

DARCILIO FERNANDES BAPTISTA

**ESTRUTURA E FUNÇÃO DE COMUNIDADES DE INSETOS
AQUÁTICOS EM UM SISTEMA FLUVIAL DE MATA ATLÂNTICA NO
SUDESTE BRASILEIRO, COM ESPECIAL REFERÊNCIA À AVALIAÇÃO
DO CONCEITO DE CONTINUIDADE DE RIOS (CCR)**



Tese apresentada à coordenação de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências Biológicas - Zoologia

**Rio de Janeiro
1998**

DARCILIO FERNANDES BAPTISTA

**ESTRUTURA E FUNÇÃO DE COMUNIDADES DE
INSETOS AQUÁTICOS EM UM SISTEMA FLUVIAL DE
MATA ATLÂNTICA NO SUDESTE BRASILEIRO, COM
ESPECIAL REFERÊNCIA À AVALIAÇÃO DO CONCEITO
DE CONTINUIDADE DE RIOS (CCR)**

Banca examinadora:

EDIÇÃO DEFINITIVA

Prof. Dr. Jorge Luiz Nessimian

(Presidente da Banca)

Prof^a. Dra. Erica Maria Pellegrini Caramaschi

Prof. Dr. Miguel Angel Monné Barrios

Prof^a. Dra. Gisela Yuka Shimizu

Prof. Dr. Alcimar do Lago Carvalho

RIO DE JANEIRO

1998.

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental, Departamento de Biologia do Instituto Oswaldo Cruz - FIOCRUZ e Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a orientação do Dr. Jorge Luiz Nessimian.

BAPTISTA, Darcilio Fernandes

Estrutura e função de comunidades de insetos aquáticos em um sistema fluvial de Mata Atlântica no Sudeste brasileiro, com especial referência à avaliação do conceito de continuidade de rios (CCR). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, 1998.

xv + 140.

Tese: Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia).

1 - Insetos aquáticos 2 - Ecologia de comunidades 3 - Rio tropical 4 - Conceito de Continuidade de Rios 5- Análise Multivariada I- Universidade Federal do Rio de Janeiro II- Museu Nacional (Brasil).

DEDICO ESTE TRABALHO A:

Magali, pela ajuda, paciência e carinho que permitiram terminar este trabalho;

E à Álex e Júlia, para que lembrem um dia do pai que idealizava um mundo melhor para todos.

O NASCIMENTO DE UMA CIÊNCIA

“It may metaphorically be said that natural selection is daily and hourly scrutinizing, throughout the world, the slightest variations; rejecting those that are bad, preserving and adding up all that are good; silently and insensibly working, whenever and whichever opportunity offers, on the improvement of each organic being in relation to its organic and inorganic conditions of life.”

(Charles Darwin, 1859)

The Origin of Species - Chapter Four: “Natural Selection”

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha gratidão e reconhecimento às pessoas e entidades que colaboraram na realização deste trabalho.

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu orientador Jorge Luiz Nessimian pela amizade, orientação e por acreditar na realização deste trabalho.

Ao amigo Luís Fernando Marques Dorvillé pela ajuda efetiva do início ao fim deste trabalho.

Ao amigo Daniel Forsin Buss por sua participação contínua durante as intermináveis horas de triagem e nas discussões das idéias que formaram este trabalho.

Aos amigos, David e Isabell Müller, pelo auxílio e acolhida nas altas montanhas de Macaé de Cima, sem o que este trabalho não poderia ser realizado.

Aos Professores e amigos, Alcimar do Lago Carvalho, Elidiomar Ribeiro da Silva, Nelson Ferreira Jr. e Ana Huamantincó pela identificação taxonômica da maioria das espécies encontradas .

À Professora Rosalys Guahyba que nos deixou tão prematuramente.

Aos estagiários, Luis Henrique e Cláudio pelo auxílio nas atividades de campo.

Ao amigo Valdinei Valin, técnico em química responsável pelas análises físico-químicas da água.

À amiga Denise Borges pela análise bacteriológica da água.

Ao Dr. Pedro Jurberg, Chefe do Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental

Aos amigos e amigas de laboratório, Magali, Cesar, Marisa, Margareth, Alexandre, Vanessa, Sr. Pedro Ressel, Rodolfo e Mário, pelo incentivo.

A toda equipe de professores e funcionários da coordenação do Curso de Pós-graduação em Zoologia do Museu Nacional, UFRJ.

A todos os funcionários da FIOCRUZ que auxiliaram na realização deste trabalho; aos motoristas, Laerte; Paulo Goes, Souza, Antônio Carlos, Assis e Jair.

A todos os amigos do Departamento de Biologia, em particular ao pessoal da administração, Lenira, Robson, Davi e Luis.

Ao Dr. Francisco de A. Esteves por ter cedido as fotografias aéreas do rio Macaé.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

Os rios passaram a ser vistos como ecossistemas complexos há muito pouco tempo atrás. Somente nos meados deste século deixaram de ser considerados como meros canais de escoamento das águas pluviais, para serem tratados como sistemas abertos com suas espécies constituintes conferindo-lhes uma organização em estrutura e função. A partir desta mudança de paradigma, foram desenvolvidos diversos modelos para explicar o comportamento de tais ecossistemas nas mais diferentes situações ecológicas. No entanto, em sua grande maioria, esses modelos foram baseados em conhecimentos ecológicos de regiões de clima temperado, havendo pouquíssimos estudos sobre a organização das comunidades de invertebrados nestes sistemas em regiões tropicais. O presente trabalho procura trazer uma contribuição para o entendimento do funcionamento de um ecossistema de rio de tamanho médio nos domínios da Mata Atlântica no sudeste brasileiro. Inicialmente, apresentamos uma breve revisão de alguns conceitos sobre comunidades e a descrição dos principais modelos que explicam o funcionamento dos ecossistemas de rios e, em especial, o Conceito de Continuidade de Rios de VANNOTE *et al.*(1980). A conceituação geral dos modelos é apresentada de forma que possamos compará-la com nossos resultados. A seguir, são apresentados os estudos sobre a composição e organização estrutural das comunidades de insetos aquáticos ao longo do gradiente longitudinal da bacia do Rio Macaé no Estado do Rio de Janeiro. Foi analisada, por estatística multivariada (Análise de Correspondência e Análise de Agrupamento), a distribuição espacial das comunidades desde o trecho do rítron superior, a aproximadamente 1100 metros de altitude, até a seção do potamal superior, a aproximadamente 20 metros de altitude. Os resultados indicam que a fauna do rio Macaé apresenta uma substituição gradual das espécies ao longo do perfil, podendo ser dividida em dois segmentos distintos: uma comunidade característica do trecho superior, a qual corresponderia ao trecho que vai da 1ª à 4ª ordem de rio (*sensu* Strahler) e a outra típica de uma seção de 5ª e 6ª ordens. As maiores diversidades biológicas para as diversas ordens de insetos aquáticos ocorreram entre a 2ª e 4ª ordens. A comunidade não apresentou substituição temporal

das espécies constituintes, nem diferenciação significativa na estrutura da comunidade ao longo do ano, refletindo uma organização altamente estável. A análise da distribuição da fauna sobre os diferentes substratos revelou que no início da estação das águas houve uma desorganização da fauna, indicando o efeito de distúrbio das chuvas intensas. Finalmente foi analisada a adequação do CCR, às condições da bacia do rio Macaé, através da avaliação de algumas de suas predições. Os resultados indicaram que várias predições foram parcialmente corroboradas, tais como: a maior diversidade observada em trechos onde ocorre a transição de uma zona predominantemente heterotrófica para uma autotrófica (4ª ordem). Foi também verificado que há uma tendência de aumento da matéria orgânica particulada fina e diminuição da matéria orgânica mais grossa ao longo do gradiente longitudinal. A variação do percentual da biomassa das categorias funcionais tróficas mostrou uma tendência semelhante às modificações previstas pelo CCR de acordo com o aumento do tamanho do rio.

ABSTRACT

Rivers became regarded as complex ecosystems very recently. Only at the middle of the 20th century they stopped from being considered mere drainage channels for pluvial waters and started to be seen as open systems, with their constituent species providing a functional and structural organization. From then on, several models were developed to explain the behavior of these ecosystems under a wide variety of ecological situations. However, most of these models were based in the knowledge acquired in temperate areas, with very few studies focused on the organization of invertebrate communities from tropical regions. The present work intends to contribute to the understanding of a middle-sized river ecosystem placed in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. A brief review of some concepts about communities is presented. First, as well as the description of the major models that explain river ecosystem function, especially the River Continuum Concept from VANNOTE *et. al* (1980). The general foundations of these models are displayed in a way that allows an easy comparison with the results presented herein. Next, the results about the composition and structure of the aquatic insects communities along the longitudinal gradient of the Macaé river basin are exhibited. The spatial distribution of these communities, from a ritral section about 1100m high to a potamal area at about 20m high, were all analysed by means of Multivariate Analysis (Correspondence Analysis and Cluster Analysis). The results indicate that the aquatic macroinvertebrate fauna of the Macaé river exhibits a gradual change of species along its profile, being divided in two distinct portions: a characteristic community from the higher section, from the 1st to the 4th orders (*sensu* Strahler) and another typical of the lower orders (5th and 6th). The highest biological diversities for the several aquatic insects were found between the 2nd and 4th orders. The community has not exhibited a temporal replacement of its constituent species, nor a significant change in the community structure during the year, reflecting a highly stable organization. The analysis of the distribution over the different substrates has shown a disarrangement of the fauna at the beginning of the rainy season, as a

result of the disturbance caused by the intense rains. At last, the adequacy of the Macaé river basin to the RCC was analysed through the evaluation of some of its predictions. The results showed that several assumptions of the RCC were partially confirmed, such as: the highest diversity was observed in sections where there is a transition from a predominantly heterotrophic zone to an autotrophic one (4th order). It was seen that there is a trend in increasing the fine particulate organic matter as well as a decreasing in the coarse particulate organic matter, along the longitudinal gradient of the river. The biomass variation of the trophic functional categories has shown a picture similar to the modifications predicted by the RCC, according to the increase in size of the river.

LISTA DE SIGLAS

ACo - Análise de Correspondência

CCR - Conceito de Continuidade de Rios

CDS - Conceito de Descontinuidade Serial

CFT - Categoria Funcional Trófica

CPI - Conceito de Pulso de Inundação

MO - Matéria Orgânica

MOP - Matéria Orgânica Particulada

MOPB - Matéria Orgânica Particulada Bruta

MOPF - Matéria Orgânica Particulada Fina

MOPUF - Matéria Orgânica Particulada Ultra Fina

MPR - Modelo de Produtividade Ribeirinha

RCE - Inventário Ambiental de Rios

UTO - Unidade Taxonômica Operacional

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	x
Lista de Siglas.....	xii
1. Revisão Histórica : Comunidades e Ecossistemas de Rios.....	1
1.1. Introdução Geral.....	1
1.2. Os Rios como Ecossistemas	7
1.2.1. Conceito de Continuidade de Rios.....	8
1.2.2. Conceito da Descontinuidade Serial.....	15
1.2.3. Conceito de Pulso de Inundação.....	17
1.3. Objetivo Geral.....	19
1.4. Descrição Ecológica da Área de Estudo.....	19
2. Estrutura e Função de Comunidades de Insetos Aquáticos no Gradiente Longitudinal da Bacia do Rio Macaé, RJ.	27
2.1. Introdução.....	27
2.2. Objetivos.....	28
2.3. Material e Métodos.....	28
2.3.1. Localização das áreas amostrais.....	28
2.3.2. Amostragem da fauna entomológica.....	33
2.3.3. Triagem e identificação taxonômica.....	33
2.3.4. Fatores ambientais.....	35
2.3.5. Análise estatística dos dados.....	35
2.4. Resultados.....	37

2.4.1.	Composição geral da fauna.....	37
2.4.2.	Distribuição da comunidade no gradiente longitudinal.....	38
2.4.3.	Organização temporal da comunidade.....	48
2.4.4.	Fatores ambientais.....	48
2.5.	Discussão.....	50
2.5.1.	Distribuição da comunidade no gradiente longitudinal.....	50
2.5.2.	Organização temporal da comunidade.....	53
2.5.3.	Fatores ambientais.....	53
2.5.4.	Considerações gerais sobre organização das comunidades.....	55
2.6.	Conclusões.....	56
3.	Distribuição e Diversidade de Insetos Aquáticos por Tipos de Substrato na Bacia do Rio Macaé, RJ.....	58
3.1.	Introdução.....	59
3.2.	Objetivos.....	59
3.3.	Material e Métodos.....	59
3.3.1.	Medidas de diversidade.....	59
3.3.2.	Microdistribuição de insetos aquáticos por tipos de substrato.....	61
3.4.	Resultados.....	61
3.4.1.	Medidas de diversidade.....	61
3.4.2.	Microdistribuição de insetos aquáticos por tipos de substrato.....	65
3.5.	Discussão.....	78
3.5.1.	Medidas de diversidade.....	78
3.5.2.	Microdistribuição de insetos aquáticos por tipos de substrato.....	79
4.	Avaliação do Conceito de Continuidade de Rios (CCR): Estudo de Caso na Bacia do Rio Macaé, RJ.....	83
4.1.	Introdução.....	83

4.2.	Objetivos.....	84
4.3.	Material e Métodos	85
4.3.1.	Categorização Funcional Trófica.....	85
4.3.2.	Diversidade da Fauna X Fatores ambientais.....	87
4.3.3.	Processo de Transformação da Matéria Orgânica Bentônica.....	87
4.4.	Resultados.....	87
4.4.1.	Categorização Funcional Trófica.....	87
4.4.2.	Diversidade da Fauna X Fatores ambientais.....	89
4.4.3.	Processo de Transformação da Matéria Orgânica Bentônica.....	90
4.5.	Discussão.....	92
4.6.	Conclusões.....	97
4.7..	Considerações Gerais.....	98
	Referências Bibliográficas.....	99
	Índice de Figuras e Tabelas.....	110
	Anexo - 1 Protocolo para obtenção do índice de integridade de rios.....	118
	Anexo - 2.Distribuição e frequência de insetos aquáticos na bacia do rio .Macaé.....	121
	Anexo - 3.Parâmetros ambientais na bacia do rio Macaé.....	130
	Anexo - 4 Classificação funcional trófica dos gêneros de Ephemeroptera encontrados na bacia do rio Macaé: Metodologia e Análise.....	132

1. REVISÃO HISTÓRICA: COMUNIDADES E ECOSISTEMAS DE RIOS

1.1. INTRODUÇÃO GERAL

Os conceitos modernos sobre a organização estrutural e funcional dos ecossistemas de rios são fundamentados, em parte, na concepção de como se comportam as comunidades biológicas. Desta forma, o entendimento das idéias sobre a organização destes ecossistemas depende de uma visão ampla das principais proposições que forjaram os conceitos de comunidades biológicas.

Muitos ecólogos no início do século XX fizeram uso do conceito etimológico da palavra comunidade, para fazer referência às comunidades biológicas, reconhecendo que a organização natural das espécies se expressava em estrutura e função como uma comunidade, isto é, os elementos do sistema (espécies) possuíam uma forte coesão entre eles.

Assim, segundo a definição formal da palavra comunidade:

“ ... comunidade diz respeito ao agrupamento dos elementos do sistema, caracterizado por uma acentuada coesão dos indivíduos que o constituem.” (KOOGAN & HOUAISS, 1993: 213).

GILLER & GEE (1987) afirmam que a ecologia de comunidades pode ser a única entre os ramos da ciência que carece de uma definição consensual da entidade para os quais ela é a principal referência, pois, defendem que as espécies formam um agrupamento aleatório, portanto, não se enquadrando na definição formal da palavra comunidade. Está é a razão pela qual são empregados os termos “assembléia” e “agrupamento”. Portanto, a falta de consenso na definição para o termo comunidade está centrada sobre se as espécies do sistema são coesas e interdependentes ou não.

Reforçando o conflito sobre a definição da unidade conceitual, surgiram diferentes correntes de pensamento. A primeira delas foi a que defendia a comunidade como sendo um organismo. WHEELER (1910) empregou o termo "organismo real", TANSLEY (1920), "quasi-organismo" (*apud* ALLEE, 1949) e por último, CLEMENTS (1929), "super organismo". Tais autores enfatizaram o papel das interações interespecíficas e bióticas na formação das comunidades.

Contudo, nem todos os ecólogos concordavam com a visão extrema de CLEMENTS (1929). Na visão oposta, GLEASON (1917, 1926) (botânico americano) e RAMENSKY (1924) (botânico Russo) desenvolveram, independentes um do outro, o conceito individualista, oferecendo assim uma abordagem alternativa. O conceito Gleasoniano, embora aceito por outros ecólogos, somente foi defendido publicamente a partir de 1947 (MCINTOSH, 1995).

GLEASON (1926) reconheceu que embora houvesse interação entre as espécies, elas não eram coesas o suficiente para manter uma estrutura organizada e interdependente, sendo as comunidades formadas por um *pool* de espécies independentes, negando portanto, a existência de unidades fundamentais objetivamente identificáveis. A composição da comunidade seria determinada pelo meio ambiente através da limitação das possibilidades de colonização, reprodução, crescimento e sobrevivência. Desta forma, a presença ou ausência de um certo grupo taxonômico seria resultado do processo de colonização aleatório (REICE, 1994).

Desde a publicação de FORBES (1880) (*apud* MCINTOSH, 1995), passando por CLEMENTS (1929, 1936), ELTON (1927) e CLEMENTS & SHELFORD (1939), até a abertura da discussão em 1947, argumentava-se que os animais não eram meros agrupamentos, consolidando o paradigma de comunidades discretas. Cabe lembrar que tais conceitos se sustentam na teoria de equilíbrio dinâmico, onde após algum evento de desestruturação da comunidade, os elementos do sistema retornariam ao equilíbrio ou estado anterior, estando, portanto, a composição total das espécies e sua abundância relativa em *steady state* como resultado das interações bióticas entre seus membros.

Com base nesses pontos de vista, cada visão ficou conhecida como escola organísmica e individualista, passando a predizer que características as comunidades apresentariam quanto ao padrão estrutural, sucessão, interações biológicas e propriedades quanto ao equilíbrio.

Para entendermos melhor as proposições de cada escola, apresentamos no Quadro 1, algumas de suas previsões para ecossistemas de rios, segundo LAKE & BARMUTA (1986).

Quadro 1

Propriedades das comunidades em equilíbrio (Escola organísmica) e não-equilíbrio (Escola Individualista)

CARACTERÍSTICAS	ESCOLA ORGANÍSMICA	ESCOLA INDIVIDUALISTA
Padrão de comunidade	As comunidades podem estar delimitadas dentro de um espaço discreto e em unidades funcionalmente independentes, resultando em zonas ao longo do rio ou em unidades de habitats sujeitas à auto-regulação biológica	As comunidades exibem mudanças contínuas ao longo do gradiente, as comunidades podem ser distinguidas porém, são usualmente por conveniência
Sucessão	Biologicamente facilitada pelos membros da comunidade, resultando em um clímax auto-perpetuante	Qualquer mecanismo pode operar
Interações biológicas	Populações seriam intimamente interdependentes; freqüentemente determinadas por umas poucas espécies dominantes	As interações biológicas podem ou não ser importantes para manutenção da estrutura da comunidade
Propriedades quanto ao equilíbrio	Espécies altamente interdependentes, predominam os processos de competição, predação e parasitismo	Espécies relativamente independentes uma das outras
	Padrões previsíveis temporalmente	Padrões imprevisíveis temporalmente
	Populações dependentes de densidade reguladas pela disponibilidade de recursos	Populações são independentes de densidade, reguladas por fatores abióticos
	A estrutura da comunidade não é afetada por eventos imprevisíveis	Os eventos imprevisíveis afetam a estrutura da comunidade
	Saturada em termos de ocupação dos nichos ecológicos disponíveis	Insaturadas em termos da ocupação dos nichos disponíveis
	Alta resistência às mudanças ambientais	Baixa resistência às mudanças ambientais
	Alta recuperação após o distúrbio	Baixa recuperação após o distúrbio

Uma das conseqüências mais evidentes da discussão entre as duas escolas foi a contradição sobre as idéias de distribuição espacial das espécies. Enquanto a escola organísmica defendia a posição de comunidades discretas, o conceito individualista estimulou, na década de 1950, as idéias de contínuo e gradiente, onde a ocorrência de descontinuidade na comunidade seria explicada em termos de mudanças abruptas nas variáveis do hábitat mais do que por auto-regulação biológica.

Os estudos sobre gradientes de vegetação marcaram o início do conceito de contínuo (CURTIS & MCINTOSH, 1951; CURTIS, 1959; MCINTOSH, 1958). O conceito de contínuo, interpretado como a mudança na composição de espécies ao longo do gradiente ambiental, originou uma visão contrária da teoria "comunidade-unidade", a qual estabelece que as comunidades são unidades naturais de populações de espécies que co-evoluem formando unidades homogêneas, discretas e reconhecíveis (AUSTIN, 1985).

As décadas de 1950, 1960 e 1970 foram marcadas pelo desenvolvimento de hipóteses sobre as idéias individualistas em muitos grupos de animais.

Resumidamente, podemos dizer que as idéias do contínuo foram bem aceitas para a maioria dos grupos testados. Por exemplo, os ecólogos de invertebrados assumem que há uma carência de integração interespecífica na organização das comunidades (COLE, 1946; MACFAYDEN, 1963; LEVANDOWSKY, 1972). Estudos em vertebrados, tais como os de WILBUR (1972) para anfíbios, SALE & DYBDAHL (1975) para peixes de recifes de coral, argumentaram que o modelo clássico de uma unidade de comunidade organizada não pode ser explicado em tais grupos (REICE, 1994).

Em paralelo aos estudos das hipóteses Gleasonianas, produzidos nas décadas de 1960 e 1970, os teóricos em ecologia de populações, centrados em suas idéias de competição como principal regulador na organização das comunidades (HUTCHINSON, 1957; MACARTHUR, 1958; LEWONTIN, 1969; DIAMOND, 1975; MAY, 1976a), retomaram a abordagem de CLEMENTS (1929), enfatizando equilíbrio, constância, homogeneidade e previsibilidade. Com base no suporte teórico matemático, e no conceito de nicho, divisão de

recursos e deslocamento de caracteres, tais autores sedimentaram as idéias do que ficou conhecido como “Nova Ecologia”.

Os defensores desse modelo argumentavam que a ecologia se transformara em uma ciência estruturada e preditiva, combinando a força das teorias quantitativas e o reconhecimento de amplos padrões na natureza.

Com todo o reforço dado com os estudos que indicam o controle biótico sobre a estrutura da comunidade, ressurgiu a idéia de comunidade organísmica.

Na década de 1980 a controvérsia continuou, com alguns estudos indicando que as forças determinísticas eram as principais reguladoras da organização estrutural das comunidades, enquanto outros defendiam que eram as forças estocásticas produzidas por perturbações abióticas.

Recentemente, a teoria de não-equilíbrio ressurgiu sendo corroborada com base nos fundamentos e nas teorias do distúrbio e da dinâmica de manchas. Em essência, tais teorias atribuem a alta diversidade de espécies, bem como toda a organização estrutural da comunidade, às condições de não-equilíbrio produzidas pelas interações da heterogeneidade do ambiente físico-químico e eventos de distúrbios e recrutamento (REICE, 1994).

Segundo PETRAITIS *et al.* (1989), na literatura ecológica, o termo distúrbio é definido como qualquer evento relativamente discreto no tempo, capaz de provocar uma disruptura no ecossistema, na estrutura da comunidade ou na população. Apenas para ilustrar como os conceitos da teoria do distúrbio e dinâmica de manchas são importantes para a formulação das idéias sobre a organização estrutural dos ecossistemas, podemos dizer que o distúrbio é o principal mecanismo independente de densidade, atuante na redução das populações, criando oportunidade para a colonização por novas espécies. A colonização, por sua vez, pode transformar a estrutura etária da população, mudando assim, as interações ocorridas dentro da comunidade (REICE, 1994).

A teoria do distúrbio auxilia no entendimento de como as comunidades são estruturadas com base nos conceitos do caos determinístico. Isto é, segundo esta teoria, as comunidades

sofrem freqüentemente os efeitos de algum tipo de distúrbio. No momento que a comunidade está sendo observada, o estado de organização encontrado dependerá das condições iniciais estabelecidas após o último distúrbio. Deste modo, dependendo das condições iniciais, as comunidades irão se organizar em diferentes estruturas. No entanto, como podemos observar, na natureza existem padrões identificáveis. Portanto, as comunidades não se organizariam apenas de forma aleatória, mas também obedeceriam a certas regras do caos, o que é conhecido como caos determinístico.

O entendimento do comportamento das comunidades biológicas regidas pela teoria do caos, depende de observações de longa duração. Uma vez que o acompanhamento seqüencial de populações ou comunidades em campo são raros, uma formulação mais elaborada sobre a organização das comunidades de rios regidas por este conceito ainda não é possível de ser plenamente testada. Desta forma, até o momento a base científica para a formulação de conceitos testáveis sobre o funcionamento dos ecossistemas de rios, restringe-se à análise do conjunto dos conceitos produzidos pelas teorias de equilíbrio dinâmico e do não equilíbrio. Estas em suas bases fundamentais consideram como fatores reguladores, eventos determinísticos de origem biótica e fenômenos estocásticos de origem abiótica como os responsáveis principais pela organização das comunidades.

DRAKE (1990b, 1991) estabelece os fundamentos de uma teoria geral de organização de comunidades. As comunidades variam desde sua concepção determinística, integrada e orgânica até as organizadas por processos estocásticos e individualistas. A distribuição das espécies, postula-se é influenciada pelo gradiente de características físico-químicas que atuam como um filtro para as espécies, além de sofrer também os mecanismos de agrupamento influenciados pelos processos bióticos.

1.2. OS RIOS COMO ECOSSISTEMAS

Como colocado anteriormente nos apontamentos sobre comunidades, no início do século, alguns limnólogos interessados nos estudos dos sistemas lóticos acreditavam que os rios pudessem ser subdivididos longitudinalmente em zonas discretas, caracterizadas por uma particular homogeneidade das comunidades de organismos e governadas por características físicas, tais como, distância da fonte, inclinação, profundidade e tipo de substrato. No entanto, reconheciam a importância dos processos de interação biótica dentro das zonas. Tal conceito de comunidade ficou conhecido como "biotipologia de rios" (THIENEMANN, 1912; CLEMENT & SHELFORD, 1939). A adoção desta teoria cíclica e descritiva foi conduzida até a década de 1950, a partir da qual os conceitos foram gradualmente mudando para um princípio de equilíbrio dinâmico. Assim, o rio passou a ser considerado um sistema aberto (LEOPOLD & MADDOCK, 1953), voltando-se o interesse mais para uma visão sinecológica em detrimento daquela autoecológica.

Uma visão mais abrangente dos ecossistemas de rios começou a mudar no final da década de 1950 com os trabalhos de ODUM (1957) e MARGALEF (1960), que passaram a visualizar o rio não apenas como um canal de escoamento das águas pluviais, cuja comunidade estaria adaptada aos recursos disponíveis dentro de um sistema fechado e interagindo no local. Tais autores passaram a considerar que a estrutura e a função das comunidades apresentavam uma forte ligação com o meio terrestre adjacente, com a transferência de energia de um meio para o outro. No entanto, foi a partir de um grupo de pesquisadores norte-americanos (EUA), no final da década de 1970, que se consolidou a visão sintética dos ecossistemas de rios, através do conceito de contínuo fluvial, o qual enfatiza a ligação dos processos geomorfológicos, estrutura física do canal e ciclos hidrológicos aos padrões de estrutura e função das comunidades.

