Ephemeroptera, na área do rejeito de bauxita). Em relação a alguns taxa, foram observados apenas registros, discretas ocorrências ou apenas um único organismo, em um dado período de coleta (como o *Bivalvia*, *Paxyodon syrmatophorus*). Muitas vezes, ao longo do desenvolvimento de uma pesquisa em ecologia, o pesquisador tende a valorizar aqueles organismos que aparecem com maior frequência, com maiores densidades relativas, ou aqueles cujas características ecológicas sugerem maior plasticidade genotípica, que lhes capacita a ocuparem maior amplitude de um gradiente de recursos. Provavelmente, as baixas densidades encontradas em muitos grupos taxonômicos, e sobretudo a imensa abundância de zeros nas tabelas de dados, podem ser atribuídas a um tipo de distribuição extremamente agregada destes organismos. Espera-se que os estudos futuros devam integrar a intensidade e a forma dos padrões das várias escalas temporais e espaciais, a partir do conhecimento dos processos responsáveis pelos padrões geradores.

6.2- ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS COMO FATOR ECOLÓGICO NA DISTRIBUIÇÃO DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Nesta pesquisa, após a realização do teste qui-quadrado aplicado a uma tabela de contingência, verificou-se que as curvas de distribuição de frequência de pesos granulométricos, em uma mesma estação amostral, eram diferentes ao longo dos diversos períodos de coleta. Após a análise destas curvas de frequência, alcançou-se uma descrição geral de que nas estações localizadas na área impactada pelo rejeito de bauxita, havia o predomínio de argilas, notadamente da fração menor que $0,49 \mu\text{m}$. A partir deste momento, esta quantificação se traduziu em um avanço no estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos no lago Batata, haja visto que até então menores abundâncias de organismos bentônicos, de apenas poucos grupos, eram encontradas nestas estações de coleta. Tal fato era atribuído ao predomínio de argilas, de fina granulometria (ESTEVES et alii, 1990). Deve-se destacar ainda que estes são os primeiros resultados numéricos acerca das porcentagens de sedimentos finos nestas áreas com rejeito de bauxita.

Através da análise dos gráficos dos percentis 5, 50 e 95, foi possível observar tendências nas curvas de distribuições de frequências. Pôde-se comprovar então que a estação N3, considerada até o ano de 1991 como localizada na área natural do lago Batata, vinha pouco a pouco recebendo argilas, oriundas das áreas impactadas, o que seria responsável pelo afinamento do diâmetro médio das partículas do sedimento.

Na figura 38 é proposto um modelo teórico dos principais processos que ocorrem na dinâmica dos sedimentos nas diversas estações amostrais do lago Batata.

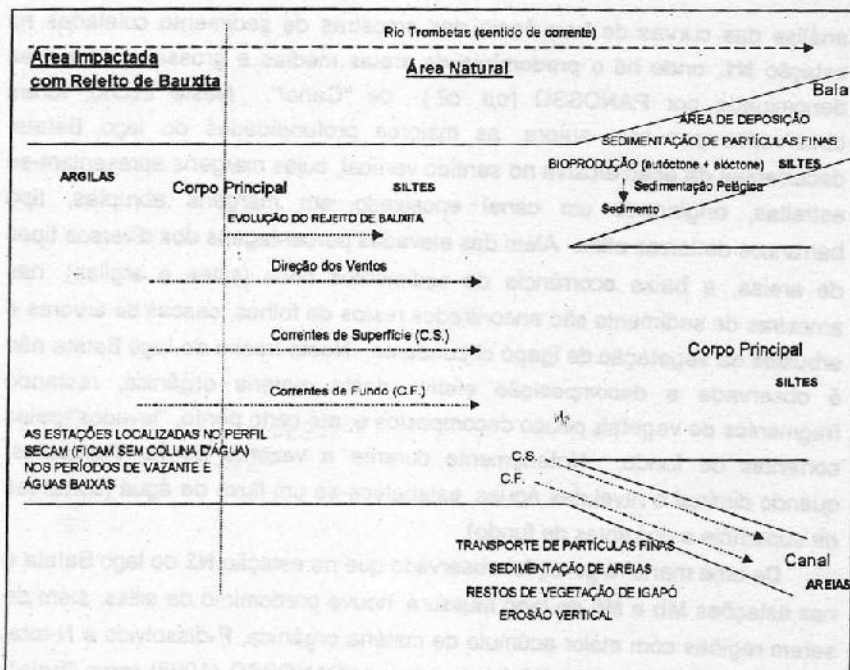


Figura 38: Modelo teórico da dinâmica dos principais processos que ocorrem nos sedimentos do Lago Batata. (Foi utilizada a classificação proposta por PANOSSO (1993) de Corpo Principal, Canal e Baía).

O transporte de sedimentos finos, na direção em que fluem as águas do rio Trombetas, ao longo do corpo principal do lago Batata (utilizando a divisão em subsistemas de PANOSSO, 1993), concorda com a afirmação de VISHNER (1969) de que as partículas finas que são transportadas em suspensão normalmente têm de 0,07 a 0,10 mm, podendo ser maiores. Mais tarde, McLAREN (1981) interpretou que a probabilidade dos processos de transporte de sedimentos moverem grãos finos é maior que a probabilidade de moverem grãos grossos. Neste sentido, a evolução do rejeito de bauxita no lago Batata, através do transporte das partículas finas (especialmente de argilas menores que 0,49 μm) das áreas impactadas pelo rejeito de bauxita para as áreas até então naturais, pode ser atribuído, principalmente, a três fatores básicos: direção predominante dos ventos, no sentido do corpo principal do lago, da área impactada para a natural; correntes de superfície; e correntes de fundo, sendo estas as principais responsáveis pelo transporte de sedimentos. Além disso, segundo McLAREN (*op. cit.*), há uma maior probabilidade de grãos grossos serem depositados em transportes de sedimentos do que grãos finos. Esta última afirmativa, transposta para o lago Batata, pode ser utilizada na

análise das curvas de frequência das amostras de sedimento coletadas na estação N1, onde há o predomínio de areias médias e grossas, nesta área denominada por PANOSSO (*op. cit.*) de "Canal". Neste trecho, foram observadas por esta autora, as maiores profundidades do lago Batata, decorrentes da ação erosiva no sentido vertical, cujas margens apresentam-se estreitas, originando um canal encaixado em margens abruptas, tipo barrancos de terras altas. Além das elevadas porcentagens dos diversos tipos de areias, e baixa ocorrência de sedimentos finos (siltes e argilas), nas amostras de sedimento são encontrados restos de folhas, cascas de árvores e arbustos da vegetação de igapó circundante. Neste trecho do lago Batata não é observada a decomposição efetiva desta matéria orgânica, restando fragmentos de vegetais pouco decompostos e, até certo ponto, "lavados" pelas correntes de fundo. Notadamente durante a vazante do rio Trombetas, quando diminui o nível das águas, estabelece-se um fluxo de água (correntes de superfície e correntes de fundo).

De uma maneira geral, foi observado que na estação N2 do lago Batata e nas estações Mb e Mf, do lago Mussurá, houve predomínio de siltes, além de serem regiões com maior acúmulo de matéria orgânica, P-dissolvido e N-total no sedimento. A estação N2 foi descrita por PANOSSO (1993) como "Baía", devido à sua localização lateral em relação ao "Corpo Principal", separada por terras altas. Este trecho do lago Batata caracteriza-se pelo isolamento em relação ao restante do lago, o que confere maior proteção da massa d'água em relação à influência da entrada de água dos igarapés e de circulação promovida pela ação dos ventos (PANOSSO, *op. cit.*). Além disso, essa estação caracteriza-se por ser uma região de sedimentação de partículas finas, com o predomínio de siltes. Provavelmente, pode-se atribuir à decomposição da matéria orgânica resultante da bioprodução autóctone, das algas fitoplanctônicas e bactérias, ou alóctone, do material trazido da floresta de igapó, especialmente nos períodos de águas altas, seguido da sedimentação deste material na região pelágica até o sedimento, onde se acumula, os principais fatores responsáveis pelas características físicas e químicas dos sedimentos nesta área.

Para o melhor entendimento da interpretação das análises granulométricas é importante entender o significado geológico da estatística utilizada baseada nos momentos granulométricos (modificada de SAHU, 1964; KOLDIJK, 1968; McLAREN, 1981 E PONÇANO, 1986).

(1) Tamanho Médio (Mz): Primeiro momento granulométrico. Indica a tendência central ou o tamanho médio das partículas de sedimento,

juntamente com a mediana. Interpretado em termos de disponibilidade de energia, indica a energia cinética (velocidade) dos agentes deposicionais. Deve-se ter em mente que o tamanho médio dos grãos estará diretamente relacionado com a área fonte das partículas granulométricas.

(2) Desvio Padrão (s): Segundo momento granulométrico. Mede a amplitude de variação das porcentagens das diversas classes granulométricas e as variações na energia cinética (velocidade) que estarão relacionadas aos agentes responsáveis pelos fenômenos deposicionais resultantes das velocidades de transporte.

(3) Assimetria (S_k): Este terceiro momento granulométrico mede a assimetria de distribuições de frequência, em relação a uma distribuição normal, e marca a posição da média em relação à mediana. Assimetria positiva indica zonas protegidas de deposição, como dunas de deposição eólica, ou zonas onde predomina a sedimentação de partículas com maior diâmetro de grão, como areias. Assim, é indicada a abundância de grãos grossos com cauda na direção dos grãos finos. Por outro lado, assimetria negativa significa remoção seletiva contínua ("winnowing") ou erosão (DUANE, 1964), característica de zonas litorâneas e canais com fluxo hidrodinâmico, indicando abundância de grãos finos, com cauda na direção dos grãos grossos (PONÇANO, 1986), conforme figura abaixo.

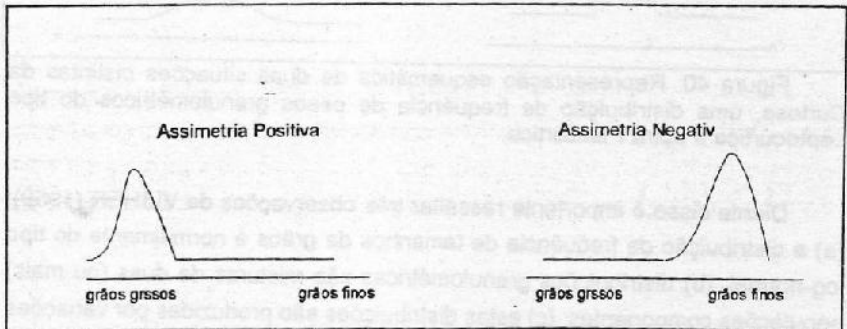


Figura 39: Representação esquemática do tipo de distribuição de frequência de pesos granulométricos em dois casos, Assimetria Positiva e Assimetria Negativa.

(4) Curtose (K_g): Quarto momento granulométrico. É interpretada como a medida da agudez de uma curva de distribuição de frequência de pesos de classes granulométricas. No entanto, KENDALL & STUART (1958) *in* SAHU (1964) fazem a ressalva de que não necessariamente esta afirmação é visualmente observada, e que os valores de curtose não devem ser

interpretados como uma descrição da forma (platicúrtica ou leptocúrtica) das curvas de frequência (fig.). Por outro lado, PONÇANO (1986) considerou, na interpretação dos valores de curtose, que as distribuições leptocúrticas poderiam indicar remoção de uma fração dos sedimentos por meio de correntes de fundo, enquanto as distribuições platicúrticas poderiam indicar a mistura de populações diferentes, fazendo a importante ressalva de que as interpretações da curtose não têm tido sucesso. McLAREN (1981) fora ainda mais enfático, dizendo que a curtose não seria uma medida capaz de fornecer informações para a interpretação da distribuição de tipos granulométricos, concordando com o que dissera KOLDIJK (1968) que a curtose não seria uma variável sensível ao ambiente.