Nossa visão atual de estrutura e função dos ecossistemas de rios é baseada primariamente sobre dois modelos: (1) Conceito de Continuidade de Rios, (CCR) (VANNOTE

et al., 1980) e seus corolários; Conceito da Descontinuidade Serial (CDS) (WARD & STANDORD, 1983), no qual integra os efeitos de grandes represas e reservatórios ao CCR; e (2) Conceito de Pulso de Inundação (CPI), para sistema de rios de planícies inundáveis (JUNK *et al.* 1989) e suas relações com o CCR (SEDELL *et al.* 1989).

Passaremos agora a tratar, em menores detalhes, cada um dos conceitos, em particular do CCR.

1.2.1. CONCEITO DE CONTINUIDADE DE RIOS (VANNOTE *et al.* 1980)

O Conceito de Continuidade de Rios define um padrão para os sistemas lóticos naturais de forma que os rios possam ser comparados.

De acordo com VANNOTE *et al.* (1980), na idéia central do CCR, as comunidades biológicas se estabelecem segundo a forma aproximada das condições de equilíbrio físico do rio, das cabeceiras em direção à sua foz. Tal analogia foi estabelecida a partir dos conceitos sobre geomorfologia elaborados por LEOPOLD & MADDOCK (1953) os quais descreveram o ajustamento nas relações entre largura, profundidade, velocidade e transporte de sedimento ao longo do rio.

O equilíbrio geomorfológico fluvial é atingido através do balanço entre as energias potencial e cinética, onde a quantidade de água que passa por determinado trecho do rio e a resistência do leito, promoveriam uma auto-regulação entre os elementos do sistema, de forma que, as variáveis largura, profundidade e velocidade aumentariam como pequenas funções exponenciais positivas da vazão. Tais relações conduziriam o rio a um equilíbrio dinâmico ao longo de seu perfil longitudinal. Em outras palavras, na medida em que a energia potencial opera aumentando a erosão do rio, há um aumento da energia cinética através do aumento da velocidade da água devido ao aumento do declive. Simultaneamente, ocorre um processo de sedimentação, promovendo um equilíbrio entre ambas as energias.

O CCR define o sistema fluvial como uma série contínua do gradiente físico e um ajustamento da biota associada, com o rio sendo visto como um sistema ligado longitudinalmente, no qual os processos do ecossistema nas áreas rio abaixo dependeriam

dos processos acontecidos rio acima. Assim sendo, as estratégias biológicas e a dinâmica dos sistemas de rios requerem considerações do gradiente físico formado pela bacia de drenagem, onde a entrada de energia e o uso da matéria orgânica pelas categorias funcionais tróficas (CFTs) dos macroinvertebrados deveriam ser reguladas amplamente pelos processos geomorfológicos fluviais. Deste modo, as características estruturais e funcionais das comunidades dos rios estariam sendo ajustadas conforme a posição mais provável do equilíbrio do sistema físico. Assim, o rio formaria um gradiente ao longo do perfil longitudinal, permitindo o reconhecimento de zonas, diferentes porém daquelas zonas discretas defendidas pelos biotipologistas, pois segundo o CCR, haveria um percentual previsível de dominância entre os grupamentos de alimentação funcional para determinado trecho, de acordo com o tamanho do rio.

A formulação do CCR baseou-se na ligação dos processos geomorfológicos fluviais, estrutura física do canal e ciclo hidrológico com a carga e transporte da matéria orgânica ao longo do rio.

O primeiro passo para integrar essas variáveis foi estabelecer as ligações entre o rio e o meio terrestre adjacente. Na formulação do CCR, VANNOTE *et al.* (1980) aproveitaram os estudos de ILLIES (1961) e ROSS (1963), que já haviam observado a semelhança da fauna de macroinvertebrados entre biomas diferentes, mas que mantinham características climáticas e de vegetação semelhantes. HYNES (1970; 1975) chama a atenção para a importância do detrito alóctone terrestre para a dinâmica dos rios.

Uma vez reconhecida a importância da matéria orgânica de origem terrestre e a autóctone, como fonte de energia na forma de carbono, procurou-se compreender como esses materiais ciclavam dentro do ecossistema fluvial. O ponto de partida para o entendimento do processo de ciclagem se deu com o trabalho de WEBSTER (1975), no qual o autor conclui que os nutrientes no rio não completam seu ciclo no local onde ocorrem, completando-se somente após deslocados rio abaixo, reconhecendo uma relação entre transporte e ciclagem, fenômeno denominado de *spiraling*. WEBSTER (1975) sugeriu ainda que a habilidade do rio em utilizar

os nutrientes está associada à magnitude da "espiral", isto é, à capacidade que o rio tem de reter a matéria orgânica e processá-la no menor trecho e menor período de tempo possíveis.

O papel das comunidades bentônicas e sua influência sobre o processamento da matéria orgânica nos rios foram verificados por WALLACE *et al.* (1982), demonstrando que uma redução na fauna de insetos pode reduzir a quebra, utilização e subsequente transporte rio abaixo da matéria orgânica, aumentando a "espiral". Tal observação indicou o papel dos consumidores como sendo essencial na regulação do fluxo de energia e ciclagem dos nutrientes. Conseqüentemente, a junção do conceito de espiralação de nutrientes com o CCR, serviu para visualizar definitivamente o rio como um contínuo, deixando de lado a visão de segmentos discretos dos biotipologistas.

Como colocado acima, o CCR hipotetiza que as características funcionais e estruturais das comunidades distribuídas ao longo do gradiente do rio são selecionadas conforme a posição mais ajustada ao meio físico. Assim sendo, o CCR considera a classificação dos invertebrados bentônicos dentro de grupamentos de alimentação funcional (guildas) como um atributo fundamental.

Segundo CUMMINS (1974), os invertebrados bentônicos de água doce podem ser divididos, independentes de sua posição taxonômica dentro de grupos que utilizam a mesma classe de recursos alimentares (Quadro 2). Neste sentido, as comunidades são vistas como consistindo de diferentes proporções de grupos de alimentação funcional.

Quadro 2

Características gerais da matéria orgânica bentônica que serve de alimento para os invertebrados de rios (Modificado de CUMMINS & KLUG, 1979)

CATEGORIA ALIMENTAR	LIMITE DO DIÂMETRO DA PARTÍCULA	DESCRIÇÃO
Detritos(matéria orgânica particulada, MOP)	> 0,5 μ m	matéria orgânica morta (primariamente tecido vegetal vascular)
MOPB (matéria orgânica particulada bruta)	> 1mm	folhas, flores, frutos, gravetos, raízes, ramos, caules etc.
MOPF (matéria orgânica particulada fina)	< 1mm > 50 μ m	fragmentos de partes vegetais, fezes de invertebrados (derivada da zona ribeirinha), material amorfo derivado da matéria orgânica dissolvida (MOD)
MOUF (matéria orgânica ultrafina)	< 50 μ m > 0,5 μ m	partículas fragmentadas da MOPF, material floculado da MOD, partículas de silte com filme orgânico adsorvido.

Baseado em considerações sobre o tamanho dos rios, o CCR proporciona algumas hipóteses testáveis:

PRODUTIVIDADE

1. Os rios, nos trechos superiores (rítion superior), correspondentes aos trechos de 1ª a 2ª ordem, geralmente são estreitos e sofrem uma forte influência da vegetação adjacente, o que impede a passagem de luz, levando à baixa produtividade primária autóctone e havendo, portanto, o predomínio da fonte alóctone de energia, originária de folhas e ramos (MOPB). O sistema seria heterotrófico neste ponto, havendo uma razão entre produção (P) e respiração (R) menor do que 1 ($P:R < 1$) (Fig.1).

2. Nos trechos médios dos rios, correspondendo aos trechos de 3ª a 5ª ordem, ocorre maior incidência de luz provocando aumento no crescimento de perifíton, redução na entrada de material alóctone, além do trecho ficar relativamente livre de sedimento e com uma moderada velocidade da água, resultando em uma razão entre P e R maior do que 1 ($P:R > 1$), tornando o sistema autotrófico (Fig.1).

3. Nos trechos inferiores dos grandes rios, acima de 6ª ordem, com o aumento da profundidade e aumento da turbidez, são criadas limitações para penetração da luz. Conseqüentemente reduz-se a produtividade primária, passando a matéria orgânica particulada fina (MOPF) e a matéria orgânica particulada ultrafina (MOPUF), importadas dos trechos superiores a serem as principais fontes de energia. O sistema reverteria novamente para um estado heterotrófico com a razão entre Produção e Respiração menor do que 1 ($P:R < 1$) (Fig.1).

COMUNIDADES BENTÔNICAS

Em resposta às condições acima, o CCR prediz que a comunidade de invertebrados nos trechos superiores, será dominada por fragmentadores e coletores, os quais processariam parcialmente a matéria orgânica para os raspadores e coletores dos trechos médios e para os coletores nos trechos inferiores (Fig.1).

DIVERSIDADE BIÓTICA

A diversidade biótica ao longo do gradiente longitudinal responderia previsivelmente às influências ambientais como a amplitude das temperaturas diárias (ΔT). Assim, nos rios de cabeceira, o suprimento das águas subterrâneas por infiltração e a proteção das copas das árvores proporcionariam uma baixa amplitude da temperatura. As comunidades deste trecho seriam compostas por espécies adaptadas a um estreito limite de temperatura (estenotérmicas). O pico de diversidade biótica seria alcançado no trecho de rio médio (3ª a 5ª ordem), refletido pela maior amplitude de temperatura diária. Nas ordens superiores à 6ª, a variação da temperatura diária seria menor, devido à inércia térmica das grandes massas d'água e a diversidade seria correspondentemente reduzida (Fig. 2). Outros fatores, tais como, vegetação ribeirinha, substrato, alimento e velocidade da água também afetam a diversidade.

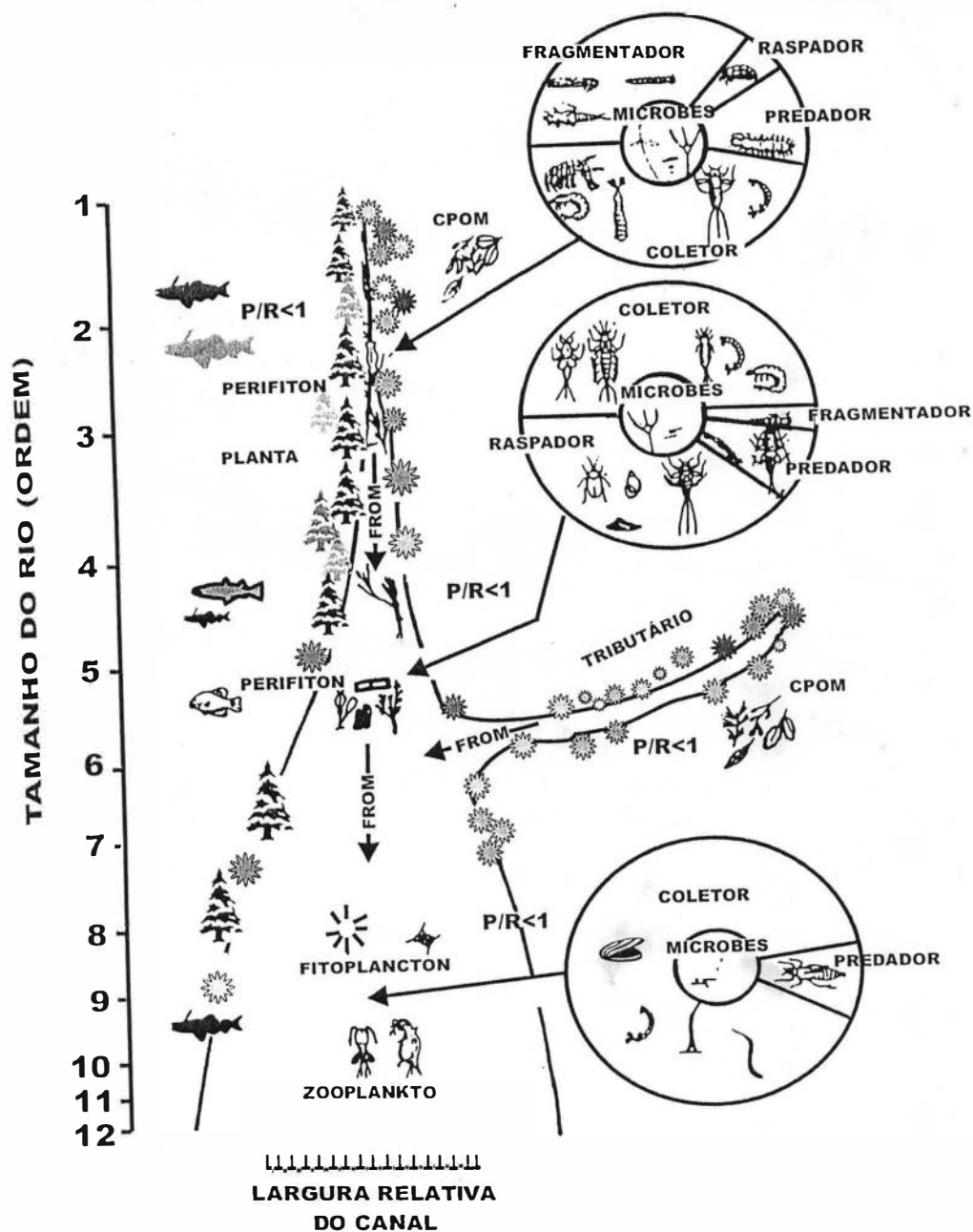


Figura 1. Propostas de relações entre tamanho de rio e mudança progressiva nos atributos funcionais das comunidades lóticis conforme predito pelo Conceito de Continuidade de Rios (VANNOTE *et al.* 1980).

PADRÃO DE ENTROPIA

As comunidades biológicas, na maioria dos habitats, formam uma seqüência temporal de espécies que são sincronicamente substituídas. Este fato distribuiria a utilização de energia durante o tempo. Os indivíduos de uma espécie irão explorar os recursos disponíveis tão eficientemente quanto possível. Desta forma, o sistema biológico tenderá a maximizar o consumo de energia, resultando em um processo de utilização de energia uniforme durante o tempo.

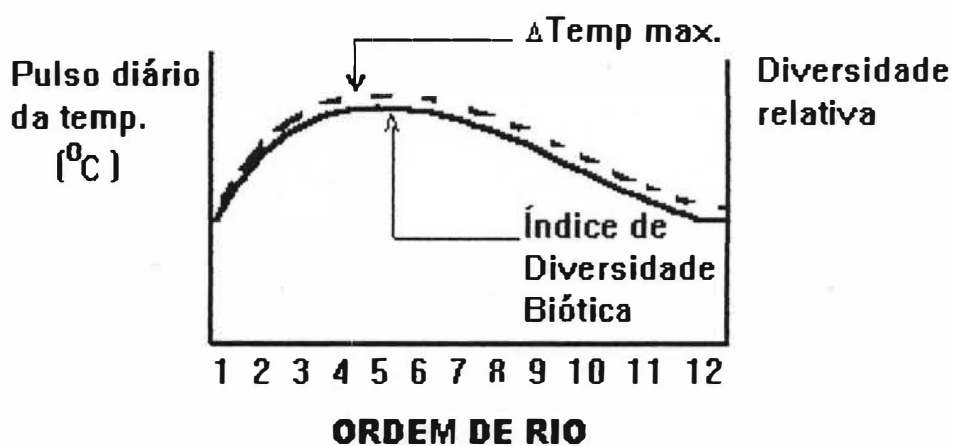


Figura 2. Relação entre pulso diário na temperatura da água e diversidade biológica relativa conforme predito pelo Conceito de Continuidade de Rios (CCR).- Δ Temp max. - Pulso máximo de temperatura diária.

1.2.2. CONCEITO DA DESCONTINUIDADE SERIAL (WARD & STANFORD, 1983)

O CCR trata especificamente das características do ecossistema de rio como variação do contínuo. A contribuição de WARD & STANFORD (1983) foi a de prever os efeitos dos represamentos naturais ou artificiais, inserindo a idéia de distância de descontinuidade, definida como as mudanças sofridas ao longo do contínuo causadas pelo represamento.

Outros autores, antes de WARD & STANFORD (1983), já reconheciam as conseqüências decorrentes do represamento sobre a ecologia dos rios (HYNES, 1975; CHUTTER, 1973), as quais, incluíam o aumento da produção de plâncton, precipitação do sedimento resultando em assoreamento rio abaixo, redução da flutuação da temperatura, alterações no regime de fluxo e na química da água, mudanças na zona hiporréica e migração de peixes.

Assim sendo, o que estes autores acrescentaram ao conhecimento já estabelecido, foi o de prever a que distância após o represamento do rio os parâmetros retornariam às características encontradas a montante do represamento. Por exemplo, a variação anual de temperatura abaixo da represa praticamente não sofreria nenhuma conseqüência se o represamento fosse localizado entre trechos de rio de 1ª a 3ª ordens, enquanto que se localizado entre os trecho de rio de 4ª a 6ª ordens, haveria uma diminuição da variação da temperatura, somente a partir da 9ª ordem. Algumas mudanças relativas para diferentes parâmetros causados por represamentos, em diferentes partes dos rios, como predito, são apresentadas na Figura 3.

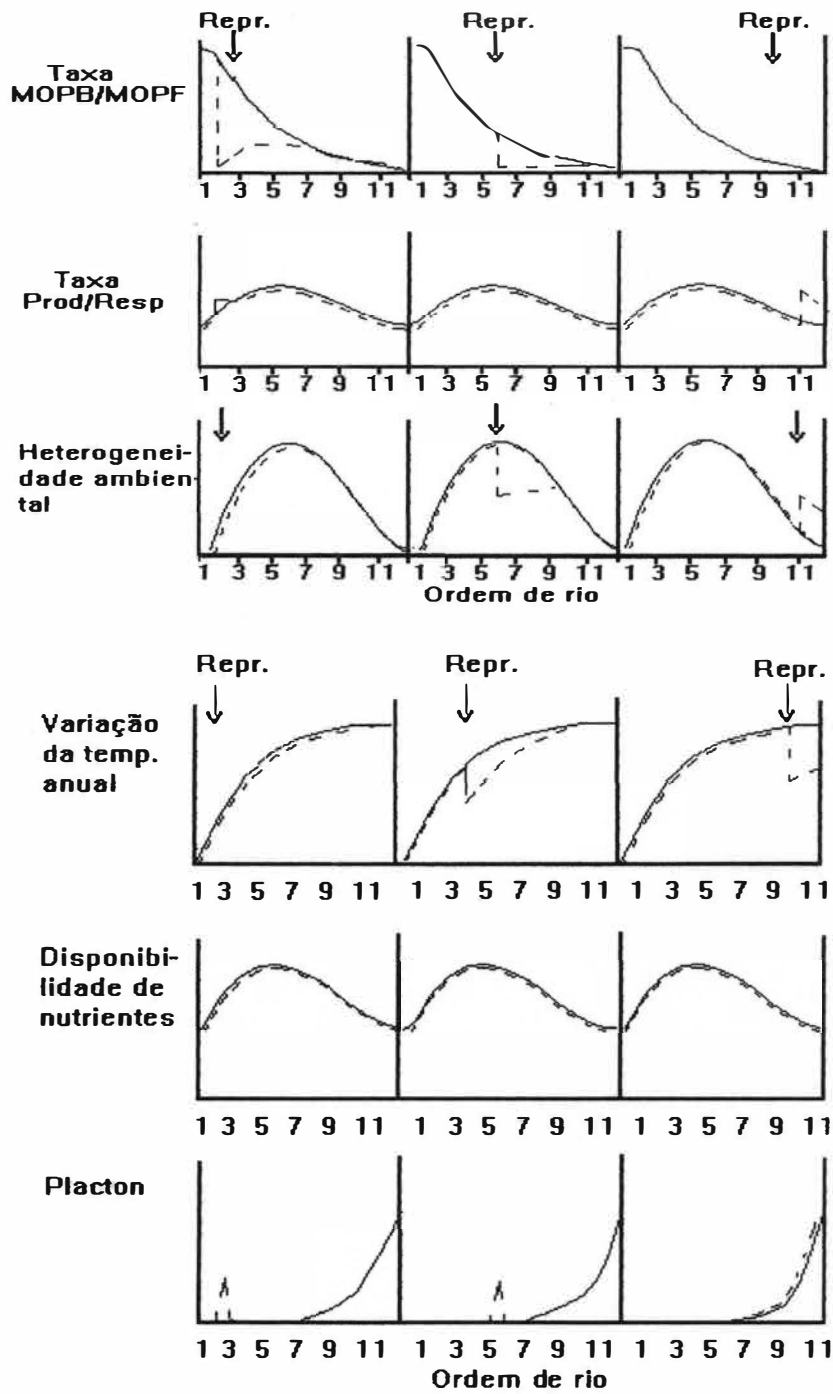


Figura 3. Mudanças relativas para diferentes parâmetros causados por represamento em diferentes partes de sistemas de rios, como predito por WARD & STANFORD (1983). Repr. - Represamento (Modificado de ALLANSON, *et al.* 1990).

1.2.3. CONCEITO DE PULSO DE INUNDAÇÃO (JUNK *et al.* 1989)

Foi a partir do trabalho realizado por JUNK (1982), sobre rios das planícies inundáveis da bacia do Amazonas, que começou a amadurecer a idéia do conceito de pulso. Porém, somente em 1989 o conceito foi definido (JUNK *et al.* 1989).

O modelo do CCR, além de não fazer previsões claras a respeito do comportamento dos grandes rios sujeitos a inundações, acentua o papel dos nutrientes derivados dos processos nos trechos de cabeceiras, ignorando virtualmente a contribuição da produção primária autóctone. Assim sendo, o CCR assume: 1) que a maior parte da MOPF é produzida nos processos rio acima, com a MOPF sendo a principal fonte de carbono orgânico que mantém a cadeia alimentar nos grandes rios; 2) a entrada de material orgânico particulado (MOPB) das regiões adjacentes é insignificante, razão direta da largura do rio; 3) a produtividade primária seria muito limitada pela turbidez e pela profundidade.

Desta forma, o CCR trata os grandes rios como ecossistemas dependentes da ineficiência no processamento da matéria orgânica nos trechos rio acima, sendo esta de baixa qualidade, com pouco conteúdo de nutrientes, restando apenas compostos com alto peso molecular (THORP, 1994). Tais características conduziriam a uma comunidade dominada por coletores-filtradores na coluna d'água e coletores-catadores junto ao sedimento.

SEDELL *et al.* (1989) argumentam que grandes rios que correm restritos em sua calha, poderiam seguir os padrões preditos pelo CCR, porém não se comportando como um contínuo, mas apresentando uma seqüência de manchas de tamanhos e larguras variadas.

O conceito de pulso propõe que alterações longas e previsíveis na descarga dos rios, formando um regime hidrológico que possibilita a inundação de grandes áreas de planícies, formariam o principal mecanismo controlador da biota, ao longo da planície inundada dos grandes rios. Assim, a fonte de carbono alóctone, produzida na planície inundada, seria a principal fonte de matéria orgânica e não os nutrientes processados rio acima. A disponibilidade de MO para a biota dependeria do tipo e densidade da vegetação sujeita à inundação e o tempo e freqüência dos pulsos de inundação.

Apesar das controvérsias, fica claro que existem dois tipos de comportamento para os grandes rios, os restritos a sua calha e os que sofrem inundações periódicas de suas planícies. No entanto, durante a vazante, os rios sujeitos a inundações não se comportariam de acordo com as previsões da CCR. Na tentativa de compreender e modelar tais ecossistemas, THORP (1994) propõe um novo modelo (modelo de produtividade ribeirinha - MPR), no qual considera que uma substancial porção do carbono orgânico assimilado pelos animais é derivado de uma combinação da produtividade autóctone local, através do fitoplâncton, algas bentônicas, plantas aquáticas vasculares e musgos e da entrada de material orgânico proveniente da queda de folhas e galhos da vegetação ribeirinha.

Embora o MPR não despreze o material orgânico proveniente dos processos rio acima, THORP (1994) argumenta que esta fonte de carbono não é bem assimilada na cadeia alimentar e que o material orgânico produzido no local é proporcionalmente mais importante por ser de maior valor nutritivo para os consumidores. Assim sendo, o MPR propõe algumas previsões: 1) a composição da comunidade e a produtividade secundária irão diferir entre locais dentro de um grande rio, em resposta às características físicas de cada hábitat e o tipo de matéria orgânica presente; 2) os organismos estabelecidos em cada hábitat dependerão da matéria orgânica, ou produzida dentro do próprio rio, ou oriunda da vegetação ribeirinha, ou da MOP transportada rio abaixo.

NESSIMIAN *et al.* (no prelo), avaliaram algumas das previsões do CPI no arquipélago de Anavilhanas, no baixo rio Negro, AM. Os resultados indicam que o igapó é uma parte integrante do rio e prove energia para manter sua biota, independente do material derivado dos processos rio acima. A curva de biomassa e da diversidade dos macroinvertebrados ao longo do ano se ajustam ao predito pelo CPI, isto é, alta diversidade as margens do igapó durante o período de subida d'água com a estrutura funcional da fauna apresentando um gradiente transversal em relação ao corpo d'água principal.

1.3. OBJETIVO GERAL

O estudo tem como objetivo mais amplo contribuir para o entendimento da organização espacial e temporal em nível local e no gradiente longitudinal das comunidades de insetos aquáticos dos rios que percorrem a serra do Mar, sob o domínio da Mata Atlântica. Em cada capítulo serão pormenorizados os objetivos específicos.

1.4. DESCRIÇÃO ECOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

Os limites e a definição de Mata Atlântica não são consensuais entre fitogeógrafos e botânicos. A denominação mais comum, considerando a extensão da vegetação nos tempos pré-coloniais, restringe-se às florestas densas que ocorriam ao longo do litoral, do Nordeste ao Rio Grande do Sul (JOLY, 1970).

No entanto, outros admitem que ela abranja também as florestas caducifólias e semicaducifólias existentes em maior extensão nas regiões Sul e Sudeste.

CÂMARA (1991) menciona uma Floresta Atlântica constituída de um complexo vegetacional abrangendo uma área principal sobre as serras do Mar e Mantiqueira com extensões no Nordeste e expandindo-se para o interior até a Argentina.

Um fato é certo: Devido à sua extensa degradação após quinhentos anos de colonização e exploração, a maior parte dos remanescentes da floresta original é agora encontrada somente nas íngremes escarpas da cadeia da Serra do Mar de frente para o Oceano Atlântico, restando muito pouco da exuberante floresta do interior e da baixada litorânea.

A área abrangida pela Mata Atlântica inclui a maior parte da bacia do Paraná, parcelas das do São Francisco e do Uruguai, as bacias do Sudeste e parte da do Nordeste, englobando numerosos rios independentes entre si, grandes e pequenos, proporcionando a existência de uma rica fauna aquática endêmica.

Na quase totalidade, os rios da Mata Atlântica encontram-se em condições ambientais amplamente alteradas devido à redução de suas matas ribeirinhas, erosão, assoreamento,

poluição dos mais diversos tipos e represamentos, gerando, assim, profundos reflexos sobre a biota aquática.

Além da grande heterogeneidade desta imensa floresta, ainda encontram-se associados dentro de seus limites, encaves de campo, cerrados, campos de altitude, vegetação de restingas e manguezais. Esta diversidade tem, como consequência, a formação de uma biota aquática característica.

A área de estudo compreende a bacia do rio Macaé, no Estado do Rio de Janeiro. A região apresenta grande riqueza de ambientes, desde florestas de baixada e serrana em diversos estados de preservação, pastagens e culturas agrícolas. O mesmo ocorre com relação aos corpos d'água com uma grande malha de rios e brejos adjacentes, também apresentando diversos graus de conservação.

O rio Macaé é um rio de tamanho médio (6ª ordem na foz), com cerca de 110 Km de extensão, situado na vertente litorânea da Serra do Mar; percorre os municípios de Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé, estando localizado entre os paralelos 22°21' e 22°28' de latitude S e os meridianos 42°27' e 42°35' de longitude W (Fig.4).

Devido às condições geomorfológicas da região, a bacia do rio Macaé apresenta alta densidade de afluentes (magnitude mínima 1628), sendo os principais tributários o rio Bonito, o rio das Flores, o rio Sana e o rio São Pedro. Os rios são formados por leitos pedregosos, encaixados em falhas e fraturas, e correm em acentuada declividade na direção SW-NE.

O clima da região é do tipo mesotérmico sempre úmido, com cerca de 1.500 a 2.000 mm de pluviosidade média anual, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos, e julho e agosto os meses mais secos. Essa marcante estacionalidade pluviométrica reflete-se no regime fluvial do rio Macaé. Assim sendo, a região apresenta duas estações distintas: a "estação das águas", mais quente, indo de novembro a abril, e a "estação seca", mais fria, restrita ao período de maio a outubro. A delimitação dos dois períodos pode ser confirmada através dos dados da normal de vazão do rio Macaé entre o período de 1951 a 1993, obtidos das estações fluviométricas no rio Macaé (estação Gaudinópolis) mantidas pelo DENAE (Departamento Nacional de Energia) (Fig.5).

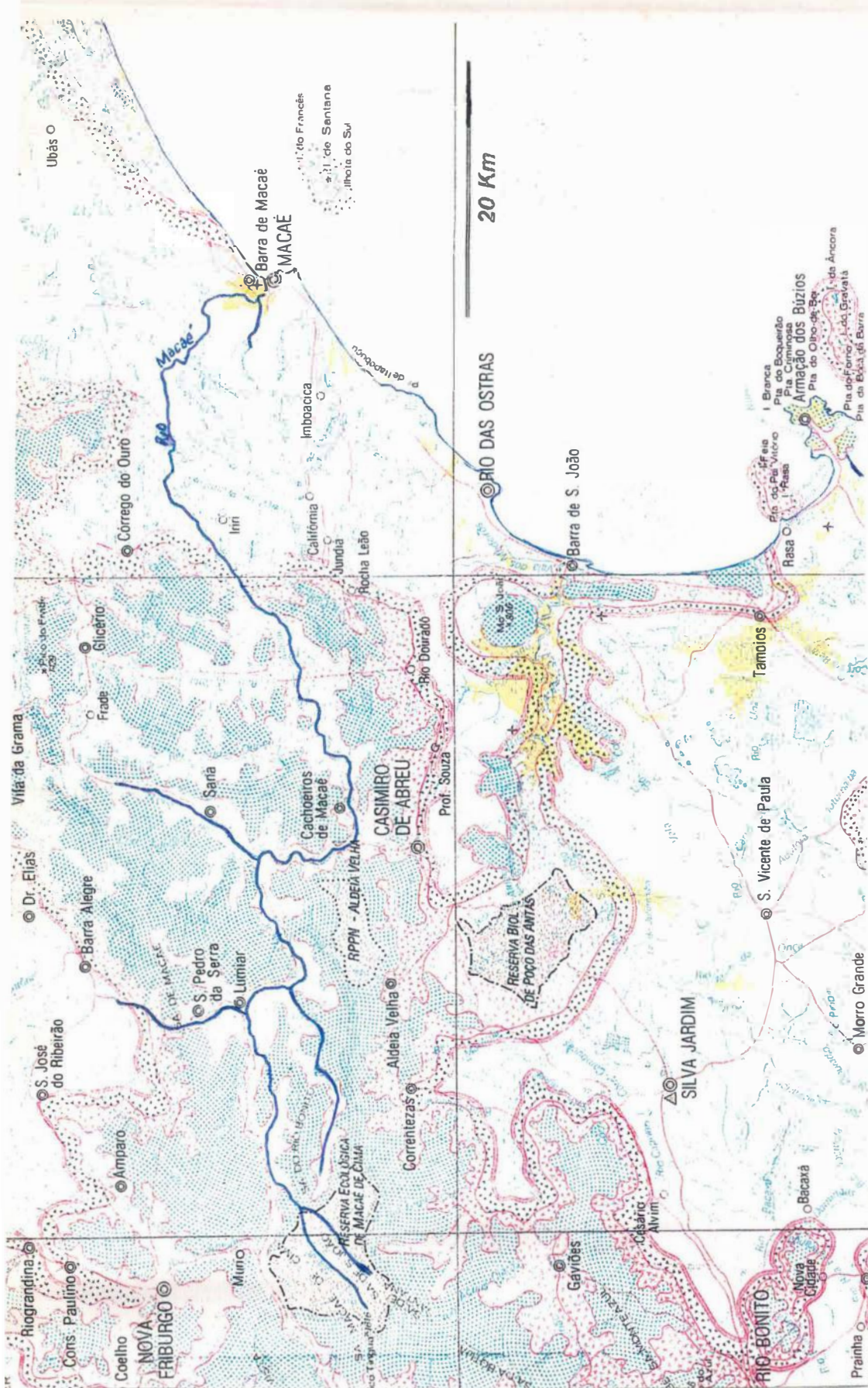


Figura 4. Mapa representando a área ocupada pela bacia do rio Macaé, destacando os remanescentes da Mata Atlântica (Municípios de Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé). Retirado da carta "Reserva da Biosfera da Mata Atlântica 1994" IEF.

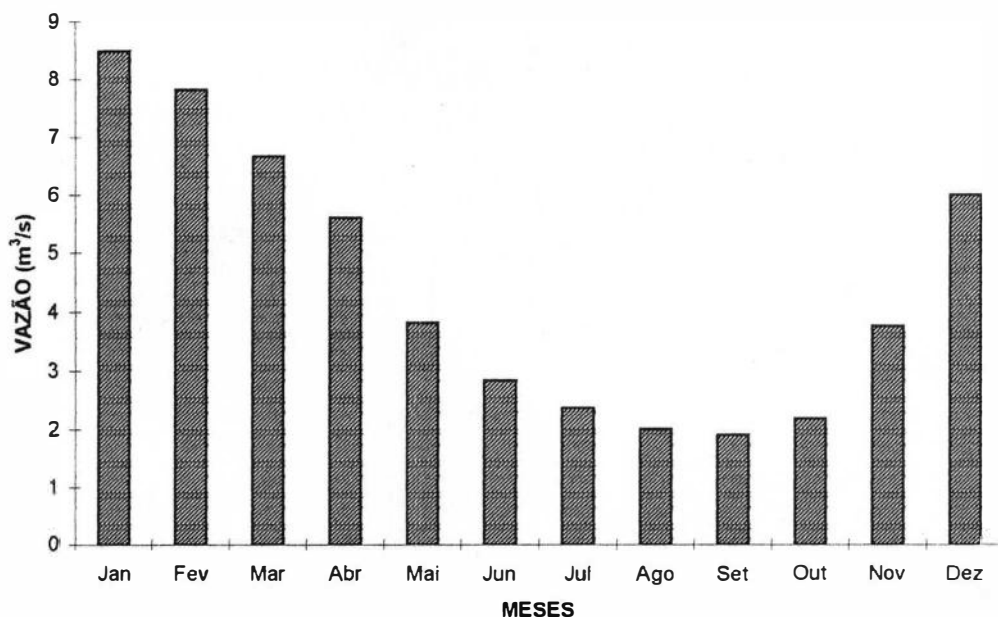


Figura 5- Normais de vazão $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do rio Macaé (estação Gaudinópolis), no período entre 1951 e 1993.

Em seu trecho superior, o rio Macaé e seus tributários estão em excelente estado de preservação, correndo em áreas de cobertura vegetal original (Fig.6). No trecho médio, entre o distrito de Lumiar (Nova Friburgo) e Casimiro de Abreu, ocorrem os primeiros sinais nítidos de alteração ambiental, onde podem ser observadas áreas desmatadas para pastagens, agricultura de pequena escala e represamentos, abrangendo parte de suas seções ritral (Fig.7) e potamal superior (Fig.8). A figura 9 representa um trecho de 5ª ordem do rio Bonito, maior tributário do rio Macaé. A zona meândrica do rio, que corresponde à sua área de inundação, foi retificada até próximo à cidade de Macaé (Fig.10, 11, 12 e 13).

Considerando o bom estado de preservação em que se encontram os distintos trechos de rios da bacia do rio Macaé, este complexo apresenta-se como excelente modelo para estudos representativos dos ecossistemas de rios característicos da Mata Atlântica que correm diretamente para o oceano Atlântico. Em particular aos objetivos do presente estudo, a bacia de drenagem do rio Macaé oferece boas condições para avaliação do Conceito de Continuidade de Rios (CCR).



Figura 6. Trecho ritral superior do rio Macaé, município de Nova Friburgo, RJ. Foto Alcimar L. Carvalho.



Figura 7. Trecho ritral médio do rio Macaé, entre o distrito de Lumiar (Nova Friburgo) e Casimiro de Abreu, RJ. Notar os primeiros sinais de alteração ambiental: áreas desmatadas para pastagens e agricultura de pequena escala. Foto Alcimar L. Carvalho.



Figura 8. Trecho potamal superior do rio Sana, próximo à sua junção com o rio Macaé, Município de Macaé, RJ. Foto Alcimar L. Carvalho.



Figura 9. Trecho de rio de 5ª ordem do rio Bonito, maior tributário do rio Macaé. Foto Daniel F. Buss.



Figura 10. Vista aérea do trecho potamal retificado do rio Macaé, a montante da cidade de Macaé, RJ, correspondendo à sua planície de inundação. Notam-se vestígios de seus meandros originais. Foto Rômulo Campos.



Figura 11. Trecho potamal retificado do rio Macaé, a montante da cidade de Macaé, RJ. Foto Alcimar L. Carvalho.



Figura 12. Trecho potamal final do rio Macaé, cruzando a cidade de Macaé, RJ. Foto Rômulo Campos

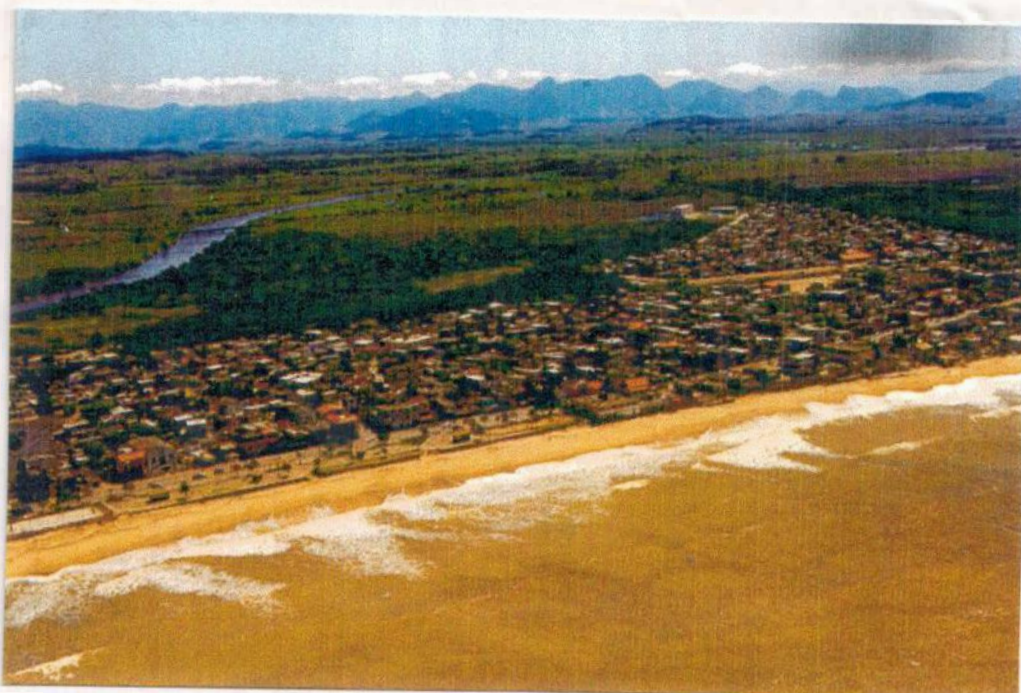


Figura 13. Área litorânea de Macaé, com o rio Macaé passando ao fundo da cidade, próximo à foz. Foto Rômulo Campos.

2. ESTRUTURA E FUNÇÃO DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS NO GRADIENTE LONGITUDINAL DA BACIA DO RIO MACAÉ, RJ

2.1. INTRODUÇÃO

Na visão linear do Conceito de Continuidade de Rios e Conceito de Pulso de Inundação, a organização dos ecossistemas depende de forças que atuam em três dimensões principais: longitudinal (CCR), lateral e temporal (CPI). No entanto, os sistemas lóticos também podem ser visualizados como sistemas organizados hierarquicamente, tanto na dimensão espacial quanto na temporal (MINSHALL, 1988). No sistema hierárquico, os processos ocorridos em larga escala, como por exemplo, os fenômenos climáticos, eventos tectônicos e geológicos, definiriam os níveis superiores de organização, tais como, morfologia da bacia hidrográfica e o *pool* de espécies colonizadoras. Inseridos nesses níveis superiores, estariam contidos níveis inferiores de organização (ex. comunidades bióticas, estrutura do leito do rio, tamanho das partículas do substrato), que, por sua vez, atuariam sobre os processos ainda em menor escala (ex., interações entre as espécies, características de fluxo, microdistribuição entre habitats) (FRISSELL *et al.* 1986).

Entretanto, alguns autores argumentam que a principal controvérsia sobre a ecologia de rios ainda é a questão acerca da natureza das forças que estruturam as comunidades ao longo de seu gradiente longitudinal. Em geral, os ecólogos de rios consideram que a distribuição longitudinal das comunidades está associada à progressiva mudança nos valores de alguns fatores ecológicos principais, tais como, velocidade da corrente, estresse hidráulico, grau de saturação de oxigênio dissolvido, tipo e disponibilidade de substrato, temperatura, recurso alimentar e interação inter e intra-específica (STRATZNER & HIGLER, 1985; VINSON & HANKINS, 1998).

Embora estejamos de acordo que estudos dos sistemas de rios também devam ser realizados considerando múltiplas escalas hierárquicas, nossa metodologia é apropriada

apenas para detectar relações entre variáveis lineares. Assim sendo, procuramos analisar a organização das comunidades dentro do gradiente longitudinal, uma vez que, quase nenhum estudo desse tipo sobre fauna de invertebrados tem sido realizado para América do Sul, considerando um amplo gradiente de altitude, com exceção dos trabalhos de ILLIES (1964, 1969) e DOMINGUEZ & VALDEZ (1992), realizados no Peru e Argentina, respectivamente.

Além disso, em decorrência da carência de conhecimento sobre a organização estrutural das comunidades de insetos aquáticos em rios de Mata Atlântica no sudeste brasileiro, há uma grande dificuldade na distinção entre padrões observados de organização de comunidades causados por distúrbios ambientais de origem antropogênica, daqueles gerados por processos naturais. Este fato representa um obstáculo para a implantação de propostas criteriosas de avaliação, preservação e monitoramento desses ecossistemas, através do uso da biota aquática.

2.2. OBJETIVOS

Este trabalho representa a primeira investigação detalhada sobre a fauna de insetos aquáticos da bacia do rio Macaé (RJ). Portanto, neste capítulo temos como objetivo realizar um estudo sobre a distribuição espacial e temporal das comunidades de insetos aquáticos ao longo do gradiente longitudinal.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS AMOSTRAIS

Foram selecionadas cinco estações de coleta de forma a representar a continuidade do rio, desde a região ritral superior (1ª ordem) até a seção do potamal superior (6ª ordem). Além destas, também foram realizadas amostragens em trechos de 2ª, 4ª e 5ª ordens.

O estudo foi realizado com base na amostragem da fauna de insetos aquáticos em três ocasiões de coleta. A primeira foi realizada no mês de abril de 1995, período correspondente

ao final da estação das águas; a segunda ocorreu no mês de julho/95, época caracterizada como de seca; e a última amostragem ocorrendo em outubro/95, período considerado como início da estação das águas. As visitas às estações de coletas foram realizadas em um período total de 72 horas.

Os dois primeiros pontos de coleta se situam no rio das Flores (tributário do rio Macaé), sendo todos os demais dispostos ao longo do rio Macaé. Ambos apresentam fisionomia muito semelhante, caracterizando-se por floresta em bom estado de preservação em estreita associação com o rio, que se mostra sombreado na sua maior parte; altitudes em torno de 1100 m; pequeno porte do rio nesses trechos (Fig.14 e 15). Como ilustração, apresentamos na Figura 16 uma seção de rio de 3ª ordem, que não pode servir de local amostral, pela dificuldade de acesso. Na 4ª ordem, o rio se apresenta bem mais largo e heterogêneo - formando grandes áreas de depósito intercaladas com trechos de corredeiras - não mais tão intimamente associado com a mata circundante (ainda pouco alterada). Sua largura é de 15 m, profundidade média de 26 cm e vazão próxima $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A altitude deste ponto ainda é semelhante à dos anteriores (Fig. 17).

Os pontos de 5ª e 6ª ordens são muito distintos dos anteriores e também entre si, por uma série de fatores. A vegetação circundante se apresenta muito degradada pela ocupação humana e com altitudes de 655 m e 10 m, respectivamente. Na 5ª ordem a largura ainda é semelhante à de 4ª (18,5 m), sendo bem maior em 6ª ordem (49 m) (Fig.18). No último trecho não há mais pedras, sendo o fundo formado apenas por sedimento instável de silte e areia (Fig.19).



Figura 14. Vista parcial do rio das Flores em trecho de rio de 1ª ordem, apresentando aspectos fisiográficos com densa vegetação marginal, sombreamento do leito e tipo de substrato pedregoso. Área em seção do ritron superior (ponto amostral, 1). Foto Isabel Müller.



Figura 15. Vista parcial do rio das Flores em trecho de rio de 2ª ordem, apresentando aspectos fisiográficos com densa vegetação marginal, sombreamento do leito e tipo de substrato pedregoso. Área em seção do ritron superior (ponto amostral, 2). Foto Isabel Müller.



Figura 16. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 3ª ordem.

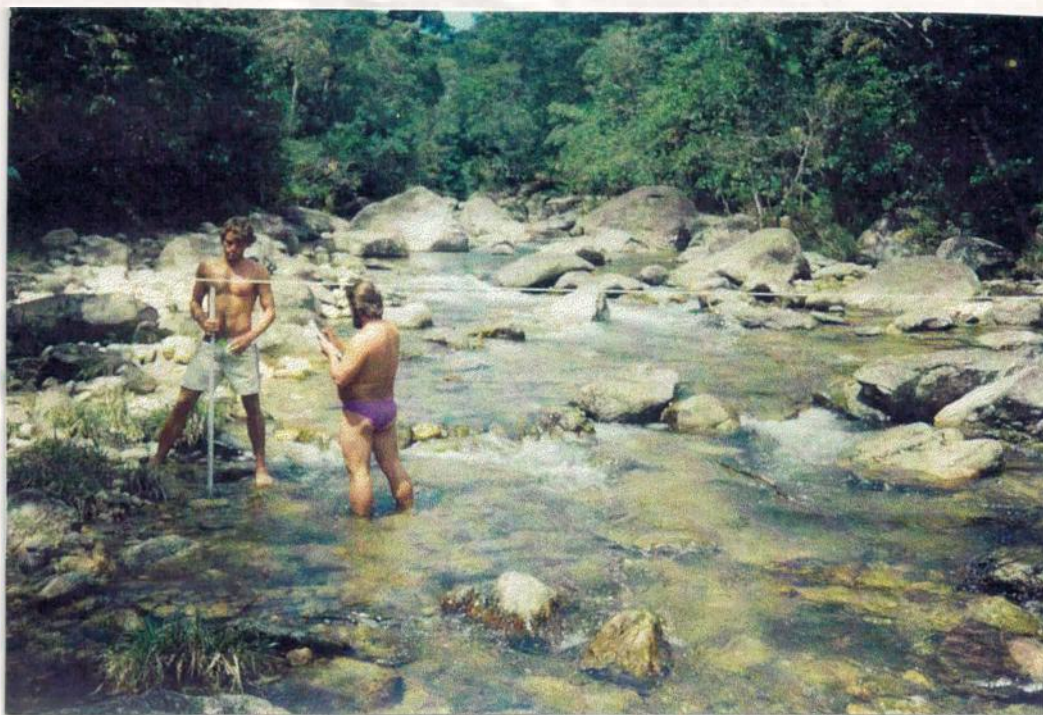


Figura 17. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 4 ordem (ponto 3 de coleta), apresenta aspectos fisiográficos com densa vegetação marginal, porém, com sombreamento parcial do leito. Trecho correspondente ao ritron superior. Ponto amostral localizado na região de Macaé de Cima.

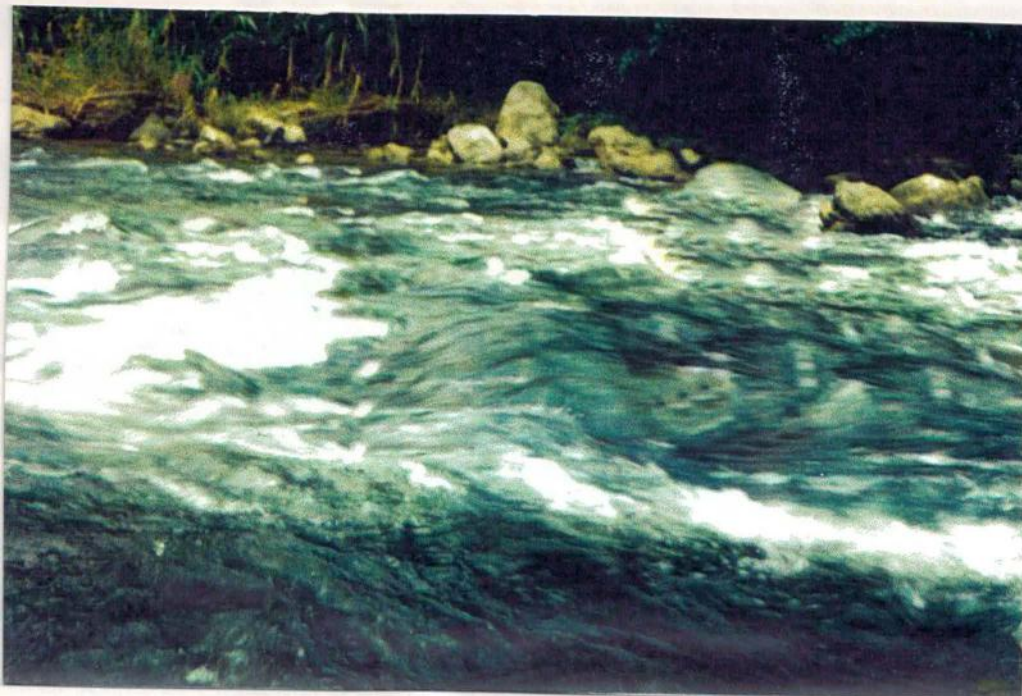


Figura18. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 5ª ordem (ponto de coleta 4), próximo da localidade de Lumiar no Município de Nova Friburgo, seção apresentando sinais de degradação fisiográfica da paisagem, forte correnteza e grande penetração de luz sobre seu leito. Trecho correspondente ao ritron médio.

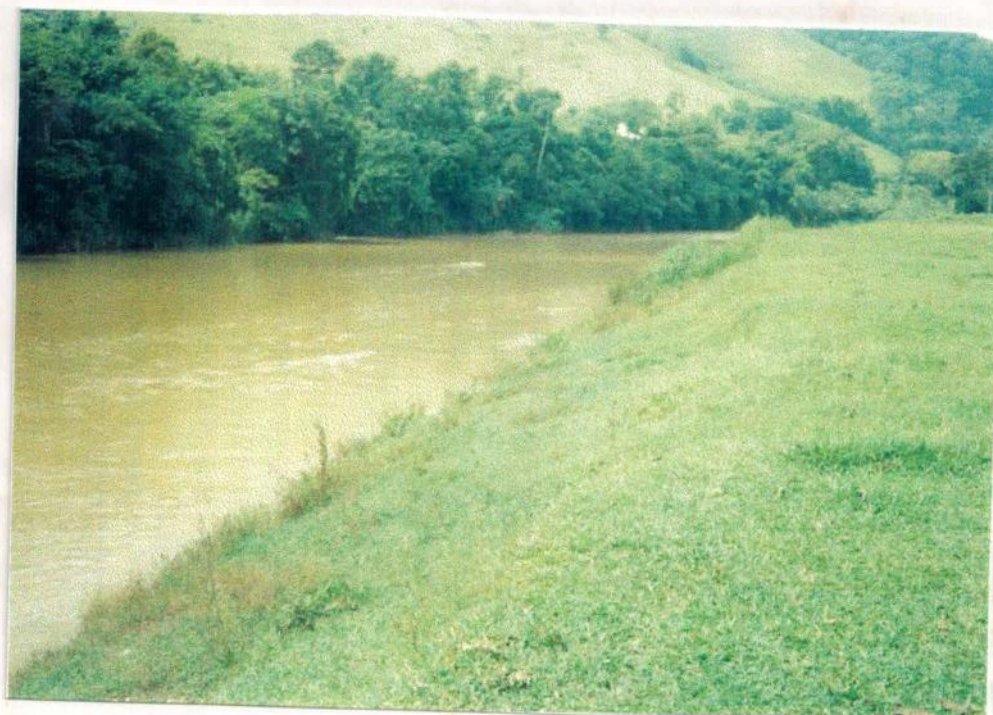


Figura 19. Vista parcial do trecho de 6ª ordem (ponto 5), já em estado avançado de degradação fisiográfica, assoreamento e perda da mata ciliar, correspondendo ao potamo superior.

2.3.2. AMOSTRAGEM DA FAUNA ENTOMOLÓGICA

Em cada estação de amostragem foram retiradas de cada tipo de substrato, quatro amostras: areia, folhiço retido em áreas de depósito *pool* (folhiço de fundo - FF), folhiço retido em áreas de corredeiras *riffle* (folhiço de correnteza - FC) e pedra (exceto na 6ª ordem). As coletas foram realizadas com amostrador do tipo Surber (30 cm x 30 cm - 900 cm²) com malha de 120 µm e fixadas em campo em solução de formaldeído a 10%, tamponada com bórax a 2%.

2.3.3. TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

Os exemplares foram separados no laboratório com o auxílio de microscópios estereoscópicos e preservados em álcool a 80%. A identificação específica dos insetos aquáticos do sudeste brasileiro, através de seus imaturos, não é possível na maior parte dos casos. Portanto, principalmente nas análises estatísticas, iremos usar equivalência entre estas posições taxonômicas, com cada grupo representando uma Unidade Taxonômica Operacional (UTO).

Deste modo, os espécimes foram separados em unidades taxonômicas operacionais (UTO), através das chaves de MERRITT & CUMMINS (1984), DOMINGUEZ *et al.* (1992), TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995), FROELICH (1984) e BENEDETTO (1974), ANGRISANO (1995) e/ou com o auxílio de especialistas. Foram incluídos na listagem geral representantes da ordem Blattaria e da família Staphilinidae (Coleoptera), embora seus membros sejam semi-aquáticos. O material biológico identificado, encontra-se depositado no Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental do Instituto Oswaldo Cruz na cidade do Rio de Janeiro.