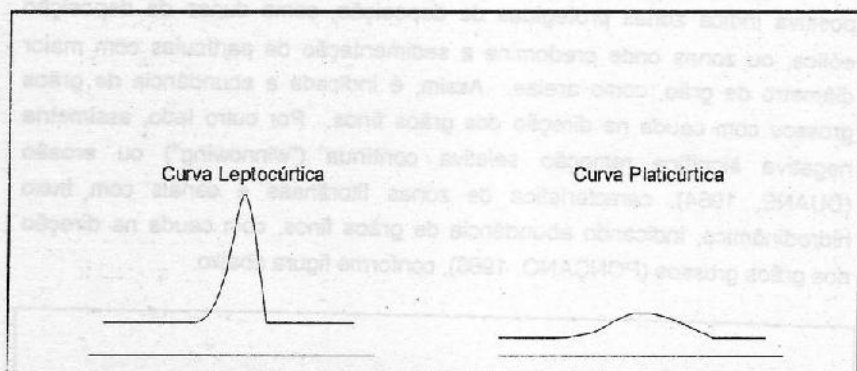


Figura 40: Representação esquemática de duas situações distintas da Curtose, uma distribuição de frequência de pesos granulométricos do tipo Leptocúrtica e outra Platicúrtica.

Diante disso é importante ressaltar três observações de VISHNER (1969): (a) a distribuição de frequência de tamanhos de grãos é normalmente do tipo log-normal; (b) distribuições granulométricas são misturas de duas (ou mais) populações componentes; (c) estas distribuições são produzidas por variações nas condições de transporte. Complementando esta idéia, FOLK (1966) havia declarado que, de uma maneira geral, na natureza haveriam três populações modais dominantes, (i) cascalho, (ii) areias mais silte grosso e (iii) argilas, resultantes, respectivamente, de quebras diretas ao longo de juntas ou planos de acamamento, de desintegração granular e abrasão, e de transformações químicas.

Assim, além das pesquisas já mencionadas, PONÇANO (1986) analisa que, atualmente, a maioria dos laboratórios de sedimentologia, vêm utilizando curvas de distribuição de frequências de pesos granulométricos e suas

descrições a partir dos métodos de gráficos binários. Segundo as considerações de SWAN et alii. (1978) sobre a utilização dos descritores (ou momentos granulométricos) de FOLK & WARD (1957), PONÇANO (*op. cit.*) defende a utilização dos diagramas binários e diz que a acuracidade na diferenciação de um conjunto de amostras decresce do desvio padrão ($Mz \times s$), à assimetria ($Mz \times Sk$) e à curtose ($Mz \times Kg$). Destaca ainda que os gráficos com os dados de desvio padrão e assimetria como coordenadas auxiliares do tamanho médio têm sido amplamente utilizados em pesquisas descritivas e que, no entanto, a curtose não tem sido interpretada com sucesso.

Alguns autores têm mostrado que as curvas de distribuição granulométrica são bem descritas pelos métodos gráficos e, principalmente, pelos métodos de momentos, pelo diâmetro médio e desvio padrão, enquanto que assimetria e curtose fornecem valores de qualidade regular (JORDAN et alii, 1981; McLAREN, 1981; PONÇANO, 1986). Nos gráficos $Mz \times s$, $Mz \times Sk$ e $Mz \times Kg$, o diâmetro médio foi escolhido empiricamente como variável independente, seguindo sugestão de PONÇANO (1986).

Analisando a estatística descritiva dos momentos granulométricos, utilizada para descrever as curvas de distribuição de frequências dos diversos tipos granulométricos das amostras de sedimento dos lagos Batata e Mussurá, é possível observar que os gráficos binários $Mz \times s$, $Mz \times Sk$ e $Mz \times Kg$ foram eficientes na diferenciação das amostras, agrupando as estações de coleta. Em geral, os gráficos discriminaram três grupos distintos: (a) amostras ricas em areias, referentes à estação N1; (b) amostras com predomínio de siltes, englobando as estações N2, N3, Mb e Mf; (c) amostras com altos teores de argilas, correspondendo às estações do lago Batata localizadas na região impactada pelo rejeito de bauxita. Pode-se observar que no gráfico $Mz \times s$, os três grupos foram separados principalmente pelos valores de tamanho médio das partículas, uma vez que todas as amostras apresentaram-se, segundo a classificação do desvio padrão, de mal selecionadas a muito mal selecionadas.

Concordando com a interpretação da assimetria desenvolvida por FOLK (1962), DUANE (1964), CRONAN (1972), JORDAN et alii (1978) e SWAN et alii (1978), nesta pesquisa foram diferenciados três grupos no gráfico $Mz \times Sk$. As amostras das estações impactadas pelo rejeito de bauxita foram classificadas com assimetria negativa a assimetria muito negativa; as amostras do canal (estação N1), com assimetria positiva ou muito positiva; e em uma faixa intermediária mais uma vez, as demais estações.

Apesar de todas as críticas e considerações acerca da imprecisão do quarto momento granulométrico, o gráfico Mz X Kg foi capaz de discriminar satisfatoriamente as amostras de sedimento das estações analisadas, contrariando MOIOLA & SPENCER (in SEDIMENTATION SEMINAR, 1981), que encontraram uma pobre diferenciação das amostras analisadas por este parâmetro.

A análise granulométrica das amostras dos sedimentos dos lagos Batata e Mussurá foram de fundamental importância nesta pesquisa visto que foram capazes de auxiliar na interpretação da influência de variáveis abióticas na distribuição dos organismos bentônicos, decorrente da presença do rejeito de bauxita.

Através da análise fatorial em componentes principais foi possível constatar que as variáveis limnológicas abióticas coletadas na coluna d'água do lago Batata, quer individualmente, quer no seu conjunto, não constituíram-se em boas indicadores de heterogeneidade espacial do lago Batata. Em contra-partida, as variáveis químicas dos sedimentos foram melhores na diferenciação ecológica dos subsistemas, conforme concluiu PANOSSO (1993). No estudo da distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá, a composição granulométrica tem sido identificada como uma das principais responsáveis pelos padrões de distribuição e estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Não obstante a isso e com o intuito de analisar a influência de algumas variáveis físicas, químicas e físico-químicas da coluna d'água e sedimento dos dois ecossistemas e buscando-se comprovar através de uma técnica estatística multivariada a possibilidade de utilização das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foi realizada uma análise fatorial em componentes principais.

Foi observado que a composição granulométrica do sedimento foi a principal variável na diferenciação das regiões dos lagos Batata e Mussurá, notadamente as áreas impactadas por rejeito de bauxita, das áreas naturais. O primeiro eixo da análise fatorial foi responsável pela separação de sedimentos grossos e sedimentos finos, em áreas com maiores profundidades de coluna d'água e transparência ao disco de Secchi, onde predominaram as frações de areias, das áreas com sedimentos finos, compostos por siltes e argilas. Foram separadas as amostras da estação N1, onde predominaram areias, e registraram-se as maiores profundidades da coluna d'água, com maior visibilidade ao disco de Secchi.

O segundo eixo discriminou os sedimentos finos em dois grupos, o primeiro formado pelos teores de siltes e areia muito fina, juntamente com as concentrações de P-dissolvido, N-total e matéria orgânica no sedimento, e o segundo grupo formado pelas três classes de argilas. Neste caso, em um quadrante ficaram separados os teores de argilas, onde localizaram-se as estações amostrais das áreas sob influência do rejeito de bauxita e o *Campsurus* sp (Polymitarcidae, Ephemeroptera) que, conforme já havia sido observado, foi um organismo característico das áreas com rejeito. Por outro lado, Chironomidae, Chaoboridae, Oligochaeta, Ostracoda, Hirudinea e Amphipoda distribuíram-se preferencialmente em áreas com sedimento onde predominaram siltes e com maiores teores de P-dissolvido, N-total e matéria orgânica.

6.3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evitando-se negligenciar as diferenças quanto às variáveis abióticas na coluna d'água e no sedimento, bem como as características morfológicas dos diversos sub-sistemas do lago Batata, pode-se dizer que as densidades de organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos distribuíram-se de forma diferenciada ao longo das estações amostrais. Além disso, verificou-se que a heterogeneidade do sedimento constitui-se um fator fundamental para a distribuição e dominância dos taxa coletados. Em outras palavras, em estações com predomínio quase exclusivo de areias (como o caso da estação N1) ou naquelas localizadas na área impactada pelo rejeito de bauxita, foram encontradas densidades de organismos significativamente menores. Além disso, ao longo das estações de coleta do perfil na área impactada pelo rejeito de bauxita, observam-se maiores densidades quanto mais longe do antigo ponto de lançamento do rejeito no lago Batata. Em geral, pode-se afirmar que em áreas onde predominaram siltes, juntamente com maiores teores de P-dissolvido, N-total e matéria orgânica no sedimento, foram encontradas maiores densidades de organismos bentônicos distribuídos em uma maior riqueza de grupos taxonômicos. Assim, a figura 41 resume este padrão geral de distribuição dos organismos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos no lago Batata.

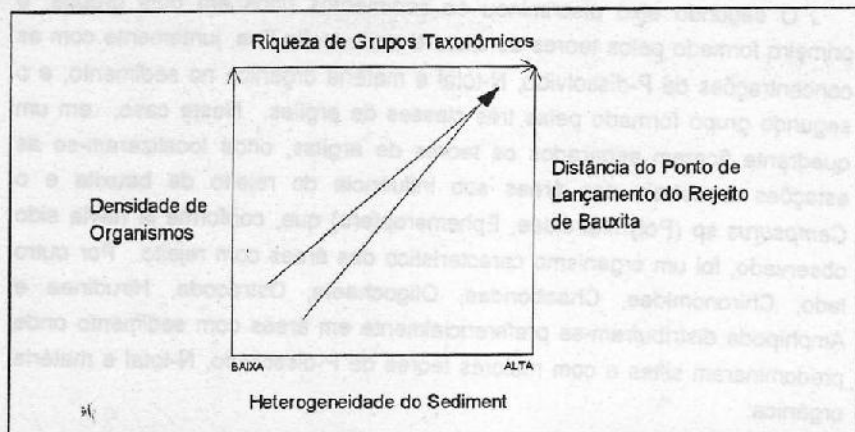


Figura 41: Modelo teórico da elevação da Densidade de Organismos e Riqueza de Grupos Taxonômicos, em função da Heterogeneidade do Sedimento e Distância do Ponto de Lançamento do Rejeito de Bauxita.

7- PRINCIPAIS CONCLUSÕES DESTA PESQUISA

Ao final desta pesquisa, algumas conclusões podem ser enumeradas, acerca da distribuição dos organismos macrozoobentônicos e da composição granulométrica dos sedimentos dos lagos Batata e Mussurá.

1- O rejeito de bauxita, em algumas áreas do lago Batata, é um dos principais agentes determinantes da distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, estimado a partir da análise da composição granulométrica dos sedimentos nas estações amostrais, ao longo das coletas nos anos de 1990, 1991 e 1992.

2- As comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos lagos Batata e Mussurá são diferentes quanto às densidades relativas e dominância dos grupos presentes.

3- A composição granulométrica dos sedimentos dos lagos Batata e Mussurá é uma variável capaz de identificar regiões ou subsistemas diferentes nos ecossistemas.

4- Nas áreas impactadas por rejeito de bauxita no lago Batata, cerca de 50 a 60% da composição granulométrica dos sedimentos é formada por argilas menores que 0,49 μm de diâmetro.

5- O Ephemeroptera *Campsurus* sp é o organismo bentônico melhor adaptado às condições ambientais impostas pelo rejeito de bauxita no lago Batata.

6- Os Diptera da família Chironomidae e Chaoboridae são os taxa mais amplamente distribuídos nos lagos Batata e Mussurá.

7- As comunidades de macroinvertebrados bentônicos estudadas no lago Batata constituem-se em boas indicadoras das condições ecológicas deste ecossistema aquático.

8- ALGUMAS IDÉIAS PARA PESQUISAS FUTURAS

1- Desenvolver pesquisas direcionadas ao estudo dos organismos que habitam os sedimentos das áreas impactadas pelo rejeito de bauxita, alterando-se a escala de macro (presente estudo) para meso e micro.

2- Uma vez identificados os grupos taxonômicos que predominam na área impactada pelo rejeito de bauxita no lago Batata, investigar aspectos ecológicos sobre a biologia destes organismos, como por exemplo, duração das fases do ciclo de vida.

3- Experimentos em laboratório, especialmente com o *Campsurus* sp., afim de determinar tempo de geração e investigar a tolerância a diferentes concentrações de rejeito.

4- Análise de conteúdo estomacal dos organismos encontrados na área do rejeito, afim de determinar conteúdo calórico e valor nutricional do alimento ingerido.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* 3, Instituto de Geografia da USP, p.1-20. 1970. in TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L. & FLEXOR, J.M. 1993. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra de Carajás. *Ciência Hoje* 16(93): 31-35.
- ABSY, M.L.; SERVANT, M. & ABSY, M.L. A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. *Ciência Hoje* 16(93): 26-30.1993.
- AMBÜHL, H. & BÜHRER, H. Zur Technik der Entnahme Ungestörter Grossproben von Seesedimenten: ein Verbessertes Bohrlot. *Schweiz. Z. Hydrol.* 37: 175-186. 1975.
- ANDERSON, N.H. Habitat, life history, and behavioral adaptations of Aquatic Insects. in: MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. (editores).1988. *An introduction to the Aquatic Insects of North America*, 2nd. Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. 1988. 721pp.
- ARMITAGE, P.D.; GUNN, R.J.M.; FURSE, M.T.; WRIGHT, J.F. & MOSS, D. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. *Hydrobiologia* 144: 25-32.1987.
- BARNES, R.D. *Invertebrate zoology*. Saunders College Publishing, Pennsylvania, 1987. 893pp.
- BARTON, D.R. Some problems affecting the assessment of Great Lakes water quality using benthic invertebrates. *J. Great Lakes Res.* 15(4): 611-622.1989.
- BEZERRA, M.A.O. *Contribuição ao estudo limnológico da Represa de Três Marias (MG) com ênfase no ciclo do nitrogênio*. São Carlos, PPG-ERN, UFSCar, Mestrado. 1987. 135pp.
- BORROR, D.J.; DELONG, D.M.; TRIPLEHORN, A.; TRIPLEHORN, C.A. *An introduction to the study of insects* (5th ed.) Saunders College Publ., Philadelphia. 1981. 827pp.
- BOZELLI, R.L. Estrutura da comunidade zooplancônica em ecossistemas naturais (Rio Trombetas e Lago Mussurá) e em um ecossistema impactado por efluente de bauxita (Lago Batata) da região amazônica, PA. UFSCar/ PPGERN, São Carlos, MSc. dissertação: 219p.1991.
- BOZELLI, R.L. Composition of the zooplankton community of Batata and Mussurá lakes and of the Trombetas River, State of Pará, Brazil. *Amazoniana* XII(2): 239-262.1992.

- BRINKHURST, R.O. Distribution and abundance of Tubificid (Oligochaeta) species in Toronto Harbon, Lake Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.* 27: 1961-1969.1970. in ROBBINS, J.A.; KEILTY, T.; WHITE, D.S. & EDGINGTON, D.N. Relationships among Tubificid abundances, sediment composition, and accumulation rates in Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 223-231.1989.
- BRINKHURST, R.O. *The benthos of lakes*. The McMillan Press Ltda., London, Basingstoke, 1974. 473pp. in ROBBINS, J.A.; KEILTY, T.; WHITE, D.S. & EDGINGTON, D.N. Relationships among Tubificid abundances, sediment composition, and accumulation rates in Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 223-231.1989.
- BRINKHURST, R.O. & CHUA, K.E. Preliminary investigation of the exploitation of some potential nutritional resources by three sympatric tubificid oligochaetes. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 2659-2668.1969.
- BRINKHURST, R.O.; HAMILTON, A.L. & HENINGTON, H.B. Components of the bottom fauna of the St. Lawrence, Great Lakes. - Univ. Toronto, *Great Lakes Inst. Prelim. Rep.* 33: 55pp. 1968. in: GERSTMEIER, R.F. Lake typology and indicator organisms in application to the profundal chironomid fauna of Starnberger See (Diptera, Chironomidae). *Arch. Hydrobiol.* 116(2): 227-234.1989.
- BROWN, A.V.; SCHRAM, M.D. & BRUSSOCK, P.P. A vacuum benthos sampler suitable for diverse habitats. *Hydrobiologia* 153: 241-247.1987.
- BÜRKI, E.; ROTHEN, R. & SCHOLL, A. Koexistenz von zwei cytologisch verschiedenen Populationen der zuckmücke *Chironomus plumosus* im Murtensee. *Revue Suisse de Zoologie* 85: 625-634.1978.
- CALLISTO, M.F.P. & ESTEVES, F.A. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita - Lago Batata, Pará, Brasil. *Anais... Simpósio sobre Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas. (no prelo.)*
- CECCHERELLI, V.U. & FABBRI, G.G. Sampling efficiency of three different types of corers on meiofauna of muddy bottom. *Arch. Oceanogr. Limnol.* 19: 85-98.1978.
- COLINVAUX, P. *Ecology*, ed. John Wiley & Sons, 1986. 725pp.
- CRANSTON, P.S. & OLIVER, D.R. Aquatic xylophagous Orthoclaadiinae - systematics and ecology. *Spixiana* 14: 143-154.1988.
- CRONAN, D.S. Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish sea. *J. Sedim. Petrol.* 42(1): 102-106.1972.

- CULP, J.M.; WRONA, F.J. & DAVIES, R.W. Response of stream benthos and drift to fine sediment deposition versus transport. *Can. J. Zool.* 64: 1345-1351.1986.
- DELLA GROCE. The conditions of sedimentation and their relations with oligochaeta populations of Lake Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol. (Suppl. 8)*: 39-62.1955.
- DOWNING, J.A. Sampling the benthos of standing waters. pp. 87-130. 1979. in DOWNING, J.A. & RIGLER, F.H. (eds.). *A manual for the assessment of secondary production in freshwaters*. 2nd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.1984. 527p.
- DYER, D.R. *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. John Wiley & Sons, 1986. 342pp.
- DUANE, D.B. Significance of skewness in recent sediments, Western Pirulico Sound, North Carolina. *J. Sedim. Petrol.* 34(4): 864-874.1964.
- DUTKA, B.J.; BELL, J.B. & LIU, D.L.S. Microbiological examination of offshore Lake Erie sediments. *J. Fish. Res. Board Can.* 31: 299-308.1974.
- EDMUNDS, G.F., Jr.; JENSEN, S.L. & BERNER, L. *The mayflies of North and Central America*. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, 1976. 330pp.
- ELLIOTT, J.M. *Some methods for the Statistical Analysis of samples of Benthic Invertebrates*. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No.25. 1983. 157pp.
- EPLER, J.H. *Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida*. Department of Environmental Regulation, State of Florida, 1992. 427pp.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. FINEPI Interciência, 1988. 575pp.
- ESTEVES, F.A.; BOZELLI, R.L. & ROLAND, F. Lago Batata: Um laboratório de limnologia tropical. *Ciência Hoje* 11(64): 26-33.1990.
- FITTKAU, E.J. Die Tanypodinae (Diptera: Chironomidae). (Die Tribus Anatopyniini, Macropelopiini und Pentaneurini). *Abh. Larval-syst. Insekten* 6: 1-453.1962.
- FITTKAU, E.J. Revision der von *E. boeldi* aus dem Amazonas-gebiet beschriebenen chironomiden. *Beitr. Neotrop. Fauna* 4: 209-226.1965.
- FITTKAU, E.J. Distribution and ecology of Amazonian chironomids. *Can. Ent.* 103: 407-413.1971.
- FITTKAU, E.J.; IRMLER, U.; JUNK, W.J.; REISS, F. & SCHMIDT, G.W. *Productivity, biomass and population dynamics in Amazonian water*

- bodies. *Amazonian Aquatic Systems*. Springer-Verlag New York Inc. pp. 289-311.1975.
- FITTKAU, E.J. & MURRAY, D.A. The pupae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region: Keys and Diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* 28: 31-113.1986.
- FITTKAU, E.J. & MURRAY, D.A. *Bethbilbeckia floridensis*: a new genus and species of Macropelopiini from the South Eastern Nearctic. *Spixiana Suppl.* 14: 253-259.1988.
- FITTKAU, E.J. & REISS, F. Amazonische Tanytarsini (Chironomidae, Diptera) I. Die rioproto-Gruppe der Gattung *Tanytarsus*. *Stud. Neotrop. Fauna* 8: 1-16.1973.
- FITTKAU, E.J.; REISS, F. & HOFFRICHTER, O. A bibliography of the Chironomidae. *Gunneria* 26: 1-177.1976.
- FITTKAU, E.J. & ROBACK, S.S. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region: Keys and diagnoses.in: WIEDERHOLM, T. (editor). Chironomidae of the Holarctic region. Part 1. Larvae. *Ent. Scand. Suppl.* 19 Lund, Sweden 1983. 457pp.
- FOLK, R.L. Of skewnesses and sands. *J. Sedim. Petrol.* 32(1): 145-146.1962.
- FOLK, R.L. A review of grain-size parameters. *Sedimentology* 6(1): 73-93.1966.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.* 27: 3-26.1957.
- FRIEDMAN, G.M. Address of the setinring president of the International Association of Sedimentologists: differences in size distributions of populations of particles of sands of various origins. *Sedimentology* 26: 3-32.1979.
- FUKUHARA, H.; ONTAKA, A.; ISOBE, Y. & SAKAMOTO, M. Seasonal changes in vertical distribution, biomass, and faecal production of tubificids in the profundal region of a shallow Japanese lake. *Holarctic Ecology* 10: 8-13.1987.
- FUKUHARA, H. & SAKAMOTO, M. Enhancement of inorganic nitrogen and phosphate release from lake sediment by tubificid worms and chironomid larvae. *Oikos* 48: 312-320.1987.
- FUKUHARA, H. & SAKAMOTO, M. Ecological significance of bioturbation of zoobenthos community in nitrogen release from bottom sediments in a shallow eutrophic lake. *Arch. Hydrobiol.* 113(3): 425-445.1988.

- FUKUHARA, H.; TORRES, G.E. & CLARO-MONTEIRO, S.M. Initiation of mass emergence of a tropical Chaoborid, *Chaoborus* (Edwardsops) *magnificus* (Insecta, Diptera), at New Moon. *Tropics* 2(1): 29-34.1992.
- FURSE, M.T.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F. & ARMITAGE, P.D. 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 macro-invertebrate communities. *Freshwater Biology* 14: 257-280.1984.
- GERSTMEIER, R.F. Lake typology and indicator organisms in application to the profundal chironomid fauna of Starnberger See (Diptera, Chironomidae). *Arch. Hydrobiol.* 116(2): 227-234.1989.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. *Methods for Physical and chemical analysis of freshwater*. Londres: Blackwell Scientific Publication. 1978. 214p.
- GREEN, J. Ecological studies on crater lakes in west Cameroon. Zooplankton of Barombi Mbo, Mboandong, Lake Dotto and Lake Soden. *J. Zool., Lond* 166: 203-301.1972.
- HAMILTON, S.K.; LEWIS, W.M. Jr & SIPPEL, S.J. Energy sources for aquatic animals in the Orinoco River floodplain: evidence from stable isotopes. *Oecologia* 87: 17-24.1992.
- HANSON, J.M.; PREPAS, E.E. & MACKAY, W.C. Size distribution of the macroinvertebrate community in a freshwater lake. *Can. J. Fish. Aqu. Sc.* 46: 1510-1519. 1989. *in*: STRAYER, D.L. Perspectives on the size structure of lacustrine zoobenthos, its causes, and its consequences. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 10(2): 210-221.1991.
- HARE, L. & CARTER, J.C.H. The benthos of a natural west African Lake, with emphasis on the diel migration and lunar and seasonal periodicities of the *Chaoborus* populations (Diptera, Chaoboridae). *Freshwater Biology* 16: 759-780.1986.
- HAWKES, H.A. *River zonation and classification river ecology*. (Ed. Whitton, B.A.), pp. 312-374. Blackwell Scientific Publications, Oxford.1975.
- HAWKES, H.A. *Invertebrates as indicators of river quality*. International Symposium on Biological Indicators of Water Quality, Univ. of Newcastle upon Tyne, England.1978. 435pp.
- HEIP, C. Benthic studies: summary and conclusions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 91: 265-268.1992.
- HELGEN, J.C. Larval mosquitoes as vulnerable prey. *Chaoborus* predation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1642-1650.1989.