2.3.4. FATORES AMBIENTAIS

Determinantes abióticos e biológicos

Com o objetivo de verificar se o padrão de organização da comunidade ao longo do gradiente longitudinal da bacia do rio Macaé está sendo influenciado por determinantes fatores

ambientais, foram estimados em cada ponto de coleta, durante os períodos amostrais, os valores de alguns parâmetros físico-químicos da água (vide tabela III nos resultados e tabela XII no anexo 3) (as análises foram realizadas por técnicos em química analítica do Departamento de Biologia do Instituto Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, seguindo metodologia padrão da FEEMA). Além disso, foram mensuradas variáveis hidrológicas, tais como, velocidade média da água, tomadas pelo método do flutuador com base em dez medições (SLOBODCHIKOFF & PARROT, 1977); profundidade média e largura e vazão, calculada através do produto entre as variáveis descritas anteriormente. Foi registrado, ainda, o pulso da temperatura da água em cada ponto de coleta. Os valores representam a diferença entre as temperaturas máxima e mínima em 24 horas, medidas com um termômetro de auto registro. Somente pôde ser registrado o pulso da temperatura da água no mês de abril/95. A quantificação do número de coliformes fecais foi realizada com base na técnica da membrana filtrante (as análises foram realizadas por profissionais do Depto. de Biologia utilizando as instalações do Laboratório de Bacteriologia da Escola Nacional de Saúde Pública - ENSP/FIOCRUZ).

Fatores ecológicos explicativos

Foi aplicado o Teste de Mantel para a comparação entre a matriz somatório geral de abundância das UTOs (UTOs X 5 pontos de coleta) e quatro matrizes-hipótese. Essas matrizes foram criadas com base no cálculo da diferença entre os pares de pontos para os seguintes fatores: classificação hidrológica dos rios (STRAHLER, 1957); distância da fonte; características biofisiográficas baseadas no índice de PETERSEN (RCE) (1992) (Anexo 1) e pulso diário de temperatura da água (Tab. I). A mesma comparação também foi feita entre essas matrizes e a matriz somatório geral de presença e ausência.

Para comparar as matrizes de semelhanças ecológicas com as matrizes modelo, foi utilizado o teste de Mantel seguindo os procedimentos descritos por OLIVEIRA (1996), sendo:

$$Z = \sum_{ij} X_{ij} Y_{ij}$$

X_{ij} = matriz de semelhança ecológica;

Y_{ij} = matrizes de classificação hidrológica, distância da fonte, característica biofisiográfica, pulso de temperatura.

Segundo a versão 1.4 do manual técnico do NTSYS-p, X_{ij} , Y_{ij} , são os elementos diagonais da matriz X e Y. O teste de significância da relação entre as matrizes é realizado através da comparação do valor do Z observado com os valores do Z obtidos de 1000 permutações de uma das matrizes.

Tabela I. Matrizes hipóteses para realização do teste de Mantel para verificação de semelhança ecológica.

Distância da Fonte (km)					
1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem	
0	1	3	34	65	
1	0	2	33	64	
3	2	0	31	62	
34	33	31	0	31	
65	64	62	31	0	
Características Biofisiográficas (RCE)					
0	0	10	185	274	
0	0	10	185	274	
10	10	0	175	264	
185	185	175	0	89	
274	274	264	89	0	
Ordem dos Rios					
0	1	3	4	5	
1	0	2	3	4	
3	2	0	1	2	
4	3	1	0	1	
5	4	2	1	0	
Pulso de Temperatura (° C)					
0	1	7	7	12	
1	0	6	6	11	
7	6	0	0	5	
7	6	0	0	5	
12	11	5	5	0	

2.3.5 . ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A matriz de frequência das diferentes UTOs para cada tipo de substrato, ao longo das cinco estações do rio, foi submetida à metodologia multivariada da Análise de Correspondência (ACo), visando detectar padrões de semelhança ou diferença nas comunidades das diferentes ordens do rio, para cada mês amostrado. Os dados foram

previamente transformados pelo $\log_e (X+1)$, a fim de evitar distribuições com muitas classes fracamente representadas e algumas poucas com grandes valores. Foram considerados significativos apenas os autovalores que explicaram uma proporção maior da variância em relação ao que seria esperado aleatoriamente sob o modelo do *broken-stick* (ROHLF, 1992). As matrizes também foram submetidas à análise de valores extremos *outlier analysis*, utilizando o índice de similaridade de Czekanowski (VALENTIN, 1995), como algoritmo e duas unidades de desvio-padrão como limite. Quaisquer amostras identificadas como valores extremos por essa técnica e que não contribuíram significativamente para a formação do vetor na ACo, foram retiradas das matrizes. Estas, em seguida, passaram outra vez pelas metodologias descritas acima. Os escores de cada ordem em relação ao vetor considerado na ACo, independente do tipo de substrato, foram submetidos a uma ANOVA com repetições visando comprovar uma possível separação entre as mesmas. A indicação de quais grupos se apresentavam diferentes entre si foi feita a partir da aplicação do teste HSD de Tukey (NORMAN & STREINER, 1994). Os dados originais foram submetidos ainda à classificação por Análise de Agrupamento (Cluster Analysis), tendo como método a associação não ponderada dos pares por médias aritméticas (UPGMA) e coeficiente de associação o índice de similaridade de Morisita. Este índice, de acordo com VALENTIN (1995), é considerado pela literatura como um dos melhores para estudos ecológicos. Os dendrogramas obtidos a partir dessa análise foram testados quanto a sua consistência a partir do teste de correlação cofenética.

Outra vantagem da ACo é sua possibilidade de emprego em dados de presença-ausência de UTOs, permitindo assim a detecção de padrões baseada na composição qualitativa das ordens. Desse modo, para cada amostragem mensal uma matriz de presença-ausência foi gerada a partir da matriz de abundância das UTOs, sendo também submetida à ACo e Análise de Agrupamento, agora empregando o índice de similaridade de Jaccard. Os padrões obtidos foram comparados com aqueles gerados a partir dos dados quantitativos. Tanto o modelo *broken-stick* quanto à correlação cofenética, a análise de valores extremos (agora usando Jaccard como índice) e a ANOVA sobre os escores também foram empregados.

Com o objetivo de verificar a organização estrutural das comunidades temporalmente, aplicou-se o teste de mantel realizado com base em 1000 permutações. A comparação entre matrizes ocorreu de forma pareada, entre abril x julho; abril x outubro e julho x outubro.

Todas as análises estatísticas foram efetuadas através do programa NTSYS 1.70, exceto a análise de valores extremos e a ANOVA e HSD, para os quais foram utilizados os programas PC-ORD 2.0 e STATISTICA 4.2, respectivamente.

2.4. RESULTADOS

2.4.1. COMPOSIÇÃO GERAL DA FAUNA

Cento e nove unidades taxonômicas operacionais (UTO) foram identificadas na bacia do rio Macaé, sendo 100 encontradas em abril, 109 em Julho e 99 em Outubro. (Anexo 2).

Foram coligidos 46.431 indivíduos durante todo o período de estudo, cuja distribuição é apresentada na Tabela II.

Tabela II. Freqüência de insetos aquáticos coligidos durante as três ocasiões amostrais nas 1ª, 2ª, 4ª, 5ª e 6ª ordens da bacia do rio Macaé.

	1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem	TOTAL	UTOs
ABRIL	1730	1902	2686	2650	391	9359	100
JULHO	1210	2570	6722	14669	1321	26492	109
OUTUBRO	749	988	5196	2903	744	10580	99
Total Geral	3689	5460	14604	20222	2456	46431	

Conforme observado acima, o período de “seca” (julho) foi o que apresentou o maior número total de indivíduos, seguido pelo período de início das “chuvas” (outubro). O mês de abril apresentou a menor abundância, época correspondente ao final da “estação das águas”.

Com relação à distribuição do número de indivíduos por ordem de rio, os meses de abril e outubro apresentaram suas maiores abundâncias em trecho de 4ª ordem, enquanto que na estação “seca” (julho) foi verificado em trecho de 5ª ordem.

2.4.2. DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE NO GRADIENTE LONGITUDINAL

Análise espacial por metodologia multivariada

No mês de abril a análise de valores extremos identificou apenas a amostra de areia de 6ª ordem como desviante. Embora este seja o substrato dominante nessa ordem, foi o que apresentou maior pobreza em número de UTOs (sete). Uma vez que sua contribuição absoluta para formação do primeiro eixo foi inexpressiva tanto para os dados quantitativos (1,45%) como qualitativos (zero), sua eliminação em nada alterou as distribuições de pontos geradas pela ACo em ambos os casos. Após a retirada dessa amostra, o método do *broken-stick* indicou apenas o primeiro autovalor como significativo, tanto para os dados de presença-ausência como para os quantitativos. Este autovalor é responsável pela explicação de 14,43% da variação encontrada na matriz quantitativa e 12,80% na qualitativa, fornecendo portanto o único padrão consistente para diferenciação das estações amostrais. Considerando-se a complexidade da matriz de frequência de UTOs tais valores são significativos.

A ACo quantitativa, a partir da estrutura da fauna de insetos aquáticos nos meses de abril, julho e outubro, indicou uma separação do rio em dois segmentos: grupo 1 - 1ª a 4ª ordens e grupo 2 - 5ª e 6ª ordens (Fig.20). Deste modo, em geral as amostras exibiram uma diferenciação maior entre trechos superiores e inferiores do que entre tipos de substrato de uma mesma ordem.

No mês de abril as maiores contribuições absolutas das estações do grupo 2 foram as de pedra na 5ª ordem (12,9%) e folhiço de correnteza na 6ª ordem (16,2%). Em oposição a estas, no segmento superior do rio, as amostras de folhiço de fundo contribuíram com 13,6% (1ª ordem), 9,4% (2ª ordem) e 19,8% (4ª ordem) para a formação do vetor. Em contrapartida, as amostras de areia das diversas ordens não contribuíram significativamente para a formação desse padrão. A ANOVA detectou a existência de diferenças entre as ordens do rio ($p=0,000618$) e a separação entre os dois trechos foi confirmada pelo teste HSD de Tukey.

Em julho, as pedras (11%) e o folhiço de correnteza (21,4%) em 5ª ordem, foram os substratos que mais contribuíram para a formação do grupo 2. Em oposição a estas, o folhiço de fundo, com 8,5% e 8,1% nas 1ª e 2ª ordens respectivamente, foram os substratos que mais

contribuíram para a formação do vetor. Novamente a ANOVA detectou a separação entre os dois trechos do rio $p= 0,000004$ e o HSD de Tukey $p= 0,000172$ (fig.20).

No mês de outubro, novamente as pedras e o folhiço de correnteza em 5ª ordem, 9,8% e 13,5%, respectivamente, foram os que mais contribuíram para a formação do grupo 2. Enquanto, os folhiço de fundo de 1ª, 2ª, 4ª, ordens foram os que deram as maiores contribuições absolutas (12,6%; 25,4 e 19,4%, respectivamente). A ANOVA indicou um $p= 0,00538$ e HSD um $p= 0,0057$, reforçando a observação do rio dividido em dois segmentos (fig.20).

As UTOs que mais contribuíram positivamente para a formação do eixo no mês de abril foram *Leptohyphes* sp1 - 7,2% (coletor), *Leptohyphes pereirae* - 5,7% (coletor), *Hagenulopsis* -4,5% (coletor, raspador) e *Lachlania boanovae* - 4,3% (coletor, filtrador). As maiores contribuições negativas foram de *Triplectides* - 7,7% (cortador), *Notalina* - 4,9% (coletor, filtrador, predador, raspador) e *Phylloicus* - 3,3% (cortador). Os escores das UTOs, em relação ao primeiro eixo permitem a distinção de duas comunidades associadas a cada um dos trechos do rio (Fig.21).

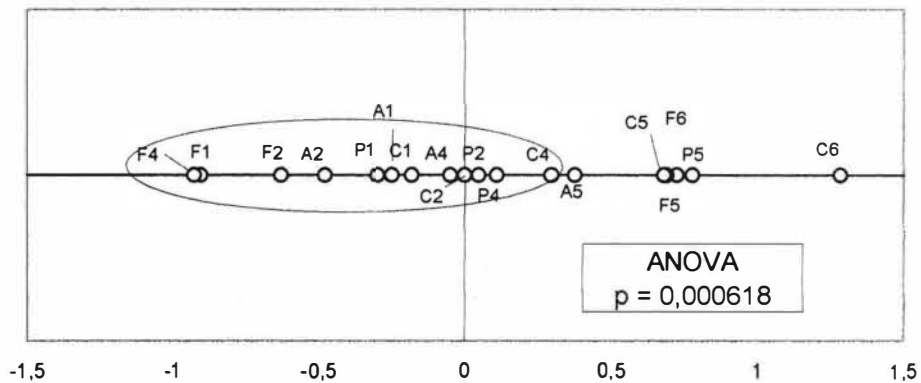
Em julho as UTOs que tiveram as maiores contribuições para a formação do grupo 2 foram: *Leptohyphes pereirae* (8,3%) (coletor); Simuliidae (11,6%) (coletor, filtrador); Orthocladinae (7,2%) (coletor e raspador) e *Hudsonema* (5,6%) (coletor e raspador). Para a formação do grupo 1, destacaram-se *Phylloicus* (3,3%) (cortador), *Triplectides* (3,4%) (cortador) e *Nectopsyche* (2,1%) (coletor).

Para a formação do grupo 2 no mês de outubro, destacaram-se as seguintes UTOs, *Smicridea* (7,7%) (coletor); Simuliidae (4,3%) (coletor filtrador) e *Pseudocloeon* (5,9%) (coletor escovador). No grupo 1, os táxons que mais contribuíram para a formação do eixo, foram *Kempnyia* sp (14,5%) (predador), *Askola* (3,9%) (coletor), *Phylloicus* (7,2%) (cortador); *Triplectides* (6,1%) (cortador) e *Notalina* (3,4%) (coletor, filtrador, predador, raspador).

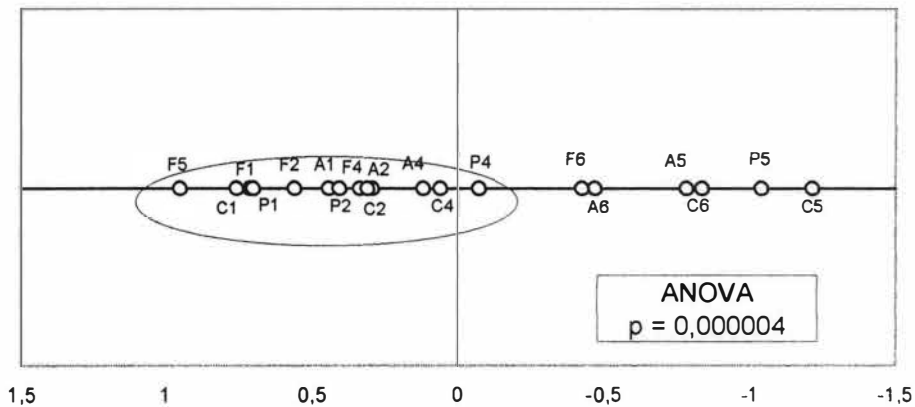
Corroborando a distinção entre essas ordens, os dendrogramas das Análises de Agrupamento dividiram as amostras nos mesmos grupos gerados pela ACo, nas três ocasiões amostrais (Fig.22). Nas seções de 1ª a 4ª ordens houve uma diferenciação nítida entre os

substratos, havendo maior similaridade entre as faunas de cada tipo de substrato, independentemente da ordem do rio.

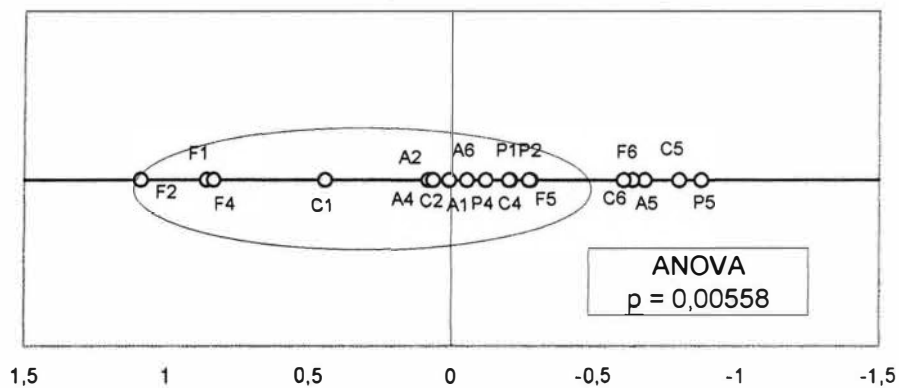
A aplicação das mesmas metodologias de análise aos dados de presença-ausência indicou o mesmo padrão apresentado para os dados quantitativos. Novamente a ANOVA detectou a existência de diferenças entre as ordens do rio ($p= 0,000125$) e o teste HSD de Tukey confirmou a separação entre os dois grupos.



b - Julho/95



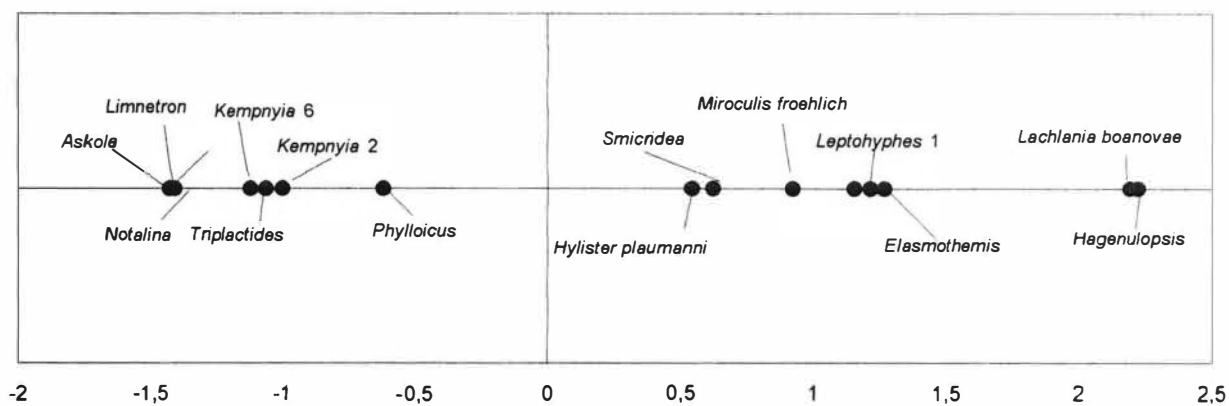
c - Outubro/ 95



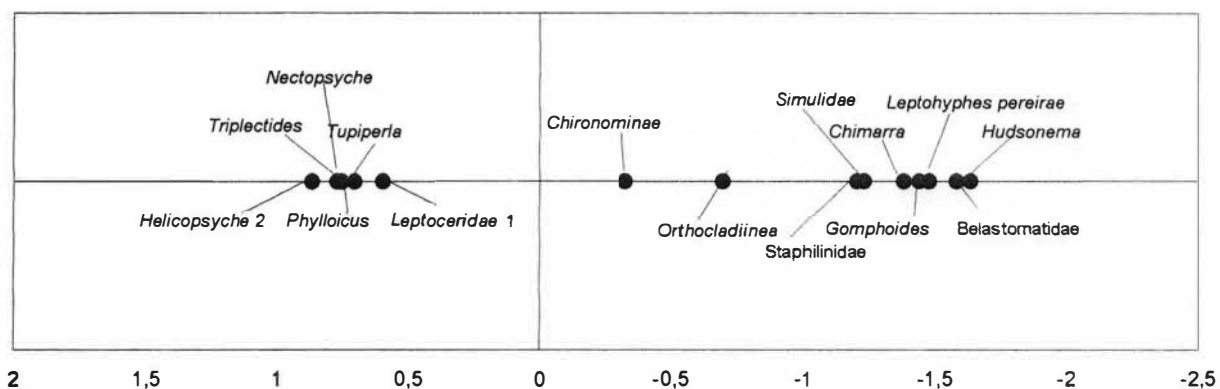
A - areia F - folhiço de fundo P - pedra C - folhiço de correnteza

Fig. 20. Análise de Correspondência (quantitativa) das amostras nos diferentes tipos de substrato, ao longo das ordens de rio na bacia do rio Macaé (a) - abril, (b) - julho e (c) - outubro

a - Abril/95



b - Julho/95



c - Outubro/95

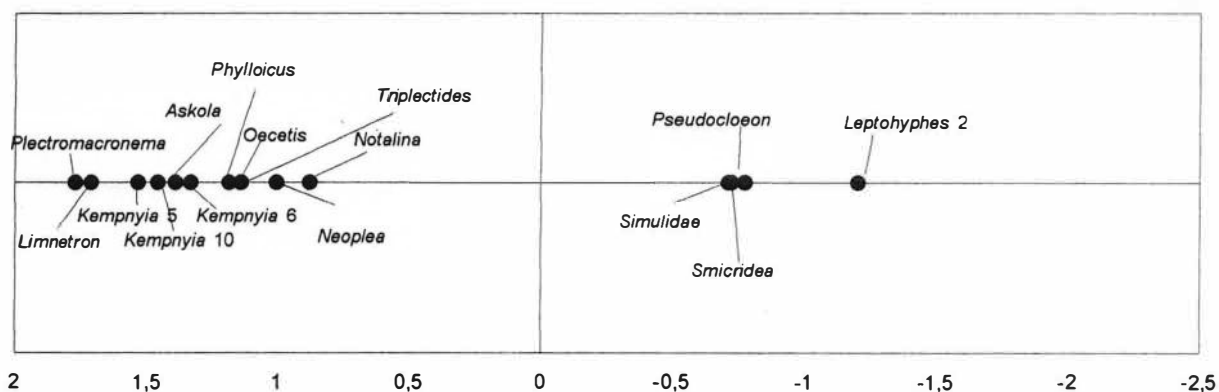
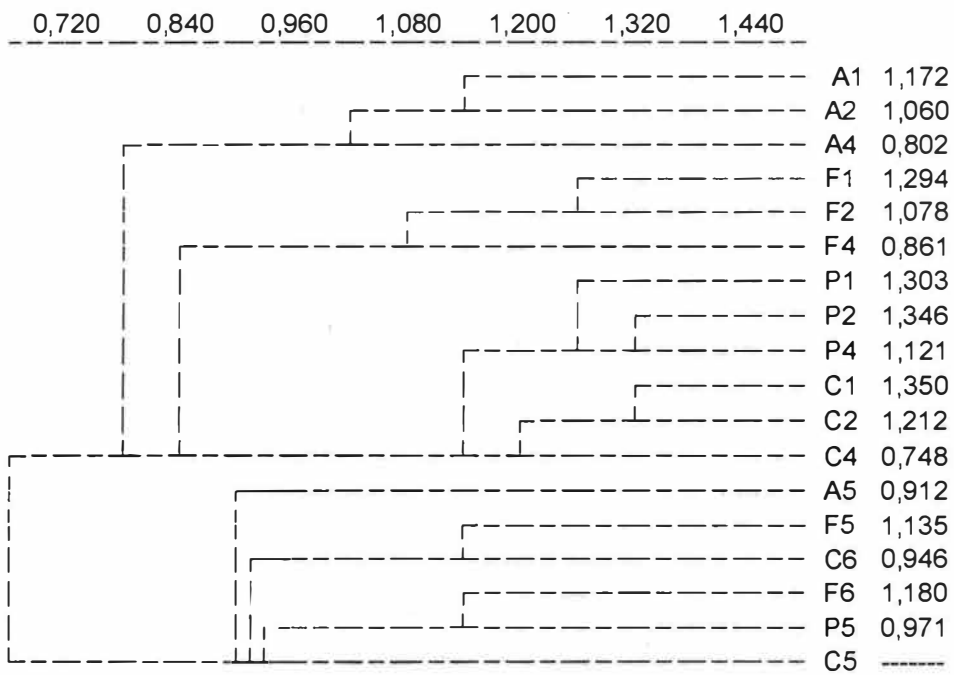
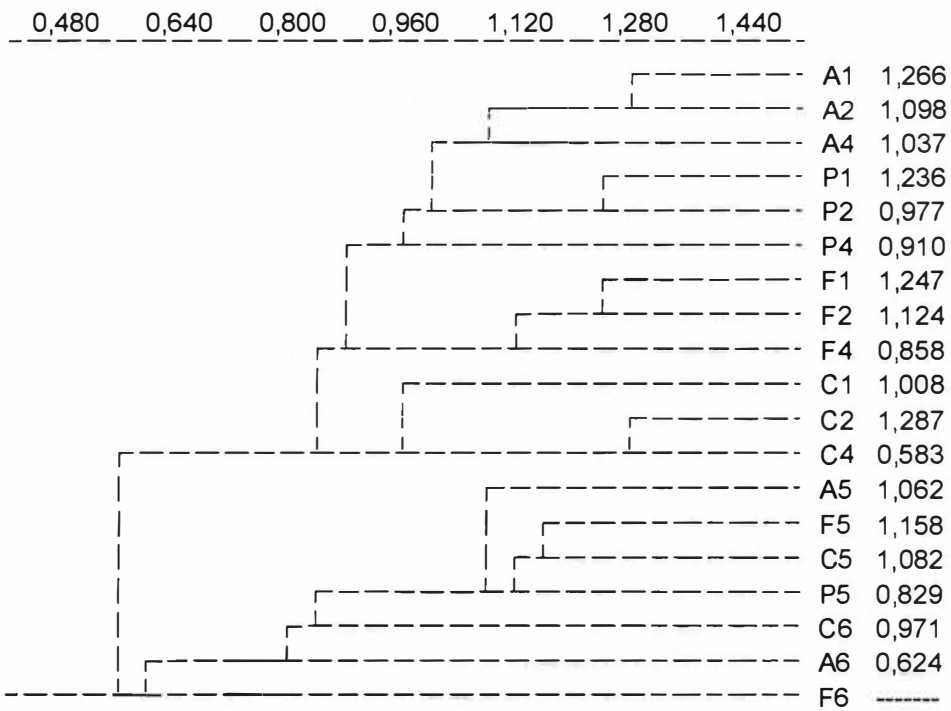


Fig. 21. Análise de Correspondência (quantitativa) das UTOs nos diferentes tipos de substrato, ao longo das ordens de rio da bacia do rio Macaé, (a) - abril, (b) - julho e (c) - outubro.