- HOWMILLER, R.P. & SCOTT, M.A. An environmental index based on relative abundance of oligochaete species. *J. Water Pollut. Cont. Fed.* 49: 809-815.1977.
- HUBBARD, M.D. & PETERS, W.L. *Ephemeroptera*. in: HURLBERT, S.H.; RODRIGUEZ, G. & dos SANTOS, N.D. (eds.) *Aquatic Biota of Tropical South America. Part 1. Arthropoda*. p. 55-63.1987.
- IRMLER, U. Ecological studies of the aquatic soil invertebrates in three inundation forests of Central Amazônia. *Amazoniana* 5: 337-409.1975.
- IRMLER, U. Inundation-Forest types in the vicinity of Manaus. *Biogeographica* 8: 17-24.1977.
- IRMLER, U. Überlebensstrategien von Tieren im saisonal überfluteten amazonischen Überschwemmungswald. *Zool. Anz. Jena* 206: 26-38.1981.
- JACOBS, L.J. The free-living inland aquatic nematodes of Africa - a review. *Hydrobiologia* 113: 124-134.1984.
- JOHNSCHER-FORNASARO, G. & ZAGATTO, P.A. The use of the benthic community as a water quality indicator in the Cubatão River Basin. *Wat. Sci. Tech.* 19(11): 107-112.1987.
- JOHNSON, R.K.; WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D.M. Freshwater Biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates.1993. in: ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. (editores). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. 1993. 488pp.
- JORDAN, R.R.; BENSON, R.N.; SPOLJARIC, N. & PICKETT, T.E. . Skewness as a paleoenvironmental indicator. *J. Sedim. Petrol.* 48(3): 1000-1002.1978.
- JUNK, W.J. Áreas Inundáveis - Um desafio para Limnologia. *Acta Amazonica* 10(4): 775-795.1980.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. in: International large River Symposium, *Proceedings... Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106: 110-127.1989.
- KOLDIJK, W.S. On environment-sensitive grain-size parameters. *Sedimentology* 10: 57-69.1968.
- KRUMBEIN, W.C. Size frequency distribution of sediments. *J. Sedim. Petrol.* 4: 65-77. 1934.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J. *Manual of sedimentary petrography*. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York. 1938. 549pp.

- LANG, C. Eutrophication of Lake Neuchâtel indicated by the oligochaete communities. *Hydrobiologia* 174: 57-65.1989.
- LAPA, R.P. & CARDOSO, W. Tailings disposal at the Trombetas bauxite mine. - *Proceedings 117th TMS Annual Meeting*, Phoenix. Ed. Larry: 65-76.1988.
- LAURITSEN, D.D.; MOZLEY, S.C. & WHITE, B.S. Distribution of oligochaetes in lake Michigan and comments on their use as indices of pollution. *J. Great. Lakes Res.* 11(1): 67-76. 1985.
- LEEDER, M.R. *Sedimentology, Process and Product*. George Allen & Unwin. 1982. 344pp.
- LEWIS, W.M.Jr. *Zooplankton community analysis: studies on a tropical system*. Springer-Verlag, New York, NY. 1979. 163p.
- LUECKE, C. & LITT, A. Effects of predation by *Chaoborus flavicans* on crustacean zooplankton of Lake Lenone, Washington. *Freshwater Biology* 18: 185-192.1987.
- LUDWIG, J.A. & REYNOLDS, J.F. *Statistical Ecology - A primer on methods and computing*. ed. John Wiley & Sons, 1988. 337pp.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TAILLING, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Cumbria: Freshwater Biological Association, n36. 1978. 120p.
- MANSUR, M.C.D. & VALER, R.M. Moluscos bivalves do Rio Uraricoera e Rio Branco, Roraima, Brasil. *Amazoniana* XII(1): 85-100.1992.
- MARCHESE, M.R. Nuevos aportes al conocimiento de los Oligoquetos del Rio Paraná Médio y algunos tributarios. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 21(4): 231-249.1986.
- MARGALEF, R. *Ecología*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 1989. 951pp.
- MARTINEZ-ANSEMIL, E. & PRAT, N. Oligochaeta from profundal zones of Spanish reservoirs. *Hydrobiologia* 115: 223-230. 1984.
- McGOWAN, L.M. The occurrence and behavior of adult *Chaoborus* and *Procladius* (Diptera, Nematocera) from lake George, Uganda. *Zoological Journal of the Linnean Society* 57: 321-334.1975.
- McLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. *J. Sedim. Petrol.* 51(2): 611-623.1981.
- McMURTRY, M.J.; RAPPORT, D.J.; & CHUA, K.E. Substrate selection by tubificid oligochaetes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1639-1646.1983.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. (editores). *An introduction to the Aquatic Insects of North America*, 2nd. Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. 1988. 721pp.

- MONIKOV, A.V. Review of studies on feeding of aquatic invertebrates conducted at the Institute of Biology of Inland Waters, Academy of Sciences, USSR. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 363-386.1972.
- MORENO, I.H. *Contribuição ao estudo do ciclo do fósforo na Represa de Três Marias*. São Carlos, PPG-ERN, UFSCar. Mestrado. 1987. 160p.
- MORRISEY, D.J.; HOWITT, L.; UNDERWOOD, A.J. & STARK, J.S. Spatial variation in soft-sediment benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 81: 197-201.1992.
- MOSS, D.; FURSE, M.T.; WRIGHT, J.F. & ARMITAGE, P.D. The prediction of the macro-invertebrate fauna of unpolluted running-water sites in Great Britain using environmental data. *Freshwater Biology* 17:41-52.1987.
- NEEDHAM, J.G. A list of the insects of New York. *Mem. Cornell. Univ. Agric. Exp. Sta.* 101: 45-56.1928. 1928.
- NEEDHAM, J.G. & BETTEN, C. Aquatic insects in the Adirondacks. Diptera. *Bull. N. Y. State Mus.* 47: 545-612.1901.
- NEILL, W.E. Impact of *Chaoborus* predation upon the structure and dynamics of a crustacean zooplankton community. *Oecologia* 48: 164-177.1981.
- NOLTE, U. *Erstbesiedlung künstlicher Kleingewässer und primäre Sukzession des Makrozoobenthos unter besonderer Berücksichtigung der Chironomidae (Diptera) - Feldexperimente in Zentralamazonien* - Tese de Doutorado, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fachbereiche der Georg-Universität zu Göttingen.1986. 264pp.
- NOLTE, U. *Campsurus notatus* (Polymitarcidae, Ephemeroptera), a bioturbator in várzea lakes. *Amazoniana* X(2): 219-222.1987.
- NOLTE, U. Small water colonization in pulse stable (várzea) and constant (terra firme) biotopes in the Neotropics. *Arch. Hydrobiol.* 113(4): 541-550.1988.
- NOLTE, U. Life cycle of *Pseudodiamesa branickii* (Chironomidae) in a small upland stream. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 26(2-4): 309-314.1992.
- NOLTE, U. & HOFFMANN, T. Life cycle of *Pseudodiamesa branickii* (Chironomidae) in a small upland stream. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 26(2-4): 309-314.1992.
- ODUM, E.P. *Ecologia*. ed. Interamericana, 1985. 434pp.
- ODUM, E.P. *Fundamentos de Ecologia*, ed. Fundação Calouste Gulbenkian/Lisboa. 1988. 927pp.
- ORGHIDAN, T. Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: Der hyporheische Biotop. *Arch. Hydrobiol.* 55: 392-414.1959.

- ORMEROD, S.J. & EDWARDS, R.W. The ordination and classification of macroinvertebrate assemblages in the catchment of the River Wye in relation to environmental factors. *Freshwater Biology* 17: 533-546.1987.
- PANOSSO, R.F. *Influência do regime hidrológico e das características morfológicas sobre algumas variáveis limnológicas de um lago amazônico (Lago Batata, PA) impactado por rejeito de bauxita*. Rio de Janeiro, PPGE, UFRJ, Mestrado. 1993. 120p.
- PASTOROK, R.A. Selection of prey by *Chaoborus* larvae: a review and new evidence for behavioral flexibility, p. 538-554.1980. 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.1980, 320p.
- PEDERSEN, B.V. On microgeographic differentiations of a chromosomal polymorphism in *Chironomus plumosus* L. from Lake Tysstrup- Banelse, Denmark (Diptera: Chironomidae). *Hereditas* 105: 209-219.1986.
- PIANKA, E.R. On r- and K- selection. *Am. Nat.* 104(940): 592-597. 1970.
- PIANKA, E.R. *Ecología Evolutiva*. Ediciones Omega, 1982. 365pp.
- PINDER, L.C.V. A key to the adult males of the British Chironomidae (Diptera). *Scient. Publs. Freshwat. Biol. Ass.* 37: 1-169, 189 figs.1978.
- PINDER, L.C.V. & REISS, F. The larvae of Chironomidae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* 19: 293-435.1983.
- PINDER, L.C.V. & REISS, F. The pupae of Chironomidae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* 28: 229-455.1986.
- PONÇANO, W.L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Rev. Bras. Geociências* 16(2): 157-170.1986.
- PRANCE, G.T. Notes on the vegetation of Amazonia III. The terminology of amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia* 31(1):26-38.1979.
- PRAT, N.; REAL, M. & RIERADEVALL, M. Benthos of spanish lakes and reservoirs. *Limnetica* 8: 221-229. 1992.
- PREJS, K. The littoral and profundal benthic nematodes of lakes with different trophy. *Ekol. Polska* 25: 21-30.1977a.
- PREJS, K. The species diversity, numbers and biomass of benthic nematodes in central part of lakes with different trophy. *Ekol. Polska* 25:313-44.1977b.

- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Levantamento de recursos naturais*: Santarém. Rio de Janeiro, 220p., v.10: Projeto Radambrasil. Folha SA21.1976.
- REISS, F. Die in stehenden Gewässern der Neotropis verbreitete Chironomidengattung *Goeldichironomus* Fittkau (Diptera, Insecta). *Stud. Neotrop. Fauna* 9: 95-122.1974.
- REISS, F. Charakterisierung zentralamazonischer Seen aufgrund ihrer Makrobenthosfauna. *Amazoniana* 6: 123-134.1976.
- REISS, F. Qualitative and quantitative investigations on the macrobenthic fauna of Central Amazon lakes. I. Lago Tupé, a black water lake on the lower Rio Negro. *Amazoniana* VI(2): 203-235. 1977a.
- REISS, F. The benthic zoocenoses of Central Amazon Varzea lakes and their adaptations to the annual water level fluctuations. *Geo-Eco-Trop.* 1(2): 65-75.1977b.
- RESH, V.H. Sampling variability and life history features: basic considerations in the design of aquatic insect studies. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 290-311.1979.
- RIERADEVALL, M. & PRAT, N. Benthic fauna of Banyoles Lake (NE Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 1020-1023.1991.
- RIESSEN, H.P.; O'BRIEN, W.J. & LOVELESS, B. An analysis of the components of *Chaoborus* predation on zooplankton and the calculation of relative prey vulnerabilities. *Ecology* 55: 514-522. 1984.
- RIESSEN, H.P.; SOMMERVILLE, J.W.; CHIAPPARI, C. & GUSTAFSON, D. *Chaoborus* predation, prey vulnerability, and their effect in zooplankton communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1912-1920.1988.
- ROBBINS, J.A.; KEILTY, T.; WHITE, D.S. & EDGINGTON, D.N. Relationships among Tubificid abundances, sediment composition, and accumulation rates in Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 223-231.1989.
- ROLDÁN, G.P. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidade de Antioquia, 1988. 217pp.
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. ed. Chapman & Hall, 1993. 488p.
- ROSILLON, D. About the separation of benthos from stream samples. *Arch. Hydrobiol.* 110 (3): 469-475.1987.
- SAHU, B.K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *J. Sedim. Petrol.* 34(1): 73-83.1964.

- SALATI, E. & MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. 1984. 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). 1984.
- SALLENAVE, R.M. & BARTON, D.R. The distribution of benthic invertebrates along a natural turbidity gradient in lake Temiskaming, Ontario-Quebec. *Hydrobiologia* 206: 225-234. 1990.
- SCHINDLER, D.W. Detecting ecosystem responses to Anthropogenic stress. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 (Suppl. 1): 6-25. 1987.
- SCHWINGHAMER, P. Characteristic size distributions of integral benthic communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1255-1263. 1981.
- SEDIMENTATION SEMINAR. Comparison of methods of size analysis for sands of the Amazon-Solimões Rivers, Brazil and Peru. *Sedimentology* 28: 123-128. 1981.
- SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica (para as ciências do comportamento)*. ed. McGraw-Hill do Brasil, Ltda. 350pp. 1975.
- SIOLI, H. Das Wasser im Amazonasgebiet. *Forsch. Fortschr* 26: 274-280. 1950.
- SIOLI, H. Zum Alterungsprozess von Flüssen, und Flusstypen im Amazonasgebiet. *Arch. Hydrobiol.* 43: 267-283. 1951.
- SIOLI, H. Über Natur und Mensch im brasilianischen Amazonasgebiet. *Erdkunde* 10: 89-109. 1956.
- SIOLI, H. Bemerkung zur Typologie amazonischer Flüsse. *Amazoniana* 1: 74-83. 1965.
- SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. 1984. 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). 1984.
- SIOLI, H. *Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. Trad. Johann Becker. Petrópolis, Editora Vozes, 1985. 72p.
- STAHL, J.B. The developmental history of the Chironomid and Chaoborus faunas of Myers Lake. *Invest. Indiana Lakes & Streams* 5(2): 47-102. 1959.
- STRAYER, D. The benthic micrometazoans of Minor lake, New Hampshire. *Archiv für Hydrobiologie Supplementband* 72: 287-426. 1985.

- STRAYER, D.L. Perspectives on the size structure of lacustrine zoobenthos, its causes, and its consequences. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 10(2): 210-221.1991.
- STRIXINO, G.B.M.A. *Sobre a ecologia dos macroinvertebrados do fundo, na Represa do Lobo.* São Carlos, UFSCar, 1973. 242pp. Tese de Doutorado.
- SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia.* ed. Edgard Blucher Ltda, EDUSP. 1973. 317pp.
- SWAN, D.; CLAQUE, J.J. & LUTERNAUER, J.L. Grain-size statistics. I: evaluation of the Folk and Ward graphic measures. *J. Sedim. Petrol.* 48(3): 863-878.1978.
- THIENEMANN, A. Biologische Seetypen und die Gründung einer Hydrobiologischen Anstalt am Bodensee. *Arch. Hydrobiol.* 13: 347-370.1920.
- THIENEMANN, A. Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. *Die Binnengewässer* 20: 834pp.1954.
- THRUSH, S.F. Spatial patterns in soft-bottom communities. *Trends in Ecology and Evolution* 6(3): 75-79.1991.
- TRASK, P.D. *Origin and environments of source sediments of petroleum.* Gulf. Publ. Co., Houston, 1932. 323pp.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Nova espécie do gênero *Chironomus* Meigen do Sul do Brasil (Diptera: Chironomidae). *Rev. Bras. Ent.* 25(4): 333-340. 1981.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Nova espécie de *Goeldichironomus* Fittkau (Diptera, Chironomidae) do Brasil. *Rev. Bras. Ent.* 35(3): 593-602. 1991a.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Duas novas espécies de *Nimbocera* Reiss (Diptera, Chironomidae) do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Ent.* 35(1): 173-178. 1991b.
- TUDORANCEA, C. & ZULLINI, A. Associations and distribution of benthic nematodes in the Ethiopian Rift Valley lakes. *Hydrobiologia* 179: 81-96.1989.
- TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L. & FLEXOR, J.M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra de Carajás. *Ciência Hoje* 16(93): 31-35.1993.
- VALENTIN, J.L. L'écosystème d'upwelling à Cabo Frio (Brésil). Analyse en composantes principales du plancton à une station fixe. *Oceanologica Acta* 3(1): 43-50.1981.

- VALENTIN, J.L.; MONTEIRO-RIBAS, W.M. & MUREB, M.A. O zooplâncton das águas superficiais costeiras do litoral fluminense: análise multivariada. *Ci e Cult.* 39(3): 265-271.1987.
- VAN DER HAMMEN, T. Changes and vegetation and climate in the Amazon basin and surrounding areas during the Pleistocene. *Geologie in Mijnbouw* 6: 641-643.1972.
- VISHER, G.S. Grain size distributions and depositional processes. *J. Sedim. Petrol.* 39(3): 1074-1106.1969.
- VISHER, G.W. Grain-size frequency studies. in: *The Encyclopedia of Sedimentology* (Ed. FAIRBRIDGE, R.W. & BOURJEOLS, J.), pp. 370-374. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.1978.
- WADE, K.R.; ORMEROD, S.J. & GEE, A.S. Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland wales. *Hydrobiologia* 171: 59-78.1989.
- WARD, J.V. *Aquatic insect ecology: 1. Biology and habitat.* John Wiley & Sons, New York. 1992. 438pp
- WEATHERLEY, N.S. & ORMEROD, S.J. The impact of acidification on macroinvertebrate assemblages in Welsh streams: towards an empirical model. *Environmental Pollution* 46: 223-240.1987.
- WETZEL, R.G. *Limnology.* Philadelphia, Saunders. 1975. 743p.
- WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. *Limnological analyses.* Philadelphia, Saunders. 1979. 357p.
- WRIGHT, J.F.; MOSS, D.; ARMITAGE, P.D. & FURSE, M.T. A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macroinvertebrate species and the prediction of community type using environmental data. *Freshwater Biology* 14: 221-256.1984.
- WRUBLESKI, D.A. & ROBACK, S.S. Two species of *Procladius* (Diptera: Chironomidae) from a northern prairie marsh: descriptions, phenologies and mating behaviour. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 6(3): 198-212.1987.
- ZULLINI, A. Nematodes as indicators of river pollution. *Nematol. medit.* 4: 13-22.1976.

ANEXOS

Tabela 14: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de enchente de 1990.

	Estações Amostrais (ind./m ²)						
	N3	R1	R1a	R1b	R1c	R1d	R1e
Chironomidae	268	353	0	0	0	25	15
Chaoboridae	89	179	0	20	20	5	32
Ephemeroptera	0	30	0	0	0	0	0
Oligochaeta	75	85	0	0	0	10	24
Ostracoda	124	100	0	0	0	0	8
Culicidae	0	5	0	0	0	0	0
Curculionidae	0	5	0	0	0	0	0

Tabela 15: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de águas altas de 1990.

	Estações Amostrais (ind./m ²)						
	N3	R1	R1a	R1b	R1c	R1d	R1e
Chironomidae	189	0	0	0	10	0	0
Chaoboridae	40	0	45	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	5	45	0
Oligochaeta	20	0	10	0	0	0	0
Ostracoda	30	0	10	0	0	0	0
N.I.	0	0	0	0	0	10	0

Tabela 16: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de vazante de 1990.

	Estações Amostrais (ind./m ²)					
	N1	N2	N3	T	R1	R1b
Chironomidae	158	502	460	502	64	0
Chaoboridae	501	310	525	266	34	0
Ephemeroptera	0	0	0	0	55	0
Oligochaeta	20	49	0	0	10	0
Ostracoda	29	20	20	20	0	0
Acarina	0	15	0	0	0	0
N.I.	0	0	0	3	0	0

Tabela 17: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de águas baixas de 1990.

	Estações Amostrais (ind./m ²)		
	N3	T	R1
Chironomidae	370	468	113
Chaoboridae	100	34	0
Ephemeroptera	0	98	0
Oligochaeta	84	122	0
Ostracoda	50	59	5
N.I.	5	0	0

Tabela 20 : Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de vazante de 1991.

	Estações Amostrais (ind/m ²)								
	N1	N2	N3	R1	R1a	R1b	R1c	Mb	Mf
Chironomidae	15	165	97	5	5	7	0	48	307
Chaoboridae	130	485	220	225	35	70	0	76	838
Ephemeroptera	0	15	49	5	0	14	15	4	0
Pupa Chaoboridae	5	0	0	5	0	0	0	0	0
Oligochaeta	80	10	4	22	0	7	0	116	0
Ceratopogonidae	30	5	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	2	0	0	0	0	0	56
Nematoda	5	0	4	0	0	0	0	0	0
Crustacea	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinea	0	15	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 21: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de águas baixas de 1991.

	Estações Amostrais (ind/m ²)					
	N1	N2	N3	R1	Mb	Mf
Chironomidae	30	120	110	975	65	210
Chaoboridae	30	55	20	5	5	15
Ephemeroptera	0	0	0	3	0	0
Pupa Chironomidae	0	0	0	3	5	10
Pupa Chaoboridae	0	0	5	0	0	0
Oligochaeta	25	55	75	15	265	10
Ostracoda	0	130	120	0	0	0
Nematoda	0	0	15	0	30	0
Crustacea	0	15	0	0	0	0
Hirudinea	0	0	0	0	5	0
N.I.	0	0	0	3	0	0

Tabela 22: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Balata e Mussurá, no período de enchente de 1992.

	Estações Amostrais (ind./m ²)								
	N1	N2	N3	R1	R1a	R1b	R1c	Mb	Mf
Chironomidae	156	345	208	24	16	16	0	363	724
Chaoboridae	152	0	8	8	56	8	32	62	508
Ephemeroptera	16	0	0	80	0	0	0	0	0
Pupa Chironomidae	0	7	0	0	8	0	0	0	0
Pupa Chaoboridae	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Oligochaeta	96	279	124	0	24	8	24	239	36
Polychaeta	16	133	4	8	0	0	8	8	8
Ceratopogonidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	12	120	168	0	0	0	0	0	4
Amphipoda	0	7	0	0	0	0	0	0	0
Acarina	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 23: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Balata e Mussurá, no período de águas altas de 1992.

	Estações Amostrais (Ind./m ²)									
	N1	N2	N3	R1	R1a	R1b	R1c	R1e	Mb	Mf
Chironomidae	102	408	568	12	40	32	24	56	256	432
Chaoboridae	152	236	116	12	0	40	16	16	692	900
Ephemeroptera	0	0	0	112	56	8	0	0	0	0
Pupa Chironomidae	0	0	0	0	8	0	0	0	4	0
Pupa Chaoboridae	0	8	4	0	0	8	0	8	8	4
Oligochaeta	124	208	224	0	8	0	0	8	648	20
Polychaeta	0	4	4	0	0	0	0	0	184	8
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	8	0	4
Ostracoda	9	16	88	0	0	0	0	0	4	4
Amphipoda	0	12	64	0	0	0	0	0	0	0
Acarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	4	44	48	0	0	0	0	0	8	0

Tabela 24 : Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Batata e Mussurá, no período de vazante de 1992.

	Estações Amostrais (ind./m ²)					
	N1	N2	N3	R1	Mb	Mf
Chironomidae	132	624	460	12	180	1044
Chaoboridae	60	0	8	4	150	188
Ephemeroptera	0	0	0	12	0	4
Pupa Chironomidae	0	0	0	0	0	8
Amphipoda	0	0	0	0	0	12
Oligochaeta	16	60	8	4	252	92
Polychaeta	20	8	0	0	42	116
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	4
Ostracoda	20	56	32	4	30	124
Hirudinea	0	4	0	0	0	0
Nematoda	8	0	0	0	0	0
Copepoda	0	12	4	4	0	20
Acaro	0	4	0	0	0	0
Bivalvia	0	0	0	0	6	0

Tabela 25: Densidades relativas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos coletadas nas diversas estações amostrais dos lagos Balata e Mussurá, no período de águas baixas de 1992.

	Estações Amostrais (ind./m ²)					
	N1	N2	N3	R1	Mb	Mf
Chironomidae	176	792	3372	58	508	554
Chaoboridae	24	216	52	4	8	22
Ephemeroptera	0	0	0	12	0	0
Pupa Chironomidae	0	4	4	4	0	9
Oligochaeta	56	52	32	0	92	4
Polychaeta	32	64	0	38	8	0
Ceratopogonidae	0	0	0	4	0	0
Ostracoda	16	76	72	0	4	0
Hirudinea	0	0	0	0	12	0
Nematoda	0	0	0	0	56	0
Copepoda	0	36	0	0	0	0
Não Identificado	14	0	0	4	0	0

Tabela 26: Classes de tamanho (ϕ) e respectivas interpretações para os valores de tamanho médio e mediana das amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica.

Classes (ϕ)	Interpretação
-4 a -2	Seixos
-2 a -1	Grânulos
-1 a 0	Areia Muito Grossa
0 a 1	Areia Grossa
1 a 2	Areia Média
2 a 3	Areia Fina
3 a 4	Areia Muito Fina
4 a 5	Silte Grosso
5 a 6	Silte Médio
6 a 7	Silte Fino
7 a 8	Silte Muito Fino
8 a >10	Argilas

Tabela 27: Classes de tamanho (ϕ) e respectivas interpretações para os valores de desvio padrão das amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica.