(a)



(b)



(continuação)

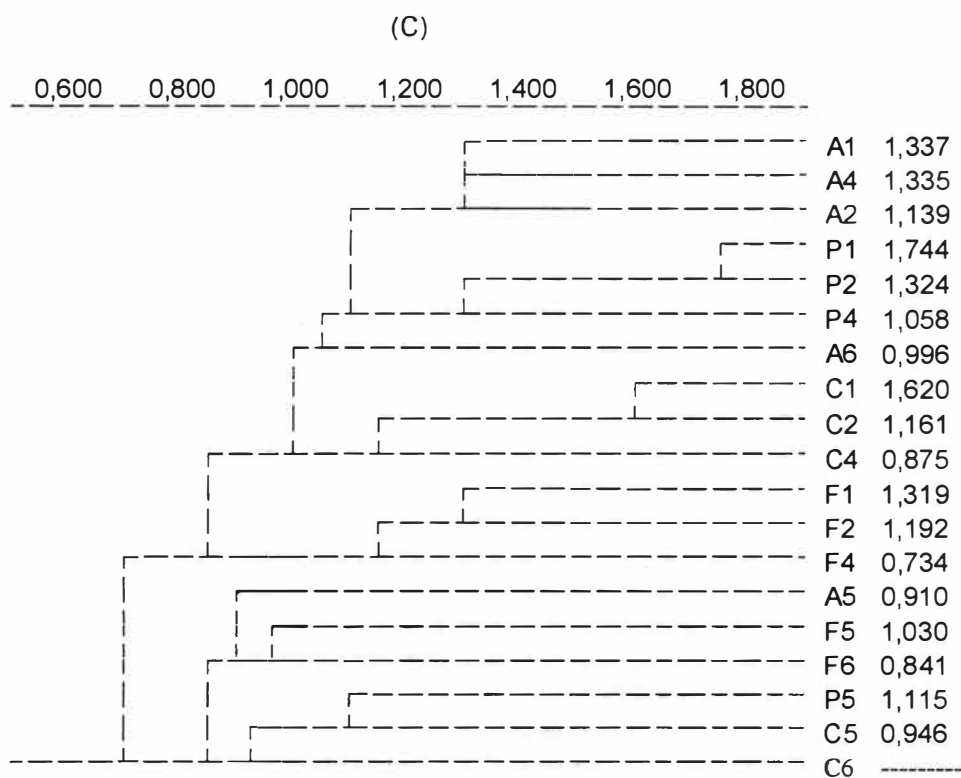


Fig. 22. Análise de agrupamento (UPGMA) quantitativa das amostras na bacia do rio Macaé - RJ, com base no índice de similaridade de Morisita - Horn. (a) - abril, (b) - julho e (c) - outubro

Análise da Disruptura Longitudinal da Comunidade

Como demonstrado anteriormente, existem evidências de que há uma disruptura na organização estrutural da fauna ao longo do perfil longitudinal no rio Macaé, sendo observada uma comunidade característica do trecho superior e outra do trecho inferior.

No entanto, uma vez que esta disruptura ocorreu em uma seção do rio onde existe o aumento do aporte de efluentes domésticos dos distritos de Lumiar e São Pedro da Serra na municipalidade de Nova Friburgo, achamos conveniente realizar uma nova série amostral da comunidade de insetos aquáticos em trechos de rios localizados próximos à disruptura observada.

Foram selecionadas quatro novas localidades. Estes pontos foram escolhidos de forma a complementar as informações tanto sobre as variações dadas pela degradação do hábitat (poluição orgânica, uso do solo ribeirinho) quanto pelas mudanças das características físico-químicas dos ambientes em diferentes ordens.

Sendo assim, foi realizada uma análise de correspondência, envolvendo dados das matrizes dos novos pontos coletados no período de seca de 1996 com os da mesma época do ano anterior. As localidades foram representadas da seguinte maneira:

- (1) dois pontos na zona de nascentes (1ª e 2ª ordens - pontos F e G) (Áreas integras);
- (2) três trechos de 4ª ordem : • primeiro, dentro da Reserva Ecológica de Macaé de Cima (Área integra - ponto H); • segundo, próximo ao distrito de Lumiar (área com pequeno grau de impacto - ponto A - localidade de Gaudinópolis); • terceiro, localizado dentro de Lumiar (área com elevado grau de impacto por alterações antropogênicas - rio São Pedro - ponto D);
- (3) três pontos de 5ª ordem: • área de transição entre as ordens de rio (interseção do rio Boa Esperança e o rio Macaé - ponto B) (área degradada); • área localizada abaixo de Lumiar no rio Macaé (poço verde) (área degradada - ponto C - I); • área localizada no rio Bonito, ponto E (área integra).

O estado de integridade de cada ponto amostral é apresentado resumidamente no quadro -3 e sua localização no desenho esquemático da figura 23.

Quadro - 3. Estado de integridade dos novos pontos amostrais

Localidade	Ordem de rio	Estado de integridade ecológica do rio
A	4 ^a	Área íntegra
B	5 ^a	Área degradada
C	5 ^a	Área degradada
D	4 ^a	Área degradada
E	5 ^a	Área íntegra
F	1 ^a	Área íntegra
G	2 ^a	Área íntegra
H	4 ^a	Área íntegra
I	5 ^a	Área degradada

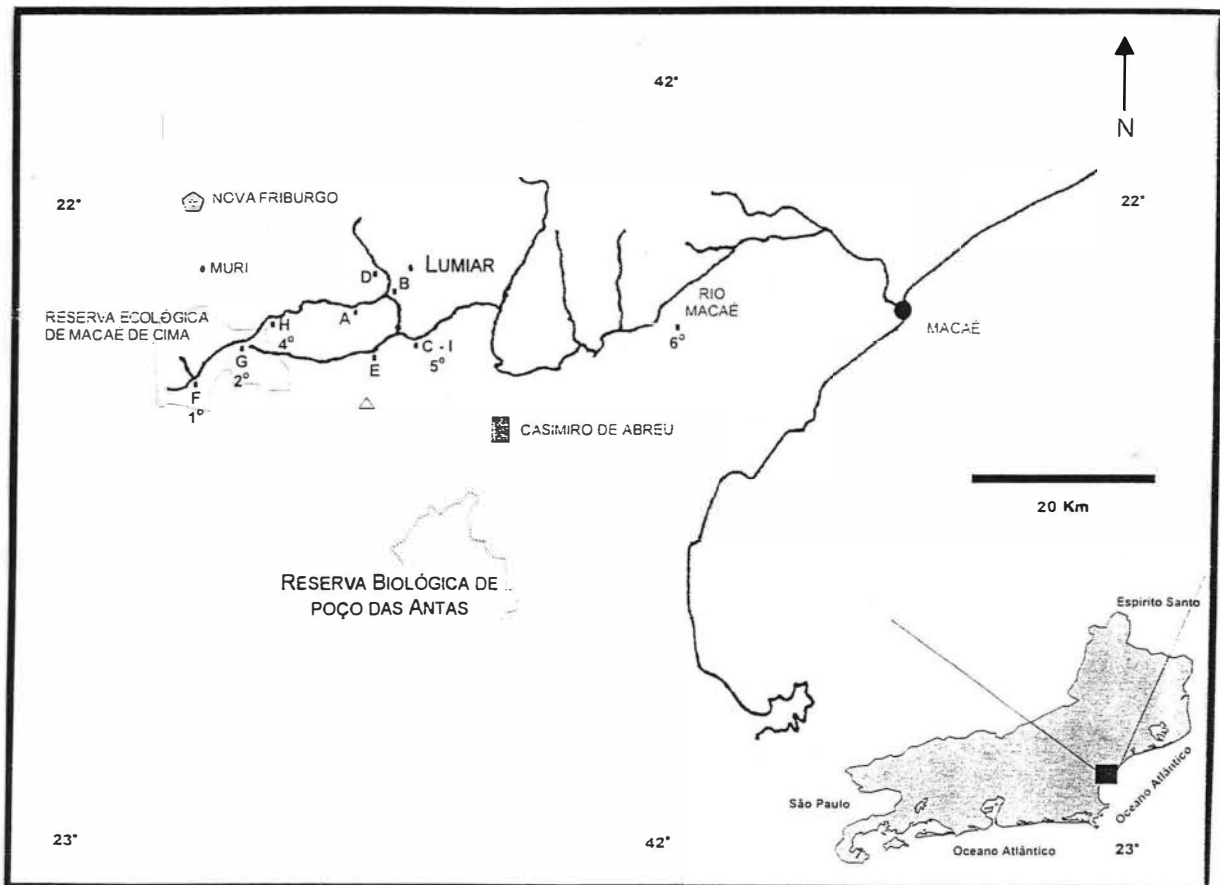


Figura 23. Mapa esquemático da bacia do rio Macaé, indicando as novas localidades, representadas pelos pontos amostrais (A, B, C, D, E, I), próximos ao 7º Distrito de Lumiar, município de Nova Friburgo.

De acordo com os resultados da análise de correspondência, apenas o primeiro eixo apresentou valor significativo (39,08% da variação encontrada) e continuou a indicar um padrão de dois grupos distintos, separando novamente o rio em trecho superior e inferior (Fig.24). Análise de agrupamento também apresentou resultados semelhantes (Fig. 25).

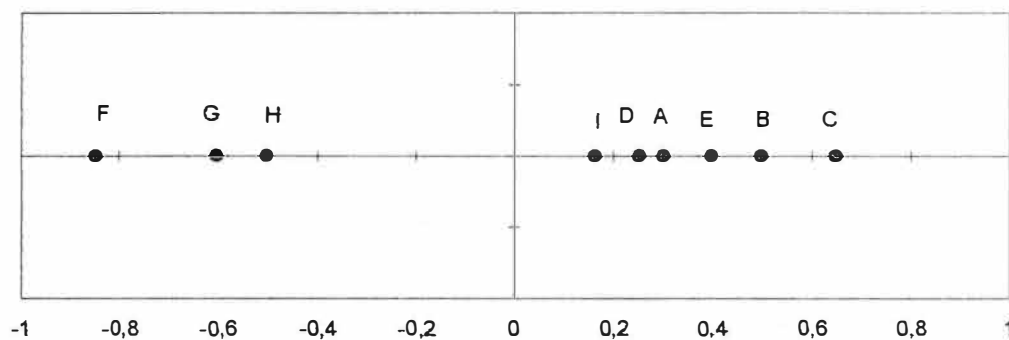


Figura 24. Análise de Correspondência das amostras do período seco de 1995 com as novas localidades no mesmo período seco de 1996, na bacia do rio Macaé.

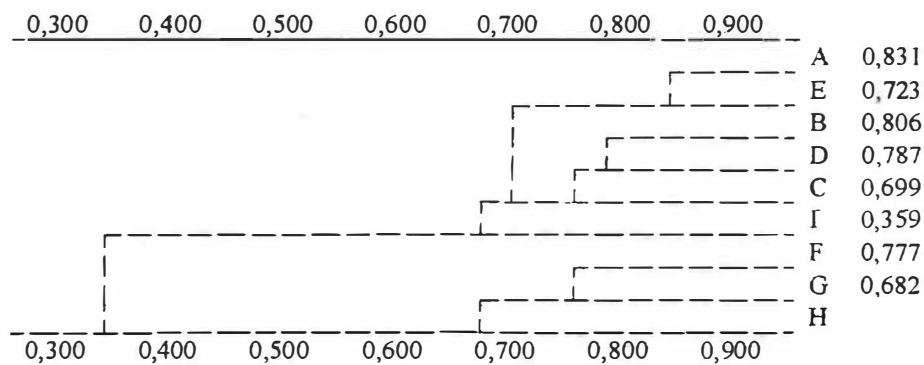


Figura 25. Análise de Agrupamento (UPGMA) qualitativo, considerando tanto as novas quanto as antigas localidades amostrais, na bacia do rio Macaé.

2.4.3. ORGANIZAÇÃO TEMPORAL DA COMUNIDADE

O teste de Mantel, para verificar possíveis variações temporais na estrutura da comunidade, foi realizado com base na comparação entre as matrizes observadas dos meses de abril, Julho e outubro e matrizes geradas aleatoriamente a partir de 1000 permutações. O teste indicou que a comparação entre os pares de matrizes: ABRIL X JULHO, $r = 0,554$ para um $Z = 0,0010$; ABRIL X OUTUBRO, $r = 0,480$ para um $Z = 0,0010$ e JULHO X OUTUBRO, $r = 0,481$ para um $Z = 0,0010$, não apresentaram diferenças significativas na composição da comunidade ao longo do ano, onde a probabilidade do Z aleatório ser maior ou igual ao Z observado é de $0,0010$ para as três ocasiões amostrais, confirmando uma significativa semelhança entre as estruturas das comunidades nas diferentes épocas do ano.

2.4.4. FATORES AMBIENTAIS

Variáveis físico-químicas e biológicas

Em primeiro lugar, os dados sobre as variáveis químicas da água serão apresentados como a média dos valores obtidos nas três ocasiões amostrais, correspondente ao somatório das ordens do trecho superior e do trecho inferior (5ª e 6ª ordens). Desta forma, as duas seções distintas do rio podem ser comparadas.

De um modo geral, as concentrações das variáveis químicas da água seguiram um mesmo padrão nas três ocasiões amostrais, isto é, as concentrações nas 1ª, 2ª e 4ª ordens apresentaram valores substancialmente mais próximos entre si do que entre os obtidos para as 5ª e 6ª ordens.

Assim sendo, observamos que no trecho superior, a dureza total apresentou média de $4,2 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2,94$, indicando uma baixa dureza, portanto, caracterizando uma água pouco mineralizada. Na seção inferior do rio, a média ficou em, $14,5 \text{ mg.l}^{-1} \pm 2,16$, indicando o aumento da concentração de íons minerais rio abaixo. Acompanhando o padrão de aumento da dureza total, as outras variáveis que também influenciam no grau de mineralização das águas (dureza de Cálcio, dureza de Magnésio, concentração de Ca e Mg) aproximadamente duplicaram suas concentrações no trecho inferior (5ª e 6ª ordens). As concentrações da

alcalinidade também apresentaram valores diferenciados entre o trecho superior e o inferior do rio. (Tabela III).

Tabela III - Concentração média dos parâmetros ambientais analisados nos meses de abril, julho e outubro, quando agrupados nos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª e 6ª ordens) na bacia do rio Macaé.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	TRECHO SUPERIOR	TRECHO INFERIOR
	Média e desvio	Média e desvio
Dureza Total ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	4,22 \pm 2,94	14,5 \pm 2,16
Dureza de Cálcio ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	1,77 \pm 1,48	5,66 \pm 3,0
Dureza de Magnésio ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	2,66 \pm 2,28	8,50 \pm 3,45
Concentração de Ca (mg.l^{-1})	0,31 \pm 0,73	2,26 \pm 1,2
Concentração de Mg (mg.l^{-1})	0,58 \pm 0,55	2,15 \pm 0,75
Cloretos (mg.l^{-1})	1,65 \pm 0,63	2,31 \pm 1,16
Oxigênio dissolvido ($\text{mg.l}^{-1} \text{O}_2$)	7,9 \pm 0,80	8,4 \pm 0,55
pH	6,4 \pm 0,32	6,38 \pm 0,20
Condutividade ($\mu \text{ nho/cm}$)	34 \pm 21	58 \pm 0,55
Alcalinidade Total ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	1,8 \pm 0,64	11 \pm 3,5
Alcal. Bicarbonato ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	1,7 \pm 0,66	11 \pm 3,31
Concentração de HCO_3 (mg.l^{-1})	2,14 \pm 0,99	8,9 \pm 7,0
Coliformes fecais ($\text{n}^\circ \text{ totais/100ml}$)	49,6 \pm 45,9	1625 \pm 2073
Pulso de temperatura da água ($^\circ\text{C}$)	4,6 \pm 3,7	11,5 \pm 3,5

Cabe ainda destacar dois outros aspectos que bem caracterizam as diferenças entre as áreas de coleta: o pulso de temperatura da água e o conteúdo de coliformes fecais. O pulso de temperatura mostrou-se pequeno nos dois primeiros trechos. Em 4ª e 5ª ordens passa a ser de 9°C , evidenciando a maior separação entre o rio e a mata. Em 6ª ordem esse valor chega a 14°C devido em parte à baixa altitude, mas também em virtude da pouca profundidade decorrente do assoreamento. O conteúdo de coliformes fecais, como o esperado, apresentou-se baixo nos trechos superiores (áreas mais íntegras) e atinge um pico na 5ª ordem em virtude do aporte de efluentes domésticos das populações do distrito de Lumiar (Nova Friburgo), que ocupam áreas próximas ao rio nesta seção. Mesmo situado 31 km abaixo do trecho de 5ª ordem e sem apresentar nenhuma área de povoamento significativa nas proximidades, o último ponto ainda exhibe valores elevados de coliformes, em comparação com os trechos à montante de 5ª ordem (Anexo 4).

Fatores Ecológicos Explicativos

A análise do padrão observado sobre a organização da comunidade ao longo do perfil longitudinal foi realizada através da comparação entre as matrizes gerais de abundância e presença-ausência de insetos aquáticos nas cinco ordens e as quatro matrizes-hipóteses (distância da fonte, integridade do rio, ordem de rio e pulso de temperatura). Os resultados indicaram que apenas em dois casos os valores foram significativos: características biofisiográficas - RCE ($p=0,012$) e distância da fonte ($p=0,0170$), ambos com a matriz de presença-ausência.

2.5. DISCUSSÃO

2.5.1 DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE NO GRADIENTE LONGITUDINAL

Análise espacial por metodologias multivariadas

A divisão das estações da bacia do Rio Macaé em dois grupos pode ser explicada pelos processos físicos distintos predominantes em cada um deles. Os três primeiros pontos se caracterizam por grande aporte de *litter* da floresta circundante e mecanismos físicos de retenção (troncos de árvore caídos e poções), que permitem a exploração deste recurso pela fauna de macroinvertebrados. Este trecho, correspondente ao rítron superior e médio, representa uma área com predomínio de erosão sobre deposição, com a formação de poções a cada dez a quinze vezes a largura do rio. Em 5ª ordem ocorre ainda o acúmulo de grandes quantidades de folhiço, porém esta seção corresponde a uma área de transição para uma zona de sedimentação (ILLIES, 1961). Desta forma, este folhiço se encontra em sua maioria coberto por uma camada de silte e areia, dificultando sua utilização pela fauna. Houve uma redução de 45% no número de grupos (UTOs) ocupantes desse substrato em relação às seções superiores, com drástica redução em número de indivíduos. Na área amostrada de 6ª ordem a entrada de folhiço no rio é pequena devido à grande redução da cobertura florestal adjacente. Além disso, devido à intensidade dos processos de sedimentação, os mecanismos

de retenção de matéria orgânica são menos freqüentes, caracterizando uma região potamal superior.

Em função disso, as UTOs que mais contribuíram para a formação dos eixos das ACos quantitativas nos três períodos amostrais se distribuíram basicamente em dois grupamentos funcionais: cortadores (trechos superiores) e coletores (demais pontos). Um padrão semelhante foi obtido na ACo qualitativa, embora um grande número de predadores com baixos limites de tolerância a condições de baixa oxigenação e altas temperaturas tenha ocorrido juntamente com cortadores em trechos superiores, sendo as contribuições das áreas mais baixas dominadas por coletores. O fato das ACos quantitativa e qualitativa terem mostrado que o rio pode ser dividido nos mesmos grupos, indica que a zonação ao longo do rio é decorrente de substituição longitudinal das espécies e não apenas de diferenças nas abundâncias das mesmas. Os resultados dos testes descritos acima dão suporte a algumas das hipóteses propostas para o Conceito de Continuidade de Rios elaborado por VANNOTE *et al.* (1980): predomínio de cortadores em trechos superiores do rio e coletores nas seções mais baixas; maior riqueza de espécies no trecho médio (4^a ordem); pulso crescente de temperatura até o trecho médio (exceto na 6^a ordem em que o assoreamento torna o rio mais raso e em consequência aumenta o pulso de temperatura); menor importância da vegetação ripária de 1^a à 6^a ordens. Tais hipóteses serão melhor discutidas a seguir, no capítulo III.

Resultados semelhantes foram encontrados por CUSHING *et al.* (1983b) para a ordenação de 16 pontos de coleta ao longo do gradiente longitudinal de quatro bacias hidrográficas. Dentre as variáveis biológicas identificadas pelos autores como explicativas deste padrão, destaca-se a razão cortador-coletor. O predomínio de coletores em trechos inferiores do rio corrobora a idéia de que com o aumento do tamanho dos rios passam a predominar espécies que irão aproveitar a matéria orgânica fina em suspensão, característica de zonas de depósito.

Análise da Disruptura longitudinal

As metodologias empregadas da ACo e teste de similaridade, embora tenham sido sensíveis para separar o rio em dois segmentos, não foram sensíveis a ponto de separar as áreas mais impactadas das mais íntegras do trecho inferior. Tais resultados indicam que há uma disruptura real na organização estrutural da comunidade, de modo que, o padrão observado não é decorrente de alterações de origem antropogênica.

Segundo DOMINGUEZ & VALDEZ (1992), alguns autores, tais como, ILLIES (1969); PESCADOR & PETER (1980) e SAVAGE (1987) consideram que a entomofauna lótica Sul Americana é composta por duas comunidades ecologicamente distintas: um grupo formado por espécies oligostenotérmicas, adaptadas ao frio, e um outro poliesternotérmico, adaptado a temperaturas mais quentes. Tal divisão é baseada principalmente sobre dados de distribuição de Plecoptera, Ephemeroptera e Trichoptera.

Para a bacia do rio Macaé, esta divisão é parcialmente corroborada, pois, tanto os Trichoptera, Plecoptera e Ephemeroptera apresentam seus maiores valores de diversidade predominantemente nos trechos superiores do rio, onde ocorrem as temperaturas mais baixas.

A disruptura da comunidade ao longo do gradiente longitudinal deve ser melhor compreendida através de estudos complementares que procurem analisar as relações das características geológicas da rede hidrográfica com a composição e estrutura de comunidade. Como por exemplo, temos o estabelecimento dos efeitos das relações entre algumas variáveis morfométricas da bacia e a estrutura da comunidade, tais como: a área da bacia X densidade de rios; área da bacia X comprimento dos rios; declividade média da bacia X área de escoamento; percentual de cobertura vegetal X área da bacia.

BRÖNMARK *et al.* (1984) e TATE & HEINY (1995) encontraram que a maior riqueza de invertebrados de rios estava positivamente associada com a área da bacia.

2.5.2. ORGANIZAÇÃO TEMPORAL DA COMUNIDADE

Embora tenhamos registrado variações nas abundâncias das comunidades temporalmente, com aumento da densidade no período seco, diferentemente de estudos realizados em regiões temperadas, não houve uma substituição temporal das espécies que compõem a comunidade, indicando uma estabilidade temporal na sua organização estrutural.

2.5.3. FATORES AMBIENTAIS

Variáveis físico-químicas e biológicas

Como já descrito anteriormente, a organização estrutural da comunidade na bacia do rio Macaé é dividida em dois segmentos distintos: um grupo correspondente à seção de rio de 1ª à 4ª ordem, formando uma comunidade característica do que denominamos trecho superior, e um segundo grupo, composto pelas comunidades presentes na 5ª e 6ª ordens, seção denominada de trecho inferior.

No momento, procuramos discutir como o conjunto de algumas variáveis ambientais influenciam na formação do padrão de distribuição longitudinal observado, com a comunidade organizada em dois segmentos distintos (trechos superior e inferior).

Na apresentação dos resultados sobre as variáveis químicas da água ficou evidente a diferenciação das concentrações entre os trechos superior e inferior do rio. Portanto, a diferenciação da qualidade química da água entre os dois trechos pode estar relacionada com a geomorfologia e com as características da rede de drenagem da bacia.

Os segmentos de rio no trecho superior percorrem a serra sobre um substrato rochoso granitóide formado por quartzo, constituindo assim, uma formação pobre em minerais disponíveis. Ainda neste trecho, o rio desce encaixado em uma falha, sendo acrescido por poucos e pequenos tributários e margeado por uma densa floresta. Deste modo, há poucos minerais para serem dissolvidos durante o processo erosivo em seu leito, bem como, poucos minerais disponíveis oriundos do meio terrestre, pois estes seriam retidos pela densa vegetação durante o processo de escoamento superficial (RADAM, 1983). Desta forma,

poderíamos explicar, em parte, as baixas concentrações de íons encontrados no trecho superior do rio.

Por outro lado o vale se torna mais largo próximo ao trecho do rio onde ocorre a disruptura (começo do trecho inferior). Observa-se nítido aumento de sua área de drenagem, que passa a receber tributários maiores, com a cobertura vegetal da zona ribeirinha tornando-se mais fragmentada e entremeada de pastos e campos agrícolas. Tais características elevam o arraste de partículas orgânicas e inorgânicas para dentro do rio, o que acarretaria uma maior concentração de íons na coluna d'água.

Tais características explicariam as menores concentrações de íons no trecho superior do rio em relação às do trecho inferior. Conseqüentemente, poderíamos supor que as características químicas da água estariam atuando como um filtro para as comunidades entre os trechos superior e inferior. Esta hipótese, poderia explicar em parte a disruptura da comunidade neste trecho de rio.

Fatores ecológicos explicativos

Dentre os fatores explicativos da estruturação das comunidades ao longo dos rios, apenas as condições biofisiográficas (RCE) e distância da fonte foram significativos. O índice RCE foi desenvolvido para acessar as condições de integridade dos rios a partir da estrutura da vegetação ripária, morfologia do canal e condições biológicas. Estas características se modificam longitudinalmente, tanto por fatores naturais quanto devido à ação antropogênica. De acordo com o CCR espera-se que a estrutura das comunidades responda a essas alterações detectadas pelo RCE.

Todas as mudanças ocorridas nos diversos trechos, registradas por esse índice, processam-se em concordância com a distância da fonte, que dessa forma também explica o padrão encontrado para as comunidades.

Em geral, estudos que tratam de gradientes longitudinais fazem uso do sistema de classificação de rios de STRAHLER (1957), para dimensionar as mudanças físicas sofridas nas comunidades de cabeceiras em direção à foz. No entanto, segundo STATZNER & HIGLER

(1985), as ordens de rios não representam, em nenhum caso, uma descrição confiável da complexidade do ambiente físico. Isto é demonstrado pelo fato da matriz-hipótese das ordens de rios não explicar significativamente a variação da composição das amostras.

2.5.4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE ORGANIZAÇÃO DAS COMUNIDADES

A comunidade de insetos aquáticos na bacia do rio Macaé não apresentou substituição temporal das espécies, nem diferenciação significativa em sua estrutura entre as três ocasiões amostrais. Tal organização reflete uma comunidade altamente estável, evidenciando alta capacidade de resistência e recuperação a distúrbios ambientais. Conseqüentemente, podemos defender uma comunidade em estado de equilíbrio, onde seus componentes retornariam a algum ponto estável após um evento de distúrbio. Segundo CONNELL (1978), as comunidades assim estruturadas, são geralmente descritas como "altamente organizadas, biologicamente acomodadas, formando um agrupamento de espécies coevoluídas". VANNOTE & SWEENEY (1980) argumentam ainda que, nesses casos, as interações competitivas explicariam os padrões de organização das comunidades.

Segundo REICE (1994) o "equilíbrio" das comunidades tem sido mais assumido do que realmente avaliado. Contrapondo-se a visão de comunidades em equilíbrio, GROSSMAN, *et al.* (1982) argumentam que raramente todas as espécies estariam em equilíbrio. Baseado nesta suposição, WIENS (1984) propõe que as comunidades poderiam estar arranjadas ao longo de um eixo contínuo; em uma ponta a comunidade se encontraria em equilíbrio e na outra em não-equilíbrio. MINSHALL & PETERSEN (1985), testaram esta hipótese empregando a teoria de biogeografia de ilhas, reafirmando a importância dos mecanismos de equilíbrio e dos processos estocásticos na organização das comunidades em rios. Eles argumentam que os processos estocásticos seriam mais importantes imediatamente após um evento de distúrbio, e que as interações bióticas gradualmente se tornariam mais importantes com a recuperação das densidades populacionais até atingirem o equilíbrio.

Quanto ao padrão de distribuição espacial no gradiente longitudinal, a comunidade apresentou uma substituição gradual das espécies ao longo do perfil, evidenciando a idéia de

contínuo. Com relação à interação entre as espécies, podemos inferir a existência de uma forte coesão entre elas, uma vez que não foi observada diferença significativa na organização estrutural da comunidade temporalmente. Assim sendo, dificilmente poderíamos defender que a história de vida da maioria das espécies que compõem a comunidade estaria sendo moldada sincronicamente apenas pelas condições ambientais. Provavelmente, interações intra e interespecíficas de competição e predação, entre outras, influencia na formação dos padrões de organização observados.