Classes (ϕ)	Interpretação
<0,35	Muito Bem Selecionado
0,35 a 0,50	Bem Selecionado
0,50 a 1,00	Moderadamente Selecionado
1,00 a 2,00	Mal Selecionado
2,00 a 4,00	Muito Mal Selecionado
>4,00	Extremamente Mal Selecionado

Tabela 28: Classes de tamanho (ϕ) e respectivas interpretações para os valores de assimetria das amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica.

Classes (ϕ)	Interpretação
-1,00 a -0,30	Assimetria Muito Negativa
-0,30 a -0,10	Assimetria Negativa
-0,10 a +0,10	Aproximadamente Simétrica
+0,10 a +0,30	Assimetria Positiva
+0,30 a +1,00	Assimetria Muito Positiva

Tabela 29: Classes de tamanho (ϕ) e respectivas interpretações para os valores de curtose das amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica

Classes (ϕ)	Interpretação
<0,67	Muito Platicúrtica
0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muito Leptocúrtica
>3,00	Extremamente Leptocúrtica

Tabela 30: Valores de Mediana (em escala phi e em mm), Diâmetro Médio (Mz), Desvio Padrão (s), Assimetria (Ski) e Curtose (Kg), para as amostras de sedimento analisadas quanto à composição granulométrica, das diversas estações amostrais, dos lagos Batata e Mussurá, nos anos de 1991 e 1992.

Ano	Períodos	Estação	Md (phi)	Md (mm)	Mz (phi)	Mz (mm)	σ	Ski	Kg	K'g
1991	enchente	3 N3	4.45	0.05	4,951	0.032	3,477	0.179	0.787	0.440
		4 R1	10.09	0,000	9,211	0.002	1,908	-0.708	0.858	0.462
		6 Mf	4.03	0.06	3,318	0.100	3,557	-0.235	0.566	0.361
	águas altas	3 N3	0.95	0.52	2,433	0.185	3,750	0.578	1,419	0.587
		4 R1	9.13	0,000	8,748	0.002	1,925	-0.336	0.74	0.425
		6 Mf	4.5	0.04	4,976	0.032	2,151	0.174	0.708	0.415
	vazante	3 N3	2.04	0.24	2,677	0.156	3,491	0.342	1,281	0.562
		4 R1	9.02	0,000	8,611	0.003	2,015	-0.344	0.805	0.446
		6 Mf	4.48	0.04	3,476	0.09	3,639	-0.319	0.527	0.345
	águas baixas	2 N2	4.45	0.05	4,366	0.048	3,489	0.048	0.757	0.431
		4 R1	7.86	0,000	8,008	0.004	2,311	-0.037	0.817	0.450
		6 Mf	6.35	0.01	6,154	0.014	2,386	-0.176	1,614	0.617
1992	enchente	1 N1	2,023	.246	2,639	0.161	2,208	0.593	3.61	0.783
		2 N2	3,342	0.099	4,294	0.051	3,304	0.411	0.739	0.425
		3 N3	5,288	0.026	5,069	0.03	3,401	-0.031	.697	0.411
		4 R1	9,401	0.001	8,829	0.002	1,996	-0.471	1,007	0.502
		5 Mb	7,321	0.006	6,831	0.009	1,696	-0.387	1,773	0.639
		6 Mf	4,002	0.062	4,119	0.058	3,297	0.134	0.704	0.413
	águas altas	1 N1	1,397	0.38	1,282	0.411	1,658	0.159	2,169	0.584
		2 N2	4,973	0.032	4,665	0.039	3.11	-0.023	0.796	0.443
		3 N3	3,486	0.089	4,052	0.06	3,129	0.319	0.854	0.461
		4 R1	7,959	0.004	7,864	0.004	2,406	-0.120	0.78	0.438
		4 R1a	9,649	0.001	8,615	0.003	2,353	-0.628	0.876	0.467
		4 R1b	10,065	0.001	9,256	0.002	1,824	-0.686	0.798	0.444
	vazante	4 R1c	2,689	0.155	0.835	0.07	2,689	0.683	1.58	0.612
		4 R1e	3,746	0.075	4,949	0.032	2,804	0.590	0.749	0.428
		5 Mb	10,179	0.001	9,521	0.001	1,966	-0.726	2,551	0.718
		6 Mf	5,138	0.028	4,955	0.032	2,628	-0.015	0.961	0.490
		1 N1	1,766	0.294	1,935	0.262	1,895	0.366	2,250	0.692
		2 N2	4,874	0.034	4,505	0.044	2,599	-0.086	1,804	0.643
águas baixas	3 N3	4,935	0.033	4,934	0.033	2,749	0.083	0.696	0.473	
	4 R1	9,064	0.002	8,716	0.002	2,042	-0.348	0.829	0.453	
	5 Mb	5,886	0.017	5,715	0.019	2.26	-0.065	1,039	0.51	
	6 Mf	5,902	0.017	5,929	0.016	2,048	0.098	1,001	0.5	
	1 N1	1,056	0.481	0.995	0.502	1,709	0.225	2,017	0.669	
	2 N2	4,459	0.045	4,891	0.034	2,608	0.307	0.848	0.459	
águas baixas	3 N3	5,988	0.016	5,977	0.016	1,508	-0.084	0.805	0.446	
	4 R1	8,950	0.002	8,637	0.003	2,084	-0.326	0.876	0.467	
	5 Mb	6,727	0.009	6,394	0.012	2,343	-0.236	1,125	0.529	
	6 Mf	6,898	0.008	5,857	0.017	2,311	-0.451	0.707	0.414	

Tabela 31: Interpretação dos valores apresentados na tabela 30, no ano de 1991.

Ano	Período	Estação	Md	Mz	s	Sk	Kg
1991	enchente	N3	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	assimetria para lado finos	platicurtica
		R1	argila	argila	mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicurtica
		Mf	silte grosso	areia muito fina	muito mal selecionado	assimetria para lado grossos	muito platicurtica
	águas altas	N3	areia grossa	areia fina	muito mal selecionado	assimetria para lado finos	leptocurtica
		R1	argila	argila	mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicurtica
		Mf	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	assimetria para lado finos	platicurtica
	vazante	N3	areia fina	areia fina	muito mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	leptocurtica
		R1	argila	argila	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicurtica
		Mf	silte grosso	areia muito fina	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	muito platicurtica
	águas baixas	N2	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	platicurtica
		R1	silte muito fino	argila	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	platicurtica
		Mf	silte fino	silte fino	muito mal selecionado	assimetria para lado grossos	muito leptocurtica

Tabela 32: Interpretação dos valores apresentados na tabela 30, no ano de 1992.

Ano	Período	Estação	Md	Mz	σ	Sk	Kg
1992	enchente	N1	areia fina	areia fina	muito mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	extrem. leptocur.
		N2	areia muito fina	silte grosso	muito mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	platicúrtica
		N3	silte médio	silte médio	muito mal selecionada	aproximadamente simétrica	platicúrtica
		R1	argila	argila	mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	mesocúrtica
		Mb	silte muito fino	silte fino	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	muito leptocúrtica
		Mf	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionada	assim. para lado dos finos	platicúrtica
	águas altas	N1	areia média	areia média	mal selecionado	aproximadamente simétrica	muito leptocúrtica
		N2	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	platicúrtica
		N3	areia muito fina	silte grosso	muito mal selecionada	fortemente assimétrica lado finos	platicúrtica
		R1	silte muito fino	silte muito fino	muito mal selecionado	assimétrica para lado grossos	platicúrtica
		R1a	argila	argila	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicúrtica
		R1b	argila	argila	mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicúrtica
		R1c	areia fina	areia muito fina	muito mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	muito leptocúrtica
		R1e	areia muito fina	silte grosso	muito mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	platicúrtica
	vazante	Mb	argila	argila	mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	muito leptocúrtica
		Mf	silte médio	silte grosso	muito mal selecionado	aproximadamente simétrico	mesocúrtica
		N1	areia média	areia média	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	muito leptocúrtica
		N2	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	muito leptocúrtica
		N3	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	platicúrtica
		R1	argila	argila	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicúrtica
	águas baixas	Mb	silte médio	silte médio	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	mesocúrtica
		Mf	silte médio	silte médio	muito mal selecionado	aproximadamente simétrica	mesocúrtica
		N1	areia média	areia grossa	mal selecionado	fortemente assimétrica lado finos	muito leptocúrtica
		N2	silte grosso	silte grosso	muito mal selecionada	fortemente assimétrica lado finos	platicúrtica
N3		silte médio	silte médio	mal selecionado	aproximadamente simétrico	platicúrtica	
R1		argila	argila	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicúrtica	
	Mb	silte fino	silte fino	muito mal selecionado	assimétrica para o lado grossos	leptocúrtica	
	Mf	silte fino	silte médio	muito mal selecionado	fortemente assimétrica grossos	platicúrtica	

Tabela 33 : Densidades relativas totais encontradas nas duas estações amostradas no lago Mussurá, nos dois anos de coleta, nos 4 períodos estudados.

Ano	Períodos	Estações	
		Mb	Mf
1991	enchente	340	410
	águas altas	405	295
	vazante	244	1201
	águas baixas	375	245
1992	enchente	672	1284
	águas altas	1804	1372
	vazante	660	1612
	águas baixas	688	584

Tabela 34: Densidades relativas totais encontradas nas diversas estações amostradas na área impactada do lago Batata, nos dois anos de coleta, nos quatro períodos estudados.

Ano	Períodos	Estações					
		R1	R1a	R1b	R1c	R1d	R1e
1990	enchente	757	0	20	20	35	79
	águas altas	0	65	0	15	55	0
	vazante	163	0	*	*	*	*
	águas baixas	118	*	*	*	*	*
1991	enchente	20	0	25	0	5	5
	águas altas	0	15	15	0	0	5
	vazante	262	40	98	15	*	*
	águas baixas	1004	*	*	*	*	*
1992	enchente	120	104	32	64	*	*
	águas altas	136	122	88	40	*	96
	vazante	40	*	*	*	*	*
		120	*	*	*	*	*

Tabela 35: Percentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de enchente de 1991.

Porcentagem de Tipos Granulométricos					
Peneiras	Phi	Classificação	N3	R1	Mf
2.000	-1,0	Areia Muito Grossa	0,333	0,000	21,691
1.000	0,0	Areia Muito Grossa	3,629	0,000	11,990
0.710	0,5	Areia Grossa	4,416	0,000	4,781
0.500	1,0	Areia Grossa	3,720	0,000	3,156
0.350	1,5	Areia Média	5,051	0,000	2,940
0.250	2,0	Areia Média	0,212	0,000	0,077
0.177	2,5	Areia Fina	8,740	0,000	2,924
0.125	3,0	Areia Fina	4,234	0,000	0,774
0.088	3,5	Areia Muito Fina	4,688	0,000	0,572
0.062	4,0	Areia Muito Fina	10,767	0,000	0,495
	5,0	Silte Grosseiro	9,285	7,009	17,475
	6,0	Silte Médio	5,595	2,875	6,792
	7,0	Silte Fino	5,096	7,343	6,993
	8,0	Silte Muito Fino	11,069	13,264	18,504
	9,0	Argilas	7,077	5,889	0,410
	10,0	Argilas	6,517	8,699	0,317
	>10	Argilas	9,572	54,920	0,110

Tabela 36: Porcentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de águas altas de 1991.

Porcentagem de Tipos Granulométricos					
Peneiras	Phi	Classificação	N3	R1	Mf
2,000	-1,0	Areia Muito Grossa	10,738	0,000	0,000
1,000	0,0	Areia Muito Grossa	18,045	0,000	0,000
0,710	0,5	Areia Grossa	12,857	0,000	1,216
0,500	1,0	Areia Grossa	9,232	0,000	2,509
0,350	1,5	Areia Média	8,757	0,000	2,064
0,250	2,0	Areia Média	0,502	0,000	2,758
0,177	2,5	Areia Fina	10,905	0,000	0,086
0,125	3,0	Areia Fina	2,733	0,000	8,735
0,088	3,5	Areia Muito Fina	2,566	0,000	12,118
0,062	4,0	Areia Muito Fina	1,646	0,000	9,883
	5,0	Silte Grosso	3,179	4,733	21,261
	6,0	Silte Médio	1,395	6,628	5,057
	7,0	Silte Fino	1,130	9,653	5,430
	8,0	Silte Muito Fino	6,010	20,370	25,423
	9,0	Argilas	0,781	7,748	0,441
	10,0	Argilas	1,018	6,824	0,582
	11,0	Argilas	8,506	44,044	2,437

Tabela 37: Percentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de vazante de 1991.

Porcentagem de Tipos Granulométricos					
Peneiras	Phi	Classificação	N3	R1	Mf
2,000	-1,0	Areia Muito Grossa	8,2	0,0	24,8
1,000	0,0	Areia Muito Grossa	14,9	0,0	7,3
0,710	0,5	Areia Grossa	9,6	0,0	2,7
0,500	1,0	Areia Grossa	8,4	0,0	1,6
0,350	1,5	Areia Média	7,6	0,0	2,1
0,250	2,0	Areia Média	0,4	0,0	0,0
0,177	2,5	Areia Fina	12,3	0,0	1,8
0,125	3,0	Areia Fina	7,4	0,0	0,6
0,088	3,5	Areia Muito Fina	4,5	0,0	0,5
0,062	4,0	Areia Muito Fina	2,8	0,0	0,5
	5,0	Silte Grosso	5,0	7,1	16,9
	6,0	Silte Médio	2,0	7,3	10,4
	7,0	Silte Fino	1,8	6,5	9,7
	8,0	Silte Muito Fino	7,4	21,6	17,1
	9,0	Argilas	0,6	7,2	0,4
	10,0	Argilas	0,9	13,2	0,6
	>10	Argilas	6,2	37,1	3,0

Tabela 38: Porcentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de águas baixas de 1991.

Porcentagem de Tipos Granulométricos					
Peneiras	Phi	Classificação	N2	R1	Mf
2,000	-1,0	Areia Muito Grossa	0,7	0,0	0,8
1,000	0,0	Areia Muito Grossa	6,2	0,1	2,4
0,710	0,5	Areia Grossa	7,2	0,4	1,7
0,500	1,0	Areia Grossa	6,2	0,3	1,5
0,350	1,5	Areia Média	5,5	0,7	1,5
0,250	2,0	Areia Média	0,3	0,0	0,0
0,177	2,5	Areia Fina	8,3	1,1	2,3
0,125	3,0	Areia Fina	2,8	0,5	0,8
0,088	3,5	Areia Muito Fina	2,5	0,8	0,9
0,062	4,0	Areia Muito Fina	4,9	2,5	1,1
	5,0	Silte Grosseiro	11,9	6,4	11,6
	6,0	Silte Médio	6,8	5,0	19,7
	7,0	Silte Fino	6,7	10,4	16,2
	8,0	Silte Muito Fino	14,2	25,2	27,8
	9,0	Argilas	1,8	6,9	2,7
	10,0	Argilas	0,3	5,2	1,2
	>10	Argilas	13,7	34,4	7,8

Tabela 39: Percentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de enchente de 1992.

Porcentagem de Tipos Granulométricos								
Peneiras	Phi	Classificação	N1	N2	N3	R1	Mb	Mf
2	-1	Areia Muito Grossa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0	Areia Muito Grossa	3.403	1.248	.747	0.000	0.000	4.25
0,71	0,5	Areia Grossa	4.539	4.181	6.201	0.000	0.000	9.247
0,5	1	Areia Grossa	3.007	7.75	6.998	0.000	0.000	8.157
0,35	1,5	Areia Média	7.046	7.071	4.371	0.000	.804	5.511
0,25	2	Areia Média	30.978	9.742	5.927	0.000	1.093	8.515
0,177	2,5	Areia Fina	22.796	5.976	2.851	0.000	.886	3.331
0,125	3	Areia Fina	9.375	7.903	2.864	0.000	1.222	3.674
0,088	3,5	Areia Muito Fina	1.97	8.954	5.603	0.000	3.344	4.125
0,062	4	Areia Muito Fina	.353	6.764	3.611	1.004	5.488	3.16
	5	Silte Grosseiro	.995	7.947	5.018	6.842	1.243	17.045
	6	Silte Médio	2.439	1.926	20.147	4.664	9.047	2.195
	7	Silte Fino	2.414	1.926	4.57	7.578	9.39	2.273
	8	Silte Muito Fino	3.297	11.799	4.508	5.768	55.033	17.808
	9	Argilas	1.002	2.386	15.478	19.262	2.819	1.557
	10	Argilas	2.774	4.926	1.195	12.112	5.317	3.16
	>10	Argilas	3.662	9.501	9.912	42.751	4.513	5.993

Tabela 40: Porcentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de águas altas de 1992.

Porcentagem de Tipos Granulométricos												
eneira	Phi	Classificação	N1	N2	N3	R1	R1a	R1b	R1c	R1e	Mb	Mf
0.002	-1,0	Areia Muito Grossa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0,0	Areia Muito Grossa	10.87	.581	1.491	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0,5	Areia Grossa	13.989	4.773	5.12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	1,0	Areia Grossa	15.998	7.289	7.725	0.000	0.000	0.000	1.661	0.000	0.000	3.898
0.000	1,5	Areia Média	11.525	5.144	6.791	0.000	0.000	0.000	3.894	0.000	0.000	7.042
0.000	2,0	Areia Média	26.795	6.725	6.091	0.000	0.000	0.000	21.005	4.604	0.000	2.896
0.000	2,5	Areia Fina	9.099	2.435	4.797	0.000	0.000	0.000	17.5	11.492	1.959	4.022
0.000	3,0	Areia Fina	3.466	2.483	10.061	0.000	0.000	0.000	15.717	11.604	2.795	5.134
0.000	3,5	Areia Muito Fina	1.11	2.774	8.157	0.000	0.000	0.000	10.304	15.487	2.891	5.436
0.000	4,0	Areia Muito Fina	.42	3.677	6.324	7.919	8.442	0.000	4.058	13.869	1.267	2.732
	5,0	Silte Grossoiro	.872	14.514	8.983	7.362	4.972	5.148	2.97	7.962	.85	16.911
	6,0	Silte Médio	.499	9.902	5.605	5.57	4.775	5.487	2.527	7.822	2.091	14.001
	7,0	Silte Fino	.367	9.353	6.001	7.986	4.634	5.35	3.932	.184	2.536	13.878
	8,0	Silte Muito Fino	2.3	20.61	12.504	21.831	15.9	18.646	6.391	4.02	2.491	17.57
	9,0	Argilas	.582	0.016	1.958	4.602	4.146	6.186	.954	11.47	1.343	.851
	10,0	Argilas	.482	0.113	.144	13.094	10.99	5.753	.756	2.527	20.894	.728
	>10	Argilas	1.624	9.611	8.246	31.636	46.141	53.45	8.33	8.959	60.883	4.900

Tabela 41: Percentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de vazante de 1992.

Porcentagem de Tipos Granulométricos									
Peneiras	Phi	Classificação	Phi	N1	N2	N3	R1	Mb	Mf
2	-1	Areia Muito Grossa	-1	1,374	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0	Areia Muito Grossa	0	2,830	1,596	0,143	0,000	0,000	0,000
0.71	0,5	Areia Grossa	0,5	9,933	3,846	0,965	0,000	0,000	0,000
0,5	1	Areia Grossa	1	10,765	3,990	2,626	0,000	2,382	0,000
0.35	1,5	Areia Média	1,5	10,057	2,677	3,984	0,000	1,287	0,000
0.25	2	Areia Média	2	28,091	4,303	6,913	0,525	1,948	0,000
0.177	2,5	Areia Fina	2,5	14,119	1,778	3,751	0,409	1,278	3,007
0.125	3	Areia Fina	3	5,093	2,061	5,877	0,572	2,539	3,184
0.088	3,5	Areia Muito Fina	3,5	1,934	3,303	6,842	0,722	6,113	3,343
0.062	4	Areia Muito Fina	4	1,338	2,343	3,823	0,654	5,304	3,272
	5	Silte Grosseiro	5	2,476	27,808	16,131	7,038	19,277	26,776
	6	Silte Médio	6	0,825	21,737	9,914	1,921	11,147	9,339
	7	Silte Fino	7	0,890	13,121	10,254	9,204	13,268	9,109
	8	Silte Muito Fino	8	6,364	1,303	18,685	23,266	27,215	30,916
	9	Argilas	9	0,360	3,273	1,894	5,232	2,556	0,301
	10	Argilas	10	1,161	2,354	1,751	7,099	0,783	1,769
	>10	Argilas	>10	2,370	4,707	6,449	43,357	4,904	6,988

Tabela 42: Porcentagens dos diversos tipos granulométricos, nas diversas classes analisadas, em relação aos respectivos valores em phi, no período de águas baixas de 1992.

Porcentagem de Tipos Granulométricos								
Peneiras	Phi	Classificação	N1	N2	N3	R1	Mb $\frac{1}{2}$	Mf
2,000	-1,0	Areia Muito Grossa	0,588	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,000	0,0	Areia Muito Grossa	17,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,710	0,5	Areia Grossa	15,433	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,500	1,0	Areia Grossa	15,273	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,350	1,5	Areia Média	12,915	0,000	0,366	0,000	2,287	0,000
0,250	2,0	Areia Média	22,124	11,040	0,877	0,000	3,784	0,000
0,177	2,5	Areia Fina	5,548	4,972	1,630	0,000	2,011	7,481
0,125	3,0	Areia Fina	2,029	7,854	1,199	1,315	2,214	10,331
0,088	3,5	Areia Muito Fina	0,791	12,405	1,937	2,255	3,134	10,072
0,062	4,0	Areia Muito Fina	0,416	7,686	0,746	0,901	3,319	9,919
	5,0	Silte Grosseiro	1,081	13,164	23,439	4,566	3,184	7,588
	6,0	Silte Médio	0,596	6,860	20,054	4,857	15,541	2,118
	7,0	Silte Fino	0,940	7,450	19,849	5,830	19,979	2,773
	8,0	Silte Muito Fino	2,384	17,580	25,267	24,698	16,461	44,279
	9,0	Argilas	0,432	0,556	0,110	5,875	21,238	0,030
	10,0	Argilas	0,650	2,966	1,301	9,714	3,103	0,701
	>10	Argilas	1,536	7,467	3,224	39,990	3,743	4,708

Tabela 43: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água e sedimento, coletados no lago Batata, no ano de 1990.

	Variáveis Coluna d'água							Variáveis no Sedimento							
	Estação	Temper. (oC)	Profund. (m)	Oxig.Diss. (%satur.)	Alcalinid. (mEq/l)	Condutiv. (µS/cm)	pH	Secchi (m)	M.S. (mg/l)	Clor.-a (µg/l)	P-total (µg/l)	N-total (µg/l)	P-dissol. (ppm)	N-total (ppm)	m.o. (%P.S.)
enchente	8	29,9	6,0	65,52	0,0158	8	4,87	1,60	0,80	9,80	16,2	0,23	70,00	2340	19,18
	10	30,3	5,0	72,05	0,0110	8	4,89	1,10		9,10	14,1	0,14	72,00	1970	16,82
	10a	29,0	4,0	58,02		11	5,70	0,40	5,20	7,91		0,27	3,00	1240	13,84
	10b	30,0	3,0	52,37		10	5,50	0,40	9,00	9,40		0,23	2,00	1330	12,59
	10c	29,0	3,5	65,73		10	5,50	0,15	32,80	8,43		0,23		1338	14,46
	10d	29,3	0,8	71,73		8		0,55	4,80	8,84		0,30		1440	13,08
	10e	27,4	1,2	68,45		7		0,10	22,80	8,76		0,21		1250	13,31
águas altas	8	28,8	8,5	53,78	0,0769	11	6,00	1,00	2,40	3,19	10,3	0,45	72,00	1137	20,71
	10	29,1	5,5	28,18	0,0751	11	5,95	1,00	10,80	1,36	13,1	0,42	72,00	2332	19,89
	10a	29,4	4,5	43,91	0,0823	11	6,23	1,00	7,00	4,34		0,32	3,00	1020	9,48
	10b	29,7	3,5	53,43	0,0789	11	6,21	0,95	8,00	4,57		0,28		787	16,03
	10c	29,3	3,0	53,78	0,0733	11	5,93	1,05	6,80	8,12		0,42		700	14,62
	10d	30,9	1,1	65,11	0,0634	11	6,45	0,30	11,00	2,10		0,35		583	15,49
	10e	29,5	1,8	49,85	0,0661	10	5,93	0,45	10,40	3,46		0,28		816	13,44
vazante	5	31,4	6,5	88,78	0,0726	9	6,44	1,40	3,60	5,69		0,31	42,00	1960	10,18
	7	31,9	3,5	81,68	0,0698	10	6,43	1,30	4,40	6,68		0,42	9,26	1946	14,33
	8	31,0	4,5	104,40	0,0678	10	6,38	1,25	7,20	5,37	16,6	0,42	6,27	2240	16,70
	9	33,5	4,0	99,93	0,0678	10	6,54	0,60	3,00	3,40	12,4	0,40	90,00	1760	14,21
	10	32,8	1,9	99,78	0,0684	9	6,59	0,30	16,60	2,24	10,6	0,35	54,00	1680	14,66
	10a	37,2	0,2		0,0345	7	6,40	0,20	30,40	1,50		0,36			
águas baixas	8	30,4	2,1	104,98	0,0374	8	5,87	1,20	7,70	4,28	25,4	0,81	8,00	4840	22,38
	9	29,5	1,1	101,37	0,0392	8	6,02	1,00	7,50	4,52	19,8	0,87	7,00	3900	19,27
	10	30,5	0,5	104,84	0,0231	8	5,68	0,50	6,60	8,40	14,1	0,50	1,00	1800	17,96

Tabela 44: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água e sedimento, coletados no lago Batata, no ano de 1981.