2.6. CONCLUSÕES

1. A divisão da comunidade de insetos aquáticos na bacia do rio Macaé em dois segmentos distintos é decorrente de fatores naturais e não de origem antropogênica.
2. A primeira corresponde à uma comunidade característica do trecho superior que abrange da 1ª à 4ª ordem, e outra ao trecho inferior referente às seções de 5ª e 6ª ordens.
3. As modificações ocorridas nas condições fisiográficas ao longo da bacia explicam parcialmente a organização estrutural da comunidade na bacia do rio Macaé.
4. As diferenças observadas nas características físico-químicas da água entre o trecho superior e inferior do rio podem estar atuando como um filtro para as espécies, organizando a comunidade em dois segmentos distintos.
5. A maior frequência de insetos aquáticos no período seco está relacionada ao menor volume de água, conferindo uma maior disponibilidade e estabilidade dos substratos para a colonização. As menores frequências registradas tanto no início quanto no final da estação das águas, refletem o efeito negativo do aumento do volume e da velocidade da corrente sobre a comunidade.

6. O indício de que as comunidades localizadas no trecho inferior do rio dependem das comunidades a montante para o processamento do material particulado bentônico como fonte de energia, deve ser considerado de grande relevância para as propostas de conservação e manejo adequado da bacia hidrográfica estudada.

3. DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE INSETOS AQUÁTICOS POR TIPOS DE SUBSTRATO NA BACIA DO RIO MACAÉ, RJ

3.1. INTRODUÇÃO

VINSON & HAWKINS (1998) argumentam que o conhecimento sobre os padrões de diversidade dos insetos de rios é muito pouco desenvolvido. Em parte, este fato é consequência da carência de fundamentos empíricos que descrevam os padrões de diversidade nesses ecossistemas que estão entre os mais alterados do planeta.

A distribuição, diversidade e a abundância de insetos aquáticos nos ecossistemas lóticos são estudadas em diferentes escalas. Em pequena escala são consideradas a microdistribuição dos organismos entre os tipos de substrato com seus diferentes graus de complexidade. Tais análises podem ser realizadas entre habitats, por exemplo, áreas de "corredeiras" e "poções". Devem ser observados ainda, as variações desses padrões ao longo do perfil longitudinal, bem como considerar uma dimensão geográfica mais ampla, a fim de serem registrados os limites de distribuição das espécies. A natureza das forças que regulam a distribuição das espécies, populações e comunidades em escalas diferentes, tais como: trechos de rios e unidades de habitats, são as mais conhecidas, no que se refere à influência de alguns fatores bióticos e abióticos, tais como: velocidade da correnteza; natureza e grau de particulação do substrato; disponibilidade alimentar; interação competitiva e pressão de predação (MINSHALL, 1988; MERRITT & CUMMINS 1988; TOWNSEND, 1980).

A maioria dos estudos sobre microdistribuição dos organismos em rios revelam que padrões particulares, dificilmente são reproduzidos integralmente em outros ecossistemas (MINSHALL & MINSHALL, 1977; REICE, 1980). Assim sendo, os processos que organizam as comunidades de insetos aquáticos nos diferentes tipos de substratos, já descritos e melhor constatados para rios de clima temperado (Rabeni & MINSHALL, 1977; MINSHALL & MINSHALL, 1977; LOGAN & BROOKER, 1983), devem ser avaliados e comparados com os

detectados nos rios tropicais e subtropicais (DUDGEON, 1982; ARUNACHALAM, *ET AL.* 1991; KIKUCHI, 1996).

3.2 OBJETIVOS

Como observado no capítulo 2 existe uma maior semelhança da fauna independente do tipo de substrato entre trechos de rios de 1ª à 4ª ordens do que em relação ao trechos de 5ª e 6ª ordens. Sendo assim, neste capítulo temos como objetivo analisar como as ordens de insetos aquáticos se distribuem por tipo de substrato nos trechos superior e inferior da bacia do rio Macaé, bem como, verificar a diversidade para cada ordem de insetos aquáticos ao longo do gradiente longitudinal do rio.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1. MEDIDAS DE DIVERSIDADE

Para cada estação, foi realizada a estimativa das seguintes medidas de diversidade: índice de riqueza de Margalef, índice de diversidade de Shannon e índice de equidade de Pielou, segundo metodologia descrita em LUDWIG & REYNOLDS (1988). Resumidamente, podemos dizer que a diversidade de espécies na comunidade é composta de dois componentes. O primeiro é o número de espécies, referido como riqueza de espécies. O segundo componente é a equidade entre as espécies, definido como a distribuição das abundâncias entre as espécies na comunidade. O índice proposto para combinar ambas as medidas de riqueza e de equidade em um único valor é conhecido como índice de diversidade.

ÍNDICE DE RIQUEZA

Foi utilizado o índice de riqueza de Margalef (R1) para expressar a riqueza de espécies na comunidade. A riqueza de espécies em uma comunidade não é simplesmente expressa pelo número total de espécies, pois, este dependerá do tamanho e esforço amostral. Portanto, o índice é limitado como uma medida comparativa.

$$R1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

S = número de espécies na amostra

$\ln(n)$ = logaritmo natural

(n) = número de indivíduos

ÍNDICE DE DIVERSIDADE

Foi utilizado o índice de Shannon - Wiener (H'), para o cálculo da diversidade. Para as ordens Odonata, Ephemeroptera e Trichoptera foi considerada a categoria de gênero; UTOs para a ordem Plecoptera; e família para os Diptera, Coleoptera e Hemiptera. As análises foram realizadas em cada ponto amostral e nas três ocasiões amostrais.

O índice de Shannon-Wiener (LUDWIG & REYNOLDS, 1988) expressa uma medida do grau médio de "incerteza" na predição de a que espécie um indivíduo escolhido ao acaso na comunidade irá pertencer.

$$H' = - \sum p_i \cdot \log_2 \cdot p_i$$

p_i = freqüência da i-ésima espécie na amostra (n_i/n), onde:

n_i = número total de espécies

n = número de indivíduos da i-ésima espécie

Portanto, $H' = 0$ se apenas existir uma espécie na amostra.

H' = máximo, apenas quando todas as espécies forem representadas pelo mesmo número de indivíduos.

ÍNDICE DE EQUIDADE

O índice de equidade de Pielou (E) será máximo quando todas as espécies em uma amostra forem igualmente abundantes e decrescerá para zero, quando as abundâncias relativas das espécies divergirem.

$$E = H' / H_{\max}$$

$$H_{\max} = \log_2 \cdot S$$

S = número de espécies

H' = Índice de Shannon-Wiener

3.3.2. MICRODISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS POR TIPOS DE SUBSTRATO

Na análise quantitativa da comunidade de insetos aquáticos por tipo de substrato, serão utilizadas as seguintes medidas ecológicas:

- Abundância: número de indivíduos amostrados em um dado substrato.
- Densidade relativa: é a abundância (o número total de indivíduos encontrado em um dado substrato) expressa como um percentual do número total de indivíduos coletados em cada tipo de substrato (área amostrada por substrato, 0,36 m², por estação amostral). Esta medida foi utilizada para determinar os táxons dominantes em cada substrato.

Na tentativa de condensar e facilitar a observação de padrões específicos de ocupação, os dados sobre a microdistribuição da fauna nos diferentes substratos são apresentados separadamente em um único gráfico para cada ordem de Insecta. As freqüências de ocorrência por substrato são agrupadas considerando as amostras do trecho superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens). No texto são indicados quais os tipos de substratos preferenciais ocupados por cada ordem de Insecta e seus táxons dominantes. As distribuições de freqüência dos táxons por substratos em cada ordem de rio são dadas nas tabelas do Anexo 3.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. MEDIDAS DE DIVERSIDADE

As maiores medidas de riqueza e diversidade para todas as ordens de insetos foram encontradas em trechos de rio de 2^a e 4^a ordens, registrando-se conseqüentemente um decréscimo acentuado da diversidade biológica nas ordens subseqüentes. Este padrão se manteve nas três ocasiões amostrais (Fig. 26).

Analisando a distribuição dos táxons ao longo do gradiente longitudinal, poucos foram os que ocorreram por toda a extensão do rio. Das quinze UTOs identificadas de Plecoptera, somente as do gênero *Anacroneuria* distribuíram-se por todas as seções do rio. Os poucos

indivíduos de *Kempnyia* encontrados no trecho inferior (apenas 5 indivíduos), foram possivelmente dispersos por deriva passiva. O grupo apresentou a maior diversidade e riqueza no trecho de 2ª ordem de rio (Fig.26).

Embora as maiores medidas de diversidade para a ordem Ephemeroptera tenham sido registradas para o trecho de 4ª ordem, o grupo atingiu sua maior densidade em 5ª ordem. Somente quatro gêneros ocorreram naturalmente em todo o gradiente do rio: *Pseudocloeon*, *Leptohyphes*, *Cloeodes* e *Farrodes*. Alguns gêneros distribuíram-se predominantemente nos trechos superiores (*Ulmeritus*, *Miroculis*, *Massartela* e *Askola*), enquanto *Lachlania* e *Hagenulopsis*, estiveram presentes apenas em 6ª ordem (Fig.26).

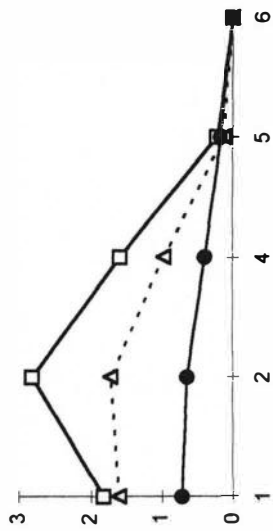
Quinze dos 18 gêneros identificados de Trichoptera ocorreram apenas nos trechos superiores do rio (1ª a 4ª ordem). Os gêneros *Phylloicus*, *Smicridea* e *Polycentropus* foram os únicos que distribuíram-se até a 6ª ordem, geralmente associados a depósitos de folhiço. A maior diversidade do grupo foi registrada para a seção de 2ª ordem.

A ordem Odonata apresentou os maiores valores de diversidade em trechos de baixa ordem (Fig. 26).

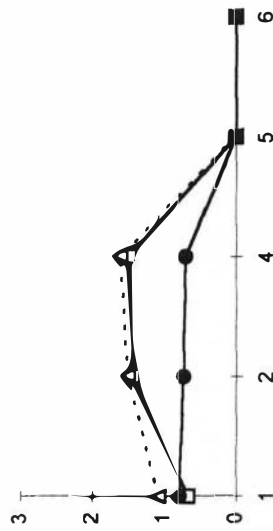
As ordens Diptera e Coleoptera somente puderam ser identificadas em uma baixa resolução taxonômica, portanto, pouco pôde ser inferido sobre seus valores de diversidade.

Plecoptera

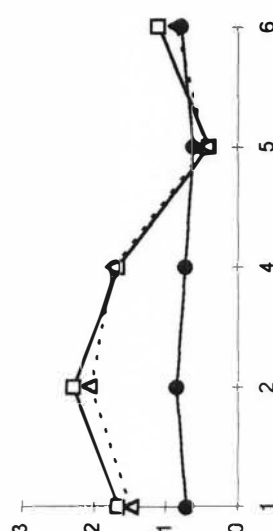
Abril



Julho

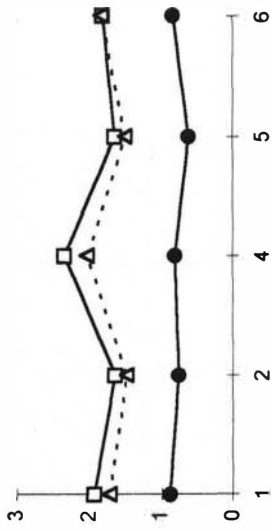


Outubro

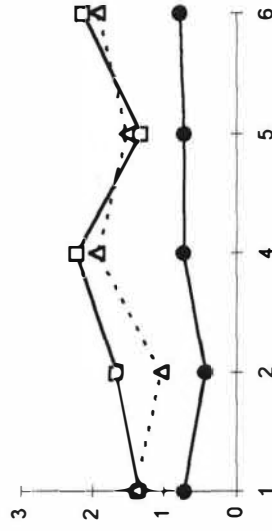


Ephemeroptera

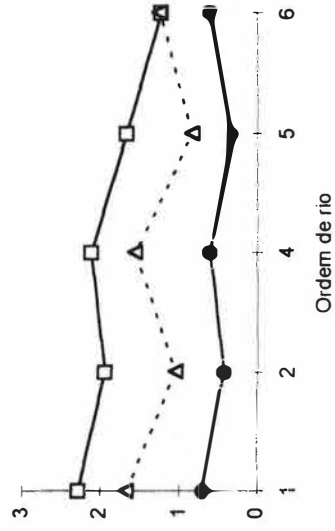
Abril



Julho

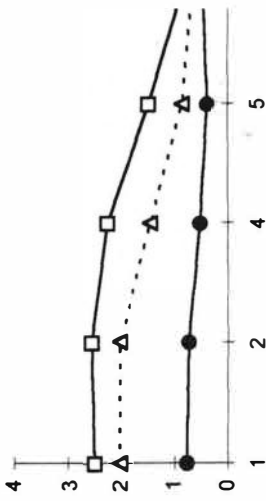


Outubro

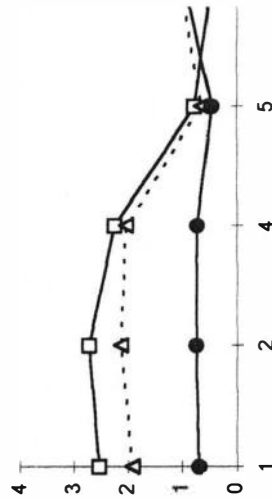


Trichoptera

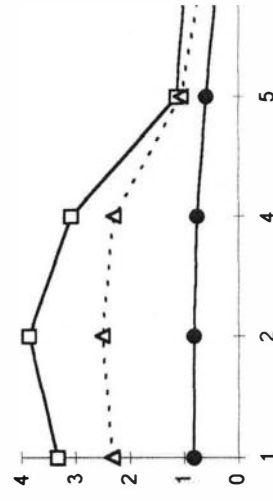
Abril



Julho



Outubro



Medidas de diversidade

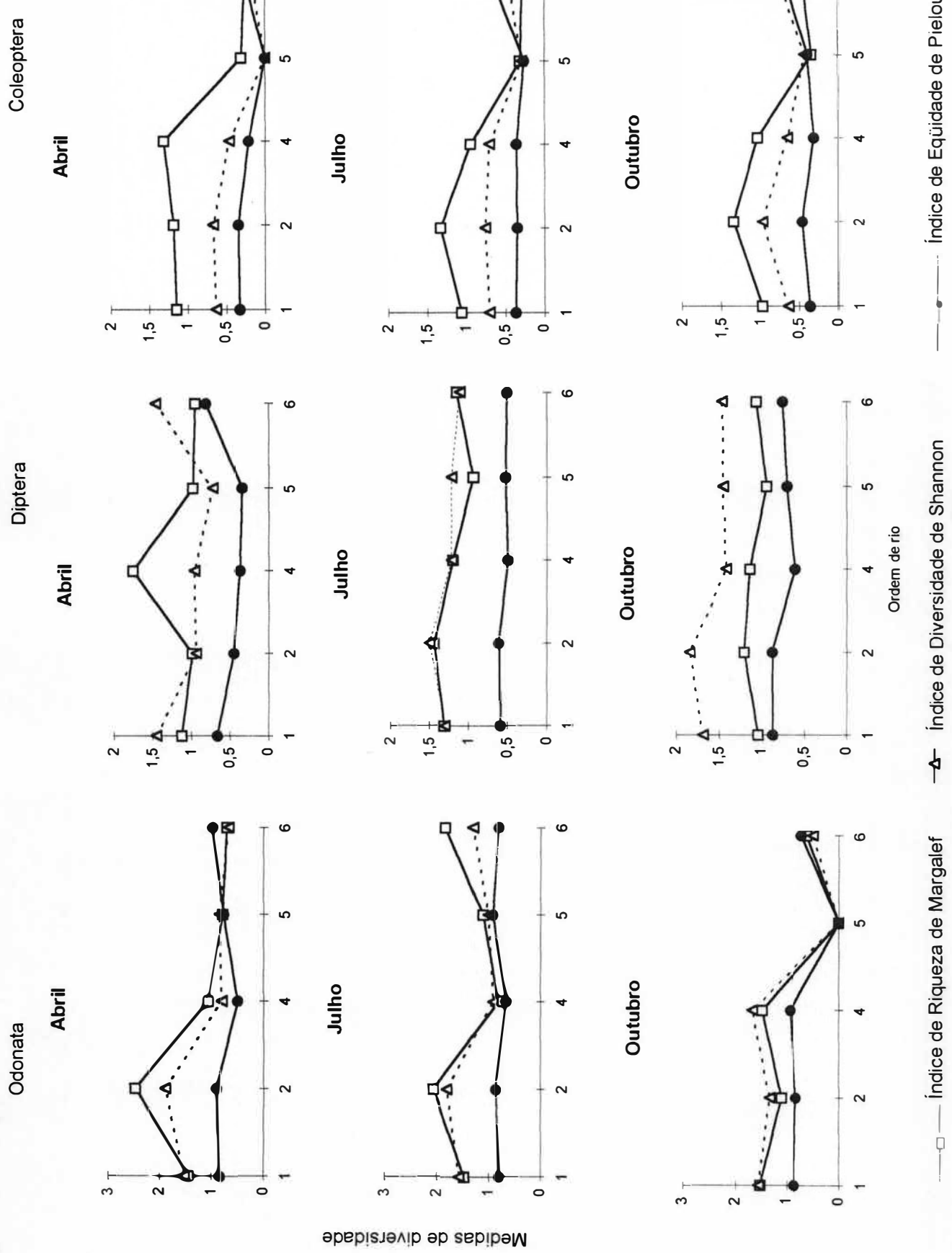
—□— Índice de Riqueza de Margalef

—△— Índice de Diversidade de Shannon

—●— Índice de Equidade de Pielou

Fig. 26. Medidas de diversidade de insetos aquáticos por ordem de rio nas três ocasiões amostrais na bacia do rio Macaé.

Fig. 26. Continuação



3.4.2. MICRODISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS POR TIPOS DE SUBSTRATO

Distribuição e abundância das ordens de insetos aquáticos por substrato

PLECOPTERA

Conforme observado na Figura 27, os representantes da ordem Plecoptera ocuparam preferencialmente o folhicho de correnteza e de fundo, ambos no trecho superior do rio e nas três ocasiões amostrais. Cabe lembrar que a ordem foi muito pouco representada no trecho inferior. O gênero *Anacronetia* foi o táxon dominante no folhicho de correnteza no trecho superior, apresentando uma densidade relativa de 79% (347 indivíduos de um número total = 439), 35% (133 ind. - n = 375) e 40% (128 ind. - n = 321) nas três ocasiões amostrais, respectivamente. Em geral, cerca de 60% de todos os indivíduos ocuparam o folhicho de correnteza. O gênero *Kempnyia*, ocupou mais nitidamente as áreas de remansos junto ao folhicho de fundo no trecho superior, nas três ocasiões amostrais. Além disso, observamos que os táxons dominantes ocorreram com maior frequência na 4ª ordem de rio, não sendo registrada qualquer substituição temporal dos táxons dominantes.

EPHEMEROPTERA

Os representantes da ordem Ephemeroptera foram mais abundantes no trecho inferior do rio, ocupando preferencialmente as áreas de corredeiras tanto no final (abril) quanto no início (outubro) da "estação das águas". *Hylister plaumanni* foi o táxon dominante do folhicho de correnteza no trecho inferior no mês de abril, contribuindo com 46,2% (155 indivíduos - número total = 335) dos indivíduos. No mês de julho, a ordem ocupou preferencialmente o folhicho de fundo no trecho superior, com o gênero *Farrodes* contribuindo com aproximadamente 50% dos indivíduos (330 indivíduos - n = 664). Em outubro, os efemerópteros novamente ocuparam preferencialmente as áreas de corredeiras, com os indivíduos nas pedras do trecho inferior (5ª ordem), perfazendo 33% do total (571 ind.- n = 1753). *Pseudocloeon*, com 74,2%, (424 ind. - n = 571) foi o táxon dominante neste substrato.

Diferentemente dos plec6pteros, os efemer6pteros apresentaram uma substitui76o temporal das morfo-esp6cies dominantes para cada tipo de substrato (Fig.28).

TRICHOPTERA

O folhi76o de fundo no trecho superior do rio foi o substrato que apresentou a maior abund6ncia de Trichoptera, nas tr6s ocasi6es amostrais. No m6s de abril (final da "estac6o das 6guas"), 54% de todos os indiv6duos se encontravam no folhi76o de fundo do trecho superior. O g6nero *Triplectides* foi o t6xon predominante, com uma densidade relativa de 71,4% (638 ind. - n = 898). Em julho, os esp6cimes encontrados no folhi76o de fundo representaram 46% do total. Os g6neros *Notalina* (23,8% - 246 ind. - n = 1071) e *Triplectides* (27,8% - 300 ind. - n = 1071) foram os t6xons predominantes. Em outubro, o folhi76o de fundo novamente foi o substrato que apresentou o maior percentual de ocupa76o (47,4%) dentre todos os outros. O g6nero *Phylloicus* predominou neste substrato, contribuindo com 34,3% dos esp6cimes.

A ordem Trichoptera apresentou substitui76o temporal (relativas 6s tr6s ocasi6es amostrais) das esp6cies dominantes para cada tipo de substrato. A maior abund6ncia relativa dos Trichoptera foi encontrada em trecho de rio de 4^a ordem (Fig.29).

ODONATA

Representantes de Odonata foram encontrados em maior n6mero nas 6reas de deposi76o do trecho superior, ocupando preferencialmente o folhi76o de fundo nas tr6s ocasi6es amostrais, 41% (abril), 46,2% (julho) e 51% (outubro). Houve substitui76o temporal dos t6xons dominantes para cada substrato. Em abril, *Hetaerina* representou 49% dos indiv6duos (21 ind. - n = 43) no folhi76o de fundo. Em julho, o t6xon dominante no folhi76o de fundo foi o g6nero *Argia*, com 44,7% (30 ind. - n = 67) e em outubro; *Limnetron* predominou com 43,6% (24 ind. - n = 55) (Fig.30).

HEMIPTERA

Os representantes dos Hemiptera, ocuparam preferencialmente os substratos ligados às áreas de deposição, areia e o folhiço de fundo. Em abril, os indivíduos na areia no trecho superior representaram 45,6% do total, sendo o gênero *Neoplea* (75%, 39 ind. - n = 52), o táxon predominante neste substrato. No mês de julho, o folhiço de fundo na seção superior do rio participou com 43,5% dos indivíduos, com o gênero *Neoplea* contribuindo com 56% (32 ind. - n = 57). Em outubro, novamente os representantes da ordem ocuparam preferencialmente o folhiço de fundo no trecho superior, com o gênero *Neoplea* participando com 77,7% do total (21 ind. - n = 27). Portanto, como pode ser visto, não houve substituição temporal do táxon dominante (Fig. 31).

COLEOPTERA

Os representantes da família Elmidae prevaleceram em abundância sobre as outras famílias de Coleoptera em todos os tipos de substrato. No entanto, em particular, ela ocorreu com maior abundância no folhiço de correnteza no trecho inferior em abril, e no mesmo substrato no trecho superior em julho e outubro. Em geral, os elmídeos representaram mais do que 50% do total de indivíduos para cada tipo de substrato nas três ocasiões amostrais (Fig. 32).

DIPTERA

Em geral, a ordem Diptera apresentou uma grande variação de abundância entre os substratos e ocasiões amostrais. Os representantes da ordem ocuparam preferencialmente três tipos de substratos (areia, folhiço de fundo e folhiço de correnteza). Os Chironomini (Chironomidae) dominaram o substrato de areia no trecho superior (60,1%; 1099 ind. - n = 1824), no mês de abril. No mês de Julho, os dípteros foram mais abundantes no folhiço de fundo no trecho inferior do rio. Os táxons dominantes foram Orthoclaadiinae (Chironomidae) (20%, 1058 ind - n = 5316.), Simuliidae (22 %, 1167 ind.- n = 5316) e Chironomini (Chironomidae) (54,2%, 2886 ind. - n = 5316). Em outubro, os dípteros ocuparam

predominantemente o folhio de correnteza no trecho superior. O grupo apresentou maior abundância em trechos de rio de 5ª ordem (Fig. 33).

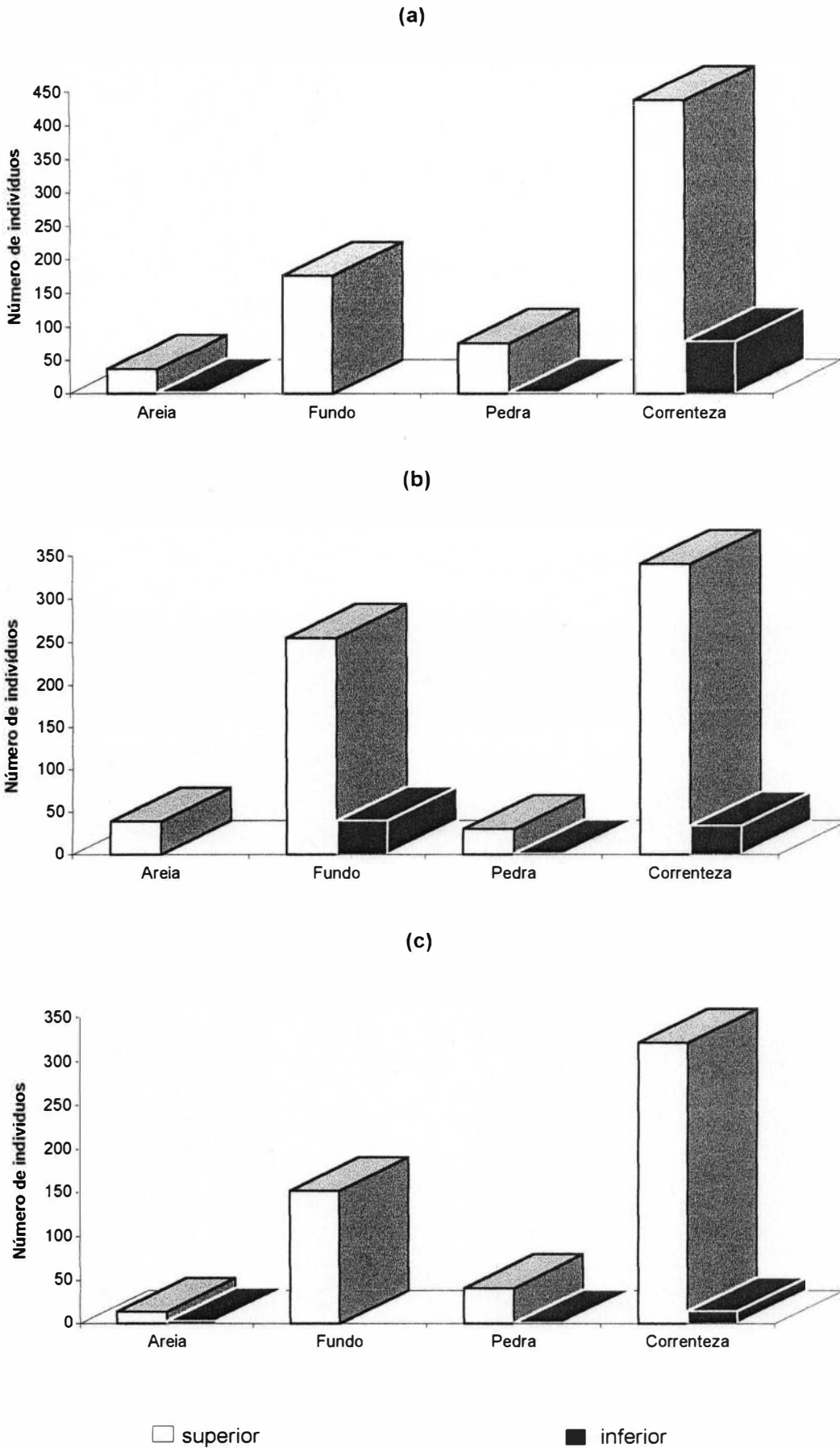


Fig. 27. Distribuição de freqüência de Plecoptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé.

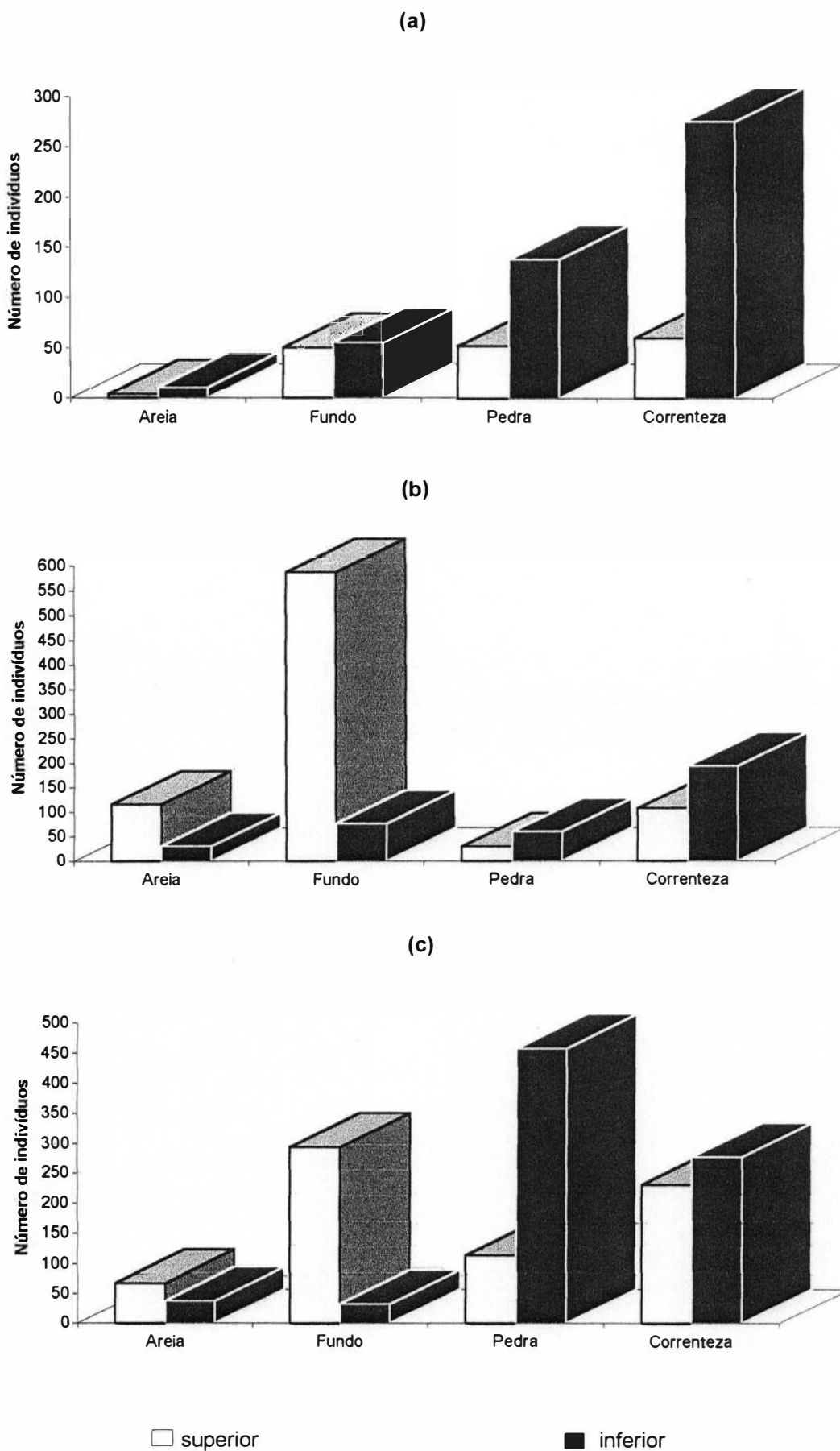


Fig. 28. Distribuição de freqüência de Ephemeroptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé

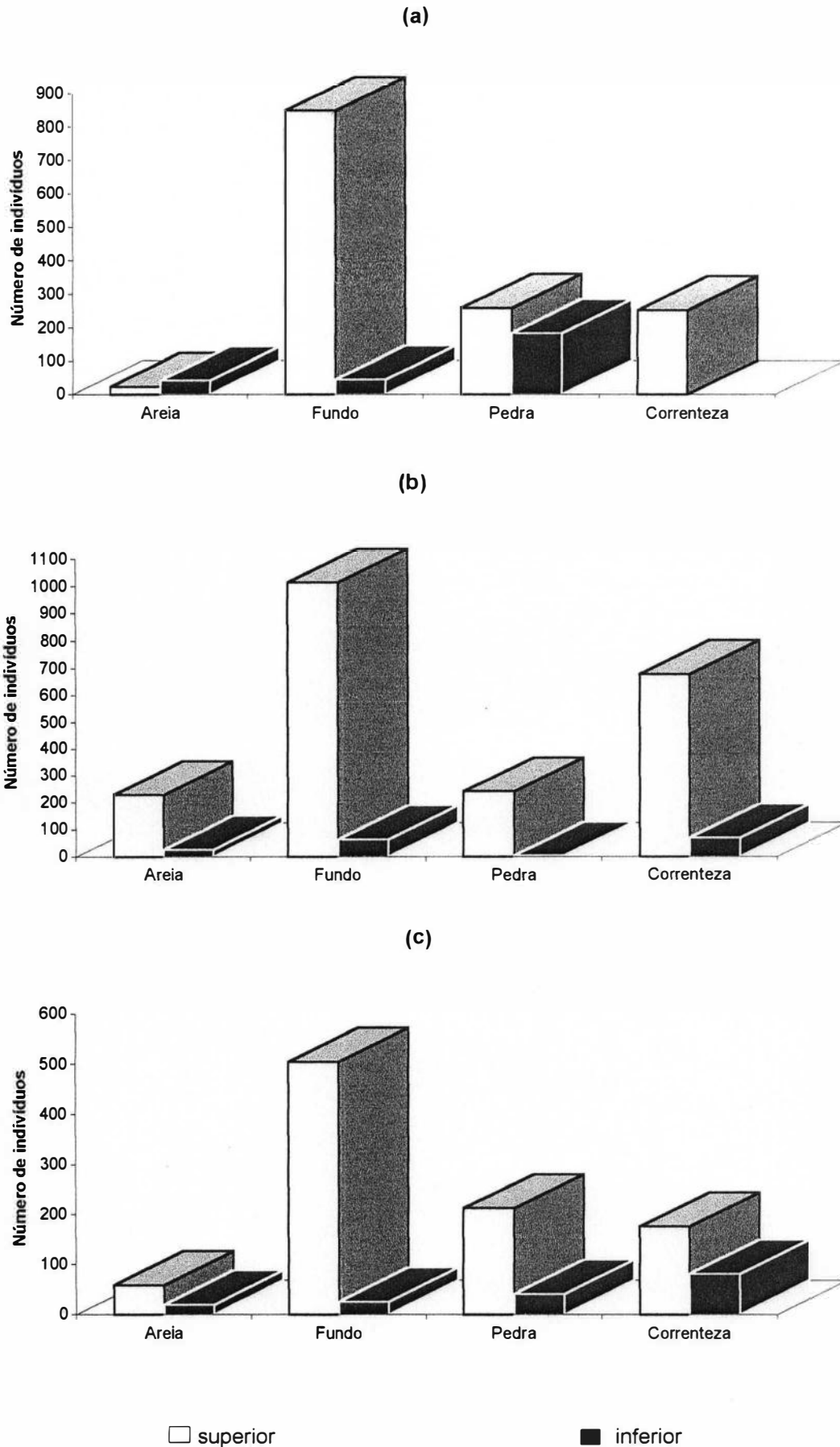


Fig. 29. Distribuição de freqüência de Trichoptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhço de fundo, pedra e folhço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé

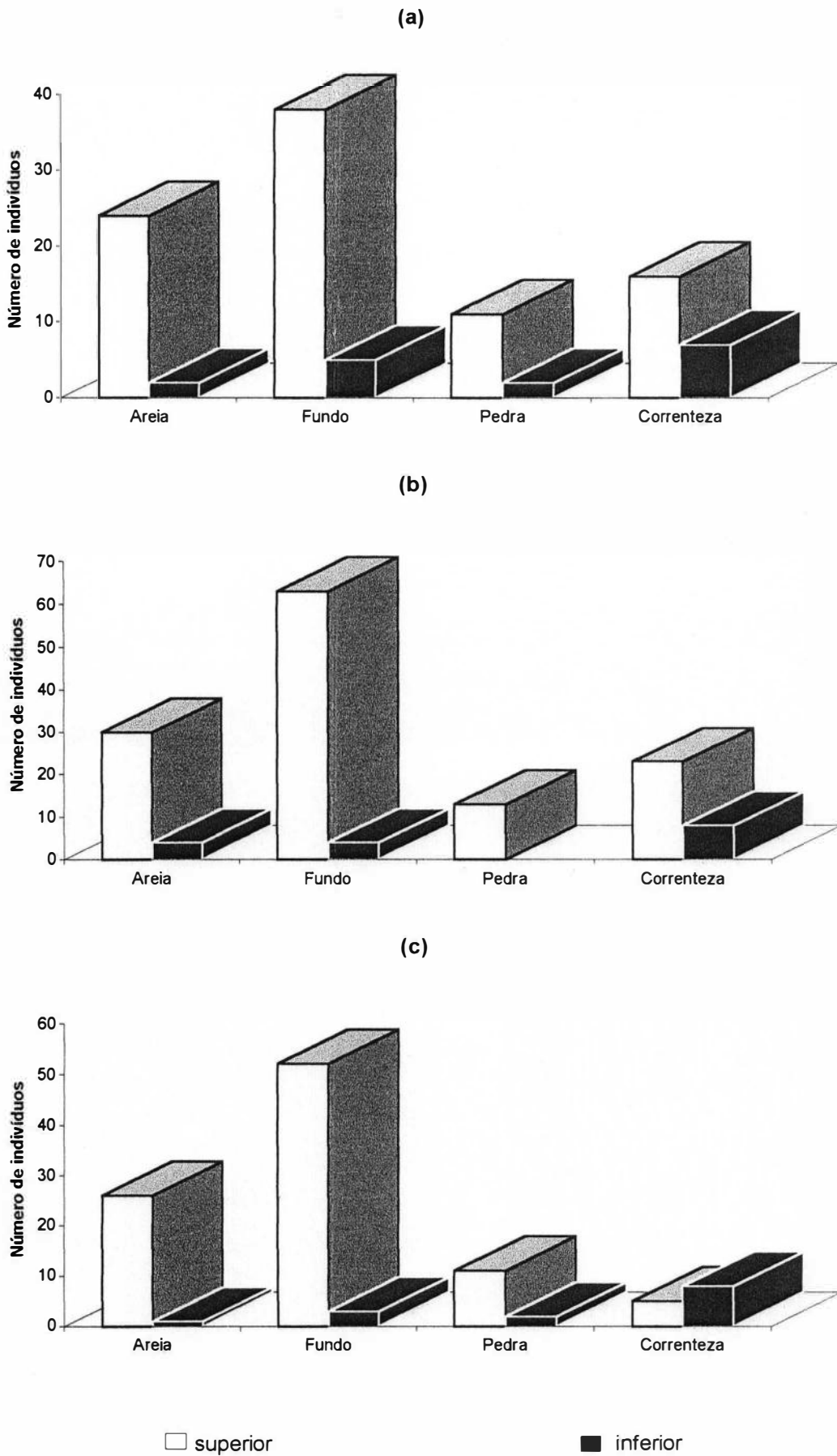


Fig. 30. Distribuição de freqüência de Odonata em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé

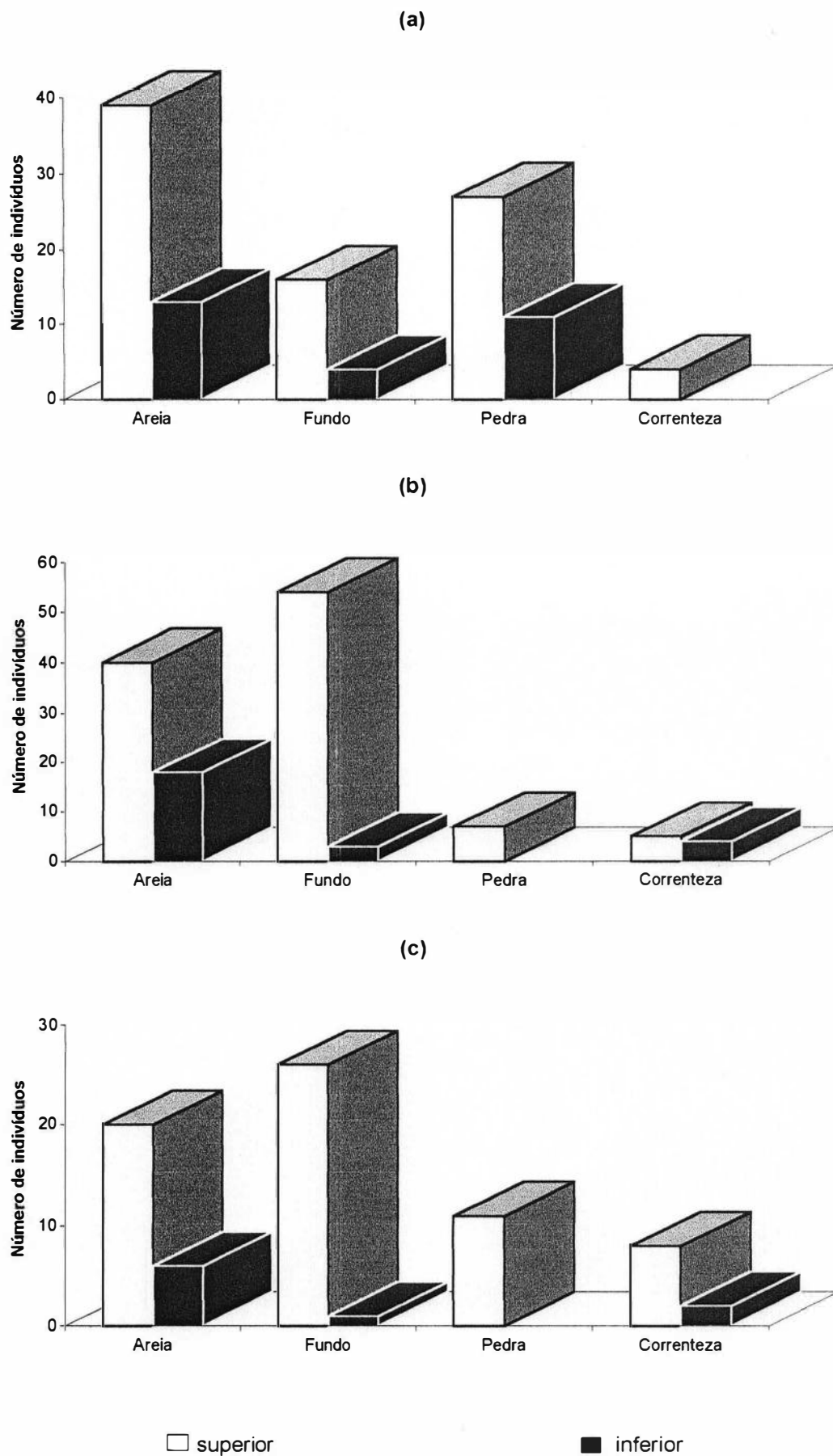
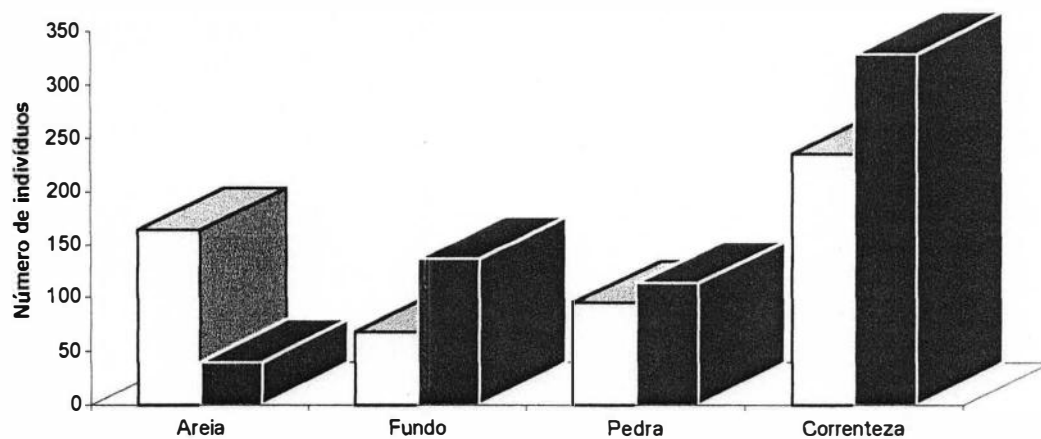
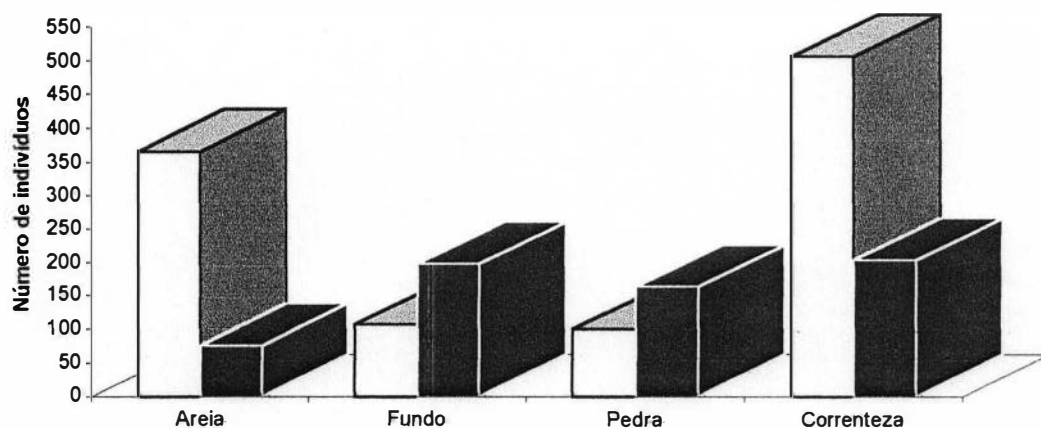


Fig. 31. Distribuição de frequência de Hemiptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé

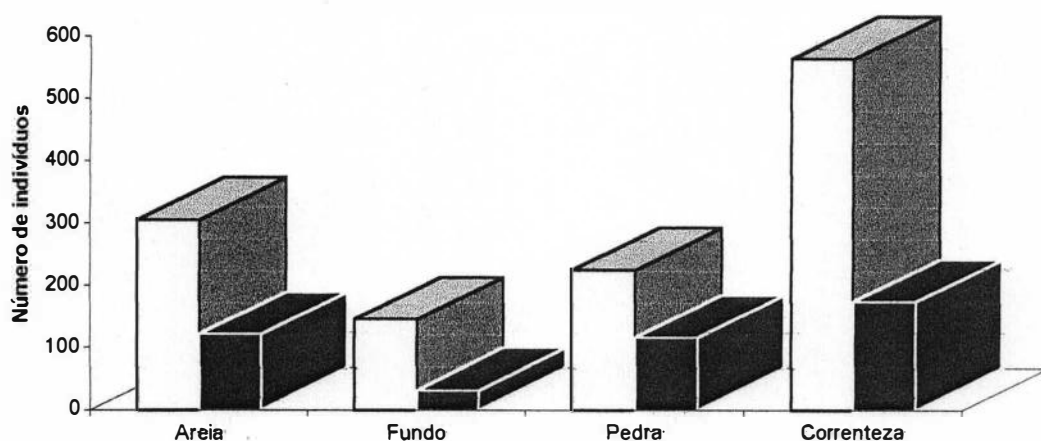
(a)



(b)



(c)



□ superior

■ inferior

Fig. 32. Distribuição de freqüência de Coleoptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordem) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé

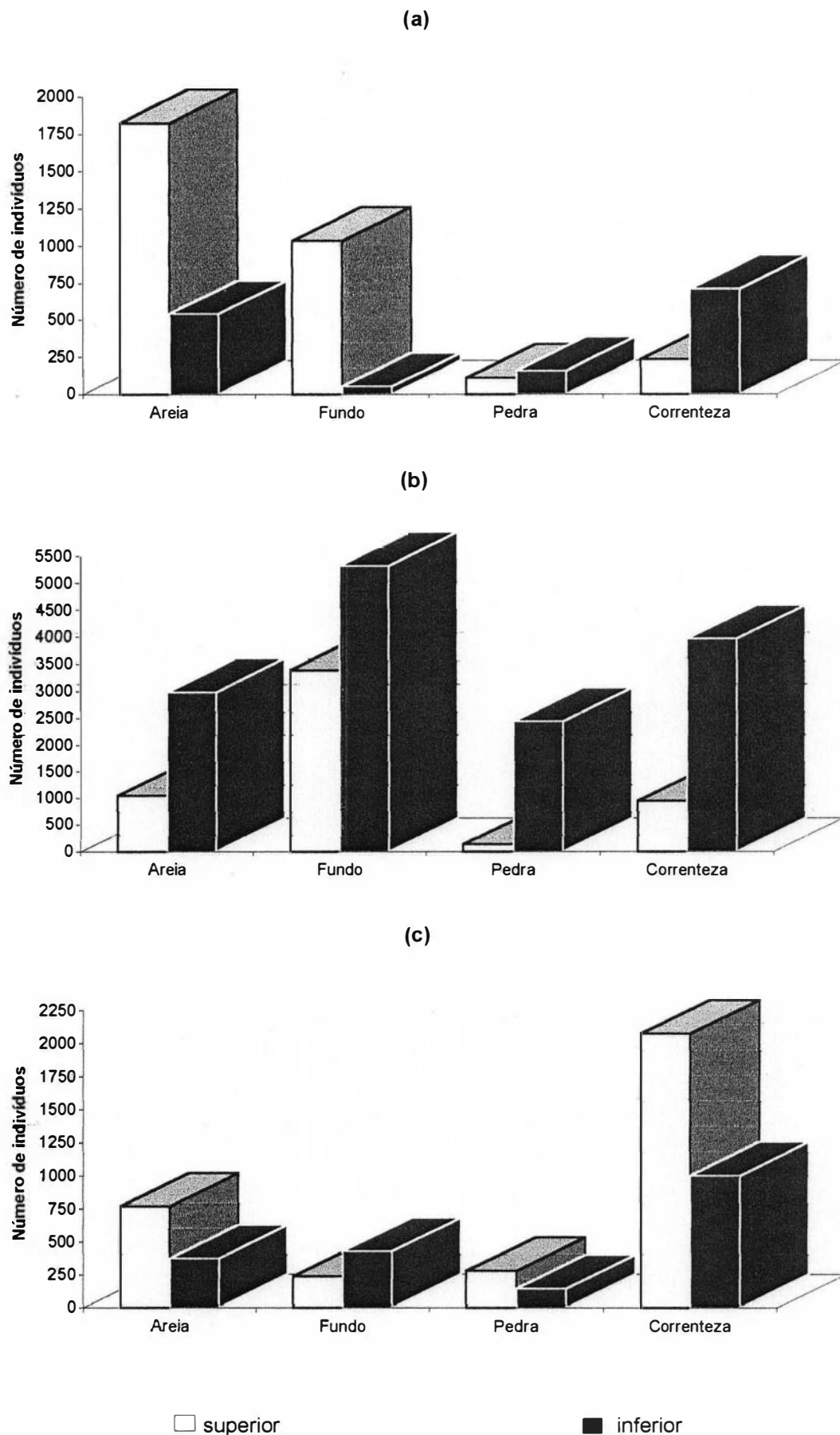


Fig.33. Distribuição de freqüência de Diptera em diferentes tipos de substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondente aos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª e 6ª ordens) para os meses de abril (a), junho (b) e outubro (c) de 1995 na bacia do rio Macaé.A9

Abundância e riqueza nos substratos por ordem de rio

As variações dos percentuais de abundância e valores absolutos de riqueza em cada um dos três períodos amostrais, podem ser vistos na Tabela IV. As maiores abundâncias de insetos aquáticos nos trechos de rio de 1^a, 2^a e 4^a ordens ocorreram nas áreas de depósito, nos substratos de areia e folhiço de fundo. A soma das abundâncias destes dois substratos contribuíram com cerca de 70 % da fauna nos períodos de "final das chuvas" e de "seca". No período referente ao "início das chuvas" ocorreu uma redução da abundância nestes substratos. Em geral, os folhiços de correnteza e de fundo foram os substratos que apresentaram os maiores valores de riqueza taxonômica. O folhiço de correnteza registrou sua maior riqueza (54 UTOs) no período correspondente ao "início das chuvas", no trecho de 4^a ordem. A menor riqueza deste substrato foi registrada em trecho de 1^a ordem no período "seco" (28 UTOs). O folhiço de fundo apresentou o maior valor de riqueza no trecho de 2^a ordem no período "seco" (50 UTOs), e o menor, em 1^a ordem no final da estação chuvosa (32 UTOs).

O substrato arenoso embora tenha registrado uma elevada abundância, em geral, foi o que apresentou os menores valores de riqueza para os trechos de 1^a à 4^a ordem. Os substratos mais instáveis ligados às áreas de deposição (areia e folhiço de fundo) apresentaram os maiores valores de riqueza durante o período "seco" e os menores, no final da "estação da águas". No trecho de 5^a ordem, diferente do ocorrido nos trechos anteriores, os percentuais de abundância do folhiço de correnteza e da pedra foram mais elevados do que os substratos em áreas de deposição. Durante o período de seca, os trechos de rios de 1^a à 5^a ordem, mantiveram semelhanças entre seus percentuais relativos de abundância nos quatro tipos de substratos, diferentemente das outras duas épocas amostrais.

Tabela IV. Percentuais de abundância e riqueza de Unidades Taxonômicas Operacionais - UTOs de insetos aquáticos em quatro tipos de substratos: Folhiço de correnteza; Pedra; Folhiço de fundo e Areia, correspondentes às 1^a, 2^a, 4^a, 5^a e 6^a ordens do rio Macaé nas três ocasiões amostrais (Abril - Período "Final das chuvas" - P.F.C; Julho - "Período seco" - P.Seco e Outubro - Período "Início das chuvas", P.I.C).