Estação	Variáveis Coluna d'água							Variáveis no Sedimento							
	Temper. (oC)	Profund. (m)	Oxig.Diss. (%satur.)	Alcalinid. (mEq/l)	Conductiv. (µS/cm)	pH	Secchi (m)	M.S. (mg/l)	Clor.-a (µg/l)	P-total (µg/l)	N-total (µg/l)	P-dissol. (ppm)	N-total (ppm)	m.o. (%P.S.)	
	5	27,3	8,5	17,00	0,0380	8	5,50	1,60	0,80	9,80	16,2	0,23	70,00	2340	19,18
	7	29,0	6,5	55,00	0,0390	8	5,70	1,10		9,10	14,1	0,14	72,00	1970	16,82
	8	28,6	6,5	102,00	0,0370	7	5,40	0,40	5,20	7,91		0,27	3,00	1240	13,84
	10	29,2	4,0	43,00	0,0360	7	5,80	0,40	9,00	9,40		0,23	2,00	1330	12,59
enchente	10A	29,5	2,5	88,00	0,0370	8	5,90	0,15	32,80	8,43		0,23		1338	14,46
	10B	29,8	3,5	85,00	0,0350	7	5,70	0,55	4,80	8,84		0,30		1440	13,08
	10C	29,5	2,5	83,00	0,0350	7	5,70	0,10	22,80	8,76		0,21		1250	13,31
	10D	29,4	3,5	109,00	0,0420	7	6,00	0,60	4,80	2,90	11,3	0,31	8,00	900	13,20
	10E	29,4	3,5	33,00	0,0360	7	5,70	0,45	38,00	1,80	21,8	0,57	11,00	700	13,20
	M.B.	27,1	6,5	72,00		13		1,90		2,40		6,1			
	M.F.	26,2	6,5	4,00		12		2,20		5,40		6,1			
	7	28,5	8,0	106,00	0,0550	10	5,60	1,60	4,60	0,60	21,5	0,67	70,00	5200	23,80
	8	28,8	8,0	96,00	0,0540	11	5,30	1,45	2,40	1,70	6,1	0,42	70,00	4200	22,30
	10	28,5	6,5	95,00	0,0550	10	5,60	1,50	7,27	0,70	7,0	0,39	1,50	400	15,50
águas altas	10A	28,5	6,0	106,00	0,0550	10	5,50	1,50	7,00	0,30	7,8	0,39	0,40	500	14,40
	10B	28,7	5,5	103,00	0,0530	9	5,70	1,50	8,00	0,50	19,0	0,52	1,00	400	15,90
	10C	29,0	4,0	102,00	0,0530	9	5,60	1,5	6,80	0,50	9,6	0,67	1,00	500	14,50
	10D	28,7	2,4	92,00	0,0540	10	5,60	1,10	11,00	1,40	23,8	0,52	1,50	400	13,70
	10E	29,1	2,3	88,00	0,0530	10	5,40	1,40	10,40	0,50	16,6	0,51	1,00	400	14,00
	M.B.	28,5	8,0	84,00	0,0450	10	5,10			1,50	11,2	0,42	110,00	2600	17,30
	M.F.	27,5	7,5	7,00	0,1260	19	5,80			4,00	16,0	0,48	110,00	5200	22,50

Tabela 44: continuação

Estação	Variáveis Coluna d'água							Variáveis no Sedimento							
	Temper. (oC)	Profund. (m)	Oxig.Diss. (%satur.)	Alcalinid. (mEq/l)	Conductiv. (µS/cm)	pH	Secchi (m)	M.S. (mg/l)	Clor.-a (µg/l)	P-total (µg/l)	N-total (µg/l)	P-dissol. (ppm)	N-total (ppm)	m.o. (%P.S.)	
vazante	5	32,9	7,0	11,00	0,0820	19	5,40	1,50	3,60	10,90	6,8	0,53	3,00	500	0,70
	7	29,0	4,5	3,00	0,0960	21	5,60	1,60	4,40	5,38	38,5	0,69	85,00	4500	23,70
	8	29,5	5,0	45,00	0,0780	17	5,60	1,50	4,33	5,50	15,9	0,45	78,00	4900	22,30
	10	31,2	3,5	85,00	0,0610	17	5,60	0,60	11,00	3,90	16,5	0,34	1,00	600	15,50
	10A	32,5	1,8	85,00	0,0460	17	5,80	0,35	30,40	5,40	14,6	0,40	2,00	900	15,00
	10B	32,5	2,2	82,00	0,0430	16	5,60	0,50		2,80	21,0	0,42	1,00	1000	14,70
	10C	32,0	1,3	84,00	0,0300	10	5,20	0,55		1,90	17,7	0,42	1,00	1200	231,40
	M.B.	30,0	5,0	73,00	0,0830	21	5,70			6,10	18,5	0,46	120,00	2200	20,10
	M.F.	29,0	4,5	52,00	0,1270	24	5,60	2,40		8,00	20,5	0,48	125,00	3900	22,80
águas baixas	5	32,9	7,0	96,00	0,0610	7	5,70	0,80	5,80	8,00	34,2	0,76	12,00	200	2,10
	7	29,0	4,5	85,00	0,0580	12	5,40	0,35	13,40	19,40	51,6	1,22	168,00	5700	22,10
	8	29,5	5,0	100,00	0,0640	6	5,70	0,20	6,93		71,7	0,66	131,00	4500	21,30
	10	31,2	3,5	85,00	0,0640	8	5,70	0,30	5,40	4,40	39,2	0,55	16,00	1800	17,00
	M.B.	30,0	5,0	92,00	0,1100	14	6,20	1,30		4,10	23,9	0,35	318,00	4500	21,10
	M.F.	29,0	4,5	75,00	0,0990	24	6,90	0,35		28,80	106,8	0,55	260,00	6500	21,30

Tabela 45: Dados das variáveis abióticas de coluna d'água e sedimento, coletados no lago Batata, no ano de 1992.

		Variáveis Coluna d'água								Variáveis no Sedimento					
Estação	Temper. (oC)	Profund. (m)	Oxig.Diss. (%satur.)	Alcalinid. (mEq/l)	Condutiv. (µS/cm)	pH	Secchi (m)	M.S. (mg/l)	Clor.-a (µg/l)	P-total (µg/l)	N-Kjeld. (µg/l)	P-dissol. (ppm)	N-total (ppm)	m.o. (%P.S.)	
enchente	N1	27,4	8,0	41,90	0,0850	11	5,50	1,85	3,20	4,00	21,0	0,39	28,00	4800	6,42
	N2	30,0	5,0	80,20	0,0820	10	5,50	1,65	3,60	5,80	25,0	0,39	110,00	3600	23,20
	N3	28,8	6,5	63,50	0,0610	9	5,10	1,45	3,10	5,90	17,5	0,42	106,00	1300	21,95
	R1	28,9	4,5	59,10	0,0640	9	5,40	1,00	4,40	2,00	22,7	0,35	15,00	1100	15,87
	R1a	29,5	3,5	65,30	0,0650	9	5,50	0,75	6,25	4,60	17,1	0,46	16,00	1000	14,60
	R1b	29,5	2,2	70,00	0,0610	8	5,50	0,75	8,83	3,70	22,3	0,67	16,00	900	14,56
	R1c	28,9	1,8	70,20	0,0600	8	5,50	0,50	15,10	5,10	25,9	0,64	16,00	900	15,99
	Mb	29,0	7,0	65,10	0,1010	14	5,80	1,80	3,67	6,20	16,0	0,42	161,00	3900	19,15
Mf	29,0	6,0	62,40	0,1020	17	5,80	2,20	1,94	4,70	20,8	0,70	162,00	5100	21,56	
águas altas	N1	29,2	7,5	78,90	0,0710		5,90	2,20	4,20	5,10	14,3	0,64	35,00	1400	3,80
	N2	29,5	5,5	62,20	0,0760	9	6,00	2,50	3,60	7,40	14,7	0,56	135,00	6100	17,36
	N3	29,4	5,5	72,00	0,0910		6,50	1,75	3,80	5,70	10,5	0,40	113,00	2900	21,70
	R1	29,8	3,0	82,60	0,0650	9	6,40	0,90	6,13	2,80	15,4	0,57	17,00	1500	14,97
	R1a	30,1	2,5	88,40	0,0630	8	6,10	0,85	4,67	2,30	6,1	0,22	16,00	900	14,64
	R1b	30,3	2,0	81,60	0,0550	8	6,10	0,85	4,80	3,70	7,4	0,40	16,00	900	15,86
	R1c	30,0	1,5	75,90	0,0540	8	5,70	0,65	8,40	4,90	3,8	0,40	16,00	1100	18,32
	R1e	28,3	1,0	90,60	0,0510	7	5,80	0,50	9,33	2,80	14,8	0,35	16,00	1300	14,88
Mb	29,5	10,5	69,00	0,1030		6,20	2,30	2,20	2,30	9,2	0,60	216,00	3300	16,78	
Mf	28,5	5,5	65,20	0,1080		6,40	2,30	3,87	5,90	13,3	0,60	158,00	5100	21,73	

Tabela 45: Continuação

Variáveis Coluna d'água											Variáveis no Sedimento				
Estação	Temper. (oC)	Profund. (m)	Oxig.Diss. (%satur.)	Alcalinid. (mEq/l)	Condutiv. (µS/cm)	pH	Secchi (m)	M.S. (mg/l)	Clor.-a (µg/l)	P-total (µg/l)	N-Kjeld. (µg/l)	P-dissol. (ppm)	N-total (ppm)	m.o. (%P.S.)	
vazante	N1	30,7	4,5	98,30	0,0720	14	5,60	1,20	5,80	4,10	20,5	0,46	19,00	4700	2,46
	N2	31,4	2,3	96,10	0,0750	8	5,70	1,30	6,40	7,10	28,3	0,51	77,00	6200	29,41
	N3	30,7	2,2	106,70	0,0650	11	5,70	1,15	7,40	7,50	16,7	0,84	74,00	5600	23,07
	R1	30,1	0,7	104,50	0,0790	8	6,40	0,40	13,00	1,70	8,5	0,56	16,00	1500	15,63
	Mb	31,4	6,0	85,30	0,1220	18	6,10	1,75	8,13	5,70	12,7	0,39	122,00	3100	21,10
	Mf	31,5	2,4	104,10	0,1300	17	5,80	1,60	9,00	8,20	16,7	0,67	99,00	4700	21,21
águas baixas	N1	30,4	5,2	87,82	0,0190		6,50	1,30		27,0	0,70	21,00	2800	8,24	
	N2	30,2	2,0	88,37	0,0135		5,50	1,10		52,7	0,57	67,00	7300	23,27	
	N3	30,6	2,7	85,50	0,0170		6,50	1,20		20,8	0,60	64,00	6100	22,37	
	R1	30,5	1,4	98,78	0,1250		5,80	0,70		44,2	0,42	19,00	2200	17,57	
	Mb	31,2	3,2	60,60	0,0460		6,54	2,15		43,7	0,42	119,00	4200	21,51	
	Mf	30,7	3,0	90,55	0,0365		6,43	1,40		27,2	0,44	97,00	6200	22,56	