1ª Ordem						
SUBSTRATOS	P.F.C. N total: 1730	Riqueza UTOs	P.seco N total: 1210	Riqueza UTOs	P.I.C. N total: 749	Riqueza UTOs
Folhiço de correnteza.	13,81%	28	22,2 %	26	13,2%	21
Pedra	9,82%	36	9,9 %	26	17,6%	31
Folhiço de fundo	19,53%	32	42,6 %	34	31,2%	34
Areia	56,85%	23	25,3	30	38,1%	28
2ª Ordem						
SUBSTRATOS	P.F.C. N total: 1902	Riqueza UTOs	P.seco N total: 2570	Riqueza UTOs	PIC N total: 988	Riqueza UTOs
Folhiço de correnteza.	14,59%	32	19,1%	42	17,4%	28
Pedra	11,68%	29	8,0%	27	19,1%	33
Folhiço de fundo	49,74%	37	54,0%	50	37,0%	40
Areia	26,65%	21	18,9%	30	26,6%	26
4ª Ordem						
SUBSTRATOS	P.F.C. N total: 2686	Riqueza UTOs	P.seco N total: 6722	Riqueza UTOs	PIC N total: 5196	Riqueza UTOs
Folhiço de correnteza.	28,2%	47	27,5%	46	59,8%	54
Pedra	9,8%	41	3,5%	35	11,2%	42
Folhiço de fundo	38,2%	35	53,0%	44	15,5%	40
Areia	23,7%	18	16,1%	28	13,5%	34
5ª Ordem						
SUBSTRATOS	P.F.C. N total: 2650	Riqueza UTOs	P.seco N total: 14.669	Riqueza UTOs	PIC N total: 2903	Riqueza UTOs
Folhiço de correnteza.	50,0%	18	28,0%	18	46,3%	27
Pedra	23,3%	31	18,2%	16	26,4%	17
Folhiço de fundo	6,8%	20	37,1%	25	13,6%	15
Areia	19,9%	22	16,7%	16	13,7%	15
6ª Ordem						
SUBSTRATOS	P.F.C. N total: 391	Riqueza UTOs	P.seco N total: 1321	Riqueza UTOs	PIC N total: 744	Riqueza UTOs
Folhiço de correnteza.	32,78%	17	26,6%	29	60,9%	23
Folhiço de fundo	33,33%	16	20,3%	10	17,2%	18
Areia	33,87%	7	53,1%	12	21,9%	16

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1. MEDIDAS DE DIVERSIDADE

Em geral, os estudos que definem o estado de organização estrutural de uma comunidade procuram determinar ou quantificar certos componentes principais, tais como: composição de espécies, estrutura etária da população, densidade, biomassa, estrutura trófica etc. Alguns desses componentes têm sido mensurados de modo a serem utilizados nos índices de diversidade. Tais índices resumem uma grande quantidade de informação acerca do número e composição dos organismos (organização estrutural), tendo um papel central na ecologia e biologia da conservação (RESH & JACKSON, 1993).

Em decorrência do grande número de gêneros encontrados, achamos pertinente fazer algumas considerações quanto à identificação do trecho de rio com maior diversidade e sobre as variações da diversidade no gradiente longitudinal.

As maiores valores de riqueza e abundância de táxons foram registradas no período de seca, estando este fato possivelmente associado à maior disponibilidade e estabilidade dos microhabitats durante esta época. Os folhiços, que são os substratos que apresentaram maior riqueza, não são carregados com tanta facilidade pelas chuvas, proporcionando um maior tempo de colonização e processamento da matéria bentônica pelos invertebrados. As pedras não sofrem grande impacto devido ao processo de lavagem e os substratos arenosos tornam-se mais estáveis, permitindo a criação de refúgio para instares inferiores de diversos táxons.

O padrão geral observado para a diversidade indica que todas as ordens de insetos aquáticos nessa bacia apresentaram seus maiores valores no trecho superior do rio, em especial na 4ª ordem. Postulamos que a alta diversidade nesta seção está relacionada ao aumento da complexidade e heterogeneidade do habitat (primeiro princípio de Thienemann, segundo VINSON & HAWKINS, 1998; MINSHALL & ROBINSON, 1998). Tais resultados corroboram a hipótese do CCR, que prediz uma maior diversidade em trecho médio de rio.

Três ordens de insetos estão reconhecidamente associadas às áreas montanhosas de rios do sudeste brasileiro: Trichoptera, Plecoptera e Ephemeroptera. Todas, em geral, ocorrem

em águas limpas, bem oxigenadas e em baixas temperaturas (DOMINGUEZ & VALDEZ, 1992). Portanto, uma vez que tais grupos são importantes representantes das regiões de altitude, distúrbios ambientais nas áreas das nascentes de uma bacia, podem acarretar não somente perda da diversidade biológica local, mas também provocar alterações na biota rio abaixo, já que eles são importantes para o processamento da matéria orgânica bentônica localizada nos trechos de montanha, e que será utilizada pela fauna rio abaixo (CUMMINS & KLUG, 1979).

As maiores diversidades de Odonata ocorreram em trechos de rios de pequena ordem (1ª e 2ª ordens), tal distribuição está de acordo com as previsões do CCR, que relaciona um maior número de predadores em trechos de rios de baixa ordem. Além disso, a pressão de predação sofrida pelas espécies de Odonata nesses trechos de rios pode ser minimizada, uma vez que o rio encontra-se coberto pela mata ribeirinha, dificultando o voo de potenciais aves predadoras, bem como aumentando o grau de sombreamento que também diminuirá a predação durante o momento da emergência. A pressão seletiva sobre o momento da emergência em Odonata é tão importante que a maioria das espécies tem moldado seu comportamento de emergência para o período noturno (CORBET, 1980).

3.5.2. MICRODISTRIBUIÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS POR TIPOS DE SUBSTRATO

Distribuição e abundância das ordens de insetos aquáticos por substrato

Os organismos aquáticos que vivem em ecossistemas lóticos, apresentam estratégias de ciclo de vida adaptadas pela seleção natural para suplantar as flutuações ambientais. Em geral, em regiões de clima temperado, os organismos respondem mais claramente às variações cíclicas estacionais dos fatores físicos (vazão, temperatura, iluminação) e biológicas (crescimento de plantas vasculares e algas) (LADLE & LADLE, 1992). Porém, existem evidências de que tais fatores sejam também importantes como reguladores de populações das regiões tropicais (OLIVEIRA, 1996).

A ocupação de um tipo particular de substrato é determinada em primeira instância pelo comportamento de oviposição do organismo. A distribuição, uma vez iniciada, pode ser subsequente modificada pela redistribuição através da deriva passiva ou migração ativa (LADLE & LADLE, 1992).

Os insetos aquáticos exibem um extenso repertório comportamental para oviposição. Por exemplo, os ovos tanto podem ser colocados em locais selecionados pelos adultos (ex., Simuliidae, Odonata), quanto podem ser lançados indiscriminadamente sobre a lâmina d'água (ex., Odonata) (BAY, 1974). Os ovos podem ser colocados em uma grande massa gelatinosa sobre plantas vasculares flutuantes próximo a margem do rio (ex., Trichoptera), ou ainda serem ovipostos parasitando outros organismos (ex., Hymenoptera) (CORBET, 1980; LADLE & LADLE, 1992).

Cabe lembrar que nem sempre as espécies ocupam seus habitats preferidos logo após a eclosão. Em geral, os primeiros ínstaes passam por uma fase de dispersão passiva, para somente então se estabelecerem em definitivo. Quando os insetos tornam-se grandes o suficiente para migrarem ativamente, a escolha será influenciada pela disponibilidade do recurso alimentar, pelas interações intra e interespecíficas e respostas inatas às características físico-químicas dentro do ambiente do rio (MERRITT & CUMMINS, 1984).

Embora todas as ordens de insetos tenham ocupado os quatro tipos de substratos, não foi surpresa termos observado padrões de seleção preferencial por um ou dois substratos, uma vez que a seleção e a ocupação dos diversos microhabitats dependem de adaptações morfológicas e fisiológicas particulares a cada espécie.

Os folhiços de fundo e de correnteza foram os substratos que apresentaram as maiores riquezas e abundâncias de fauna. Em geral, oferecem melhores condições de abrigo e alimentação, devido à rica flora perifítica e ao alto grau de heterogeneidade. A fauna amostrada em areia é a mais pobre entre todos os substratos, seus componentes apresentam baixa riqueza de táxons e comparecem em menor número, com exceção dos quironomídeos. Tal fato pode ser explicado não apenas pela instabilidade do substrato, mas também pela escassez de alimento e abrigo (HANKINS, 1984; VINSON & HAWKINS, 1998).

Os dois gêneros mais abundantes de Plecoptera, *Anacroneuria* e *Kempnyia*, ocuparam preponderantemente substratos distintos, folhiço de correnteza e de fundo, respectivamente. Esta separação possivelmente é o reflexo da interação competitiva entre esses gêneros, uma vez que ambos são predadores. Diferentemente do que foi descrito por PENNAK (1978), os plecópteros não ocorreram em grande abundância em pedras.

Os efemerópteros ocuparam preferencialmente os substratos de corredeiras, pedra e folhiço de correnteza, sendo observado um aumento na abundância e no número de espécies das águas mais lentas para as mais rápidas, areia \Rightarrow folhiço de fundo \Rightarrow pedra \Rightarrow folhiço de correnteza. Segundo, MACAN (1978) o comportamento de seleção desses substratos para a maioria das espécies deve estar relacionado à velocidade da corrente, pois, quanto mais rápida, maior é a quantidade de alimento que passa em um determinado tempo, favorecendo assim muitas espécies filtradoras de efemerópteros presentes no rio estudado. Possivelmente, a maior abundância dos efemerópteros na 5ª ordem represente um padrão natural. Essa característica pode estar sendo incrementada pelo aumento do número de partículas orgânicas em suspensão, provenientes dos despejos dos efluentes domésticos do distrito de Lumiar, uma vez que a maioria das espécies da ordem é predominantemente coletora.

Embora a diversidade dos Trichoptera tenha sido maior nos substratos sujeitos à alta velocidade de corrente (pedras e folhiços de correnteza), a maior abundância e os táxons dominantes foram encontrados no folhiço de fundo (*Phylloicus*, *Notalina* e *Triplectides*). Coincidentemente, os três gêneros são fragmentadores, e utilizam material vegetal para alimentação e para a construção de seus casulos. Portanto, as elevadas abundâncias verificadas para tais grupos devem estar relacionadas com o grande acúmulo de matéria particulada bentônica nos poções formados nos trechos superiores do rio, conferindo-lhes abrigo, matéria-prima e alimento em abundância.

Embora a ordem Odonata seja um grupo que explora uma grande variedade de habitats, suas ninfas são tipicamente adaptadas para viverem entre sedimentos finos e detritos (MERRITT & CUMMINS, 1984). Assim sendo, a maior ocorrência de Odonata observada nas áreas de deposição (areia e folhiço de fundo) no rio Macaé, corrobora os dados da literatura.

Abundância e riqueza nos substratos por ordem de rio

A redução da abundância dos insetos aquáticos nas áreas de depósito (areia e folhiço de fundo) no início da "estação das águas" (outubro), deve estar refletindo o efeito negativo do arraste ou lavagem do substrato pelas chuvas mais intensas ocorridas neste período. OLIVEIRA (1996) e KIKUCHI (1996) também evidenciaram os efeitos da precipitação pluviométrica na distribuição e abundância de populações de insetos aquáticos em riachos no Estado de Goiás e São Paulo, respectivamente.

Em geral, os dois microhabitats ricos em folhiço apresentaram os maiores valores de riqueza uma vez que oferecem um ambiente mais heterogêneo, propiciando melhores condições de abrigo e alimentação. A pequena riqueza taxonômica encontrada na areia pode ser explicada não apenas pela escassez de alimento e abrigo, mas, também pelo alto grau de movimentação e instabilidade desse substrato. Tal hipótese pode ser corroborada pelo fato que os maiores valores de riqueza na areia e no folhiço de fundo ocorreram durante o período "seco", época de maior estabilidade desses substratos.

O fato dos substratos folhiço de correnteza e pedra passarem a ter maiores valores de abundância no trecho inferior do rio, contrapondo-se ao ocorrido no trecho superior, onde as maiores abundâncias foram registradas nos substratos de areia e folhiço de fundo, pode estar associado com o aumento do volume de água. Esse fenômeno acarreta um aumento na quantidade de sedimentos (silte e areia) carregados das margens do rio, acabando por assorear o folhiço de fundo, diminuindo assim, sua disponibilidade para a colonização.

4. AVALIAÇÃO DO CONCEITO DE CONTINUIDADE DE RIOS (CCR): ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO MACAÉ, RJ

4.1 - INTRODUÇÃO

A visão predominante que explica o comportamento dos ecossistemas de rios quanto à sua organização estrutural e funcional é baseada primariamente em dois modelos: 1) Conceito de continuidade de rios - CCR (VANNOTE *et al.* 1980) e seus corolários, tal como o Conceito de Descontinuidade Serial (STANFORD & WARD, 1983), o qual integra os efeitos de grandes represas e reservatórios ao CCR e o conceito que integra as idéias da dinâmica de manchas e o CCR (BRETSCHKO, 1995);- 2) Conceito de Pulso de Inundação para sistemas de rios de planícies inundáveis (JUNK *et al.* 1989).

Dos dois modelos, o CCR é o único que trata especificamente dos fatores que atuam na organização das comunidades de rios ao longo do gradiente da bacia. O CCR propõe que a rede de drenagem da bacia fluvial apresenta uma série contínua do gradiente físico, com a biota se ajustando às condições de equilíbrio dinâmico do rio. Segundo esse conceito, os rios podem ser vistos como sistemas ligados longitudinalmente, nos quais os processos biológicos ocorridos nos ecossistemas à jusante dependeriam dos processos ocorridos a montante. Desta forma, para um melhor entendimento sobre como se comportam as comunidades biológicas nos ecossistemas de rios, os estudos devem considerar em suas análises tanto os aspectos do gradiente físico como a entrada e o processamento de energia pelas categorias funcionais tróficas de macroinvertebrados.

O CCR foi desenvolvido e testado com referência a ecossistemas de rios temperados e não perturbados nos EUA (VANNOTE *et al.* 1980; CULP & DAVIES, 1982; BARMUTA & LAKE, 1982; CUSHING *et al.* 1983b; MINSHALL *et al.* 1983b; SEDELL & VANNOTE, 1983; CUMMINS *et al.* 1984; MINSHALL *et al.* 1985). No entanto, embora tais autores assumam que o modelo proposto pelo CCR possui uma universalidade, admitem possíveis acomodações no

que se trata de distúrbios por enriquecimento orgânico e assoreamento, de forma que ainda se possa estabelecer uma resposta previsível de mudança do contínuo ao longo do rio.

Por outro lado, o CCR não faz previsões quanto ao comportamento das comunidades em rios de altas montanhas ou localizadas a grandes latitudes, bem como aquelas estabelecidas em rios que percorrem regiões xeromórficas ou que descem encravados em vales profundos. Os tributários que entram no rio principal podem ter efeitos localizados, variando de magnitude, dependendo do volume e natureza da descarga. Em tais situações podem ocorrer desvios do padrão geral descrito no conceito. O conceito não prevê conjecturas a respeito da organização das comunidades nos deltas e estuários. Não são mencionadas ainda, as modificações sofridas no padrão predito pelo CCR devido à influência de lagos naturais ou artificiais que ocupam posições intermediárias ao longo do rio. Esta última proposição foi parcialmente resolvida com a apresentação do CDS por WARD & STANFORD (1983).

Desde a sua apresentação por VANNOTE *et al.* (1980), o CCR tem sido freqüentemente testado em rios pequenos e médios de 1ª à 7ª ordem em clima de regime temperado e especialmente no hemisfério norte (CUP & DAVIES, 1982; CUSHING *et al.* 1983b; MINSHALL *et al.* 1985; BRUSSOCK & BROWN, 1991). No entanto, poucos estudos têm verificado a validade das previsões do modelo em rios tropicais (WINTERBOURNE *et al.* 1981; KING *et al.* 1987a, 1987b, 1988; NAIR *et al.* 1989; BURTON & SIVARAMAKRISHNAN, 1993).

4.2.OBJETIVOS

Neste capítulo, complementando as observações obtidas sobre os padrões de distribuição espacial das comunidades ao longo do gradiente do rio Macaé, procurou-se avaliar a adequação do modelo proposto pelo CCR quanto às seguintes questões:

- 1) As contribuições percentuais de dominância das categorias funcionais tróficas das comunidades de insetos aquáticos variam ao longo do rio, de acordo com o modelo proposto pelo CCR?
- 2) A variação na riqueza biótica ao longo dos rios pode estar positivamente relacionada à magnitude da variação diária na temperatura da água?
- 3) O processo de transformação (fragmentação) da matéria orgânica bentônica, no gradiente longitudinal do rio segue a previsão de que há um aumento da matéria orgânica particulada fina (MOPF, < 1mm) e diminuição da matéria orgânica particulada bruta (MOPB > 1mm), conforme o aumento do tamanho do rio?

4.3 - MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1. CATEGORIA FUNCIONAL TRÓFICA

A classificação das UTOs nos grupamentos de alimentação funcional (CFT) foi feita de acordo com MERRITT & CUMMINS (1984). Nos efemerópteros e nos gêneros de tricópteros *Phylloicus* e *Tripectides*, o enquadramento foi realizado com base na análise do conteúdo estomacal e estudo da microanatomia bucal (Anexo 4). No caso dos Tipulidae, a análise de conteúdo estomacal evidenciou a presença de coletores e cortadores nos trechos superiores (1ª a 4ª ordens) e médio (5ª ordem), enquanto na 6ª ordem foram encontrados apenas coletores. Nas UTOs representadas por mais de uma categoria funcional, a quantificação foi realizada pela atribuição de proporcionalidade entre as CFTs (Tabela V).

A medição da biomassa das UTOs foi realizada através da pesagem individual de cada espécime das ordens Odonata, Hemiptera e Megaloptera, na mesma balança analítica empregada para a pesagem de matéria orgânica. Para as UTOs restantes, foi tirado o peso úmido médio, tomando como base a pesagem de vários estágios de desenvolvimento.

TABELA V . Enquadramento dos insetos aquáticos encontrados nas diferentes ordens de rios na bacia do rio Macaé, quanto a sua categorização funcional trófica. Cl. - Coletor; Cl.esc. -Coletor escovador; Cl.fil. - Coletor filtrador; Cl. Cat. Coletor catador; Ra. - Raspador; Pd.- Predador; Frg.- Fragmentador, * *Elasmothermis cannacioides*

TÁXONS	CFT	TÁXONS	CFT
PLECOPTERA		TRICHOPTERA (cont.)	
<i>Anacroneturia</i> spp.	Pd.	<i>Polycentropus</i>	Pd. Frg.
<i>Gripopteryx</i> sp.	Cl.	<i>Protoptila</i>	Ra.
<i>Kempnyia</i> sp.1	Pd.	<i>Smicridea</i>	Cl.
<i>Kempnyia</i> sp.2	Pd.	<i>Triplectides</i>	Frg.
<i>Kempnyia</i> sp.3	Pd.	ODONATA	
<i>Kempnyia</i> sp.4	Pd.	<i>Argia</i>	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.5	Pd.	<i>Brechmorhoga</i> sp.1	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.6	Pd.	<i>Brechmorhoga</i> sp.2	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.7	Pd.	<i>E. cannacioides</i> *	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.8	Pd.	<i>Epigomphus</i> sp.1	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.9	Pd.	<i>Epitogomphus</i> sp.2	Pd.
<i>Kempnyia</i> sp.10	Pd.	<i>Gomphoides</i> .	Pd.
<i>Macrogynoplax</i>	Pd.	<i>Hetaerina</i>	Pd.
<i>Tupiperla</i>	Cl.	<i>Limnetron</i>	Pd.
<i>Paragnipopteryx</i>	Cl.	<i>Neocordulia</i>	Pd.
EPHEMEROPTERA		<i>Progomphus</i>	Pd.
<i>Askola froehlichii</i>	Cl.-Ra	HEMIPTERA	
<i>Baetis</i>	Cl.-Ra	Belastomatidae	Pd
<i>Baetodes</i>	Cl -Ra.	Cryphocricinae	Pd.
<i>Camelobaetidius</i>	Cl -Ra.	Gerridae	Pd.
<i>Campylocia</i>	Cl.	<i>Limnocoris</i> .	Pd.
<i>Cloeodes</i>	Cl - Ra.	<i>Neoplea</i>	Pd.
<i>Farrodes</i>	Cl.Esc	<i>Notonecta</i>	Pd.
<i>Hagenulopsis</i>	Cl.	Potamocorinae	Pd.
<i>Hylister plaumanni</i>	Cl.Fil.	Velliidae	Pd.
<i>Lachlania boanovae</i>	Cl.Fil	MEGALOPTERA	
<i>Leptohyphes pereirae</i>	Cl.Peg	<i>Chloronia</i>	Pd.
<i>Leptohyphes</i> sp.1	Cl.Cat.	<i>Corydalis</i>	Pd.
<i>Leptohyphes</i> sp.2	Cl.Cat.	DIPTERA	
<i>Massartella brieni</i>	Cl -Ra.	Blephariceridae	Ra
<i>Miroculis froehlichii</i>	Cl.Esc.	Canaceidae	Ra.
<i>Miroculis</i> sp1	Cl.Esc.	Ceratopogonidae	Pd. - Cl
<i>Pseudocloeon</i>	Cl.Esc -Ra.	Chironomini	Cl.
<i>Thraulodes</i>	Cl.Esc.	Deuterophlebitidae	Ra
<i>Tricorythodes</i>	Cl.	Dixidae	Cl.
<i>Ulmentus</i>	Cl - Ra.	Empididae	Pd.- Cl
TRICHOPTERA		Orthocladinae	Cl.- Ra
<i>Antarctoecia</i>	Cl.	Psychodidae	Cl
<i>Atopsyche</i>	Pd.	Simuliidae	Cl.
<i>Barypenthus</i>	Frg.	Stratiomyidae	Cl.
<i>Blepharopus</i>	Cl.	Tabanidae	Pd.
<i>Chimarra</i>	Cl	Tanypodinae	Pd.
<i>Grumichella</i> .	Ra. - Cl.	Tanytarsini	Cl
<i>Helicopsyche</i> sp.1	Ra.	Tipulidae	Cl -Frg.
<i>Helicopsyche</i> sp.2	Ra.	BLATTARIA	Cl.
<i>Hudsonema</i>	Cl - Pd - Ra.	LEPIDOPTERA	
Hydropsychidae sp.1	Cl.	<i>Acentria</i>	Frg.
Leptoceridae sp.1	Cl.	Cossidae	Frg.
Leptoceridae sp.2	Cl.	<i>Parapoynx</i>	Frg.
Leptoceridae sp.3	Cl.	<i>Petrophila</i>	Frg.
<i>Leptonema</i>	Cl.	COLEOPTERA	
Limnephilidae	Frg.	Dryopidae	Cl - Frg. - Ra
<i>Marilia</i> .	Frg.	Dytiscidae	Pd
<i>Nectopsyche</i>	Cl.	Elmidae	Ra.- Cl.
<i>Notalina</i> .	Cl.- Frg.- Pd - Ra.	Gyrinidae	Pd
<i>Notalina</i> .	Cl.- Frg.- Pd - Ra.	Hydrophilidae	Cl - Pd
<i>Oecetis</i>	Pd	Limnichidae	Cl
<i>Phylloicus</i> .	Frg.	Psephenidae	Ra
<i>Plectromacronema</i>	Cl.	Scirtidae	Cl - Ra - Frg.
<i>Polycentropodidae</i> sp.1	Cl -Pd	Staphylinidae	Pd
<i>Polycentropus</i>	Pd. Frg.		

4.3.2. DIVERSIDADE DA FAUNA X FATORES AMBIENTAIS

Com o objetivo de verificar as previsões do CCR sobre a relação da diversidade relativa das comunidades biológicas com a variação do pulso diário da temperatura da água, foi aplicado, para o conjunto de UTOs em cada ordem de rio, um índice de riqueza baseado no método de rarefação, segundo LUDWIG & REYNOLDS (1988). Os procedimentos para o registro dos valores do pulso diário da temperatura da água já foram descritos no capítulo anterior.

4.3.3. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA BENTÔNICA

Nas três ocasiões amostrais foram verificadas as razões MOPB/MOPF. As medições foram realizadas com base nas amostras do folhiço de fundo, após a triagem dos insetos. A matéria orgânica bentônica foi desidratada em estufa a 60°C e separada em duas categorias de tamanho, por agitação, em peneira de malha de 1 mm. A pesagem da matéria orgânica particulada foi realizada em balança analítica digital com precisão centesimal do grama.

4.4. RESULTADOS

4.4.1. CATEGORIZAÇÃO FUNCIONAL TRÓFICA

Na tabela VI apresentamos o percentual de dominância das quatro categorias funcionais tróficas para cada ordem de rio por ocasião amostral.

Tabela VI . Percentuais de dominância dos grupamentos funcionais tróficos ao longo do perfil longitudinal da bacia do Rio Macaé (RJ), nos meses: abril (a), julho (b) e outubro (c).

(a)

CFT	1ª Ordem (%)	2ª Ordem (%)	4ª Ordem (%)	5ª Ordem (%)	6ª Ordem (%)
Predadores	11,18	11,11	20,74	14,54	3,85
Coletores	54,32	66,20	40,26	77,26	90,53
Fragmentadores	28,50	19,13	35,51	2,53	1,35
Raspadores	6,0	3,65	3,48	5,67	4,25

(b)

CFT	1ª Ordem (%)	2ª Ordem (%)	4ª Ordem (%)	5ª Ordem (%)	6ª Ordem (%)
Predadores	18,36	29,48	11,5	9,12	10,0
Coletores	40,69	34,17	55,57	77,87	85,0
Fragmentadores	35,25	26,97	25,72	0,16	0,0
Raspadores	5,7	5,7	7,16	12,83	5,0

(c)

CFT	1ª Ordem (%)	2ª Ordem (%)	4ª Ordem (%)	5ª Ordem (%)	6ª Ordem (%)
Predadores	30,91	23,51	14,85	16,63	19,28
Coletores	33,93	43,0	51,64	70,16	67,0
Fragmentadores	29,66	20,37	24,24	1,24	2,87
Raspadores	5,5	8,01	7,19	11,99	11,22

COLETORES

No final da estação das chuvas (abril), as UTOs que mais contribuíram para a formação da biomassa total de coletores (56,15 g) considerando o somatório dos pesos para todas as ordens de rios, foram Chironomini (43,4%), *Leptonema* (10,7%), *Hylister plaumanni* (7,6%) e *Blepharopus* (4,3%), perfazendo 66% do total. No período de "seca" (julho) a biomassa total dos coletores foi de 128,9g. Os Tipulidae (7,7%), Simuliidae (19,3%) e Chironomini (45,8%) contribuíram com 72,8% deste total. No início do período de chuvas (outubro), novamente os Chironomini (47%) e os Tipulidae (9,15%) juntamente com *Leptonema* (5,9%), foram os grupos que mais contribuíram para a formação da biomassa de coletores, perfazendo um total de 62,05%.

FRAGMENTADORES

Os fragmentadores diminuíram sua importância relativa conforme o aumento de ordem do rio. As duas ordens de insetos que mais contribuíram para formação desta categoria funcional foram os Trichoptera dos gêneros *Triplectides* (34,3%) e *Phylloicus* (29,6 %) e os Diptera da família Tipulidae (30,2%), as quais formaram 94,1% da biomassa dos fragmentadores (21,9 g) da amostragem do final da estação chuvosa (abril). No período seco, os gêneros *Phylloicus* e *Triplectides* contribuíram com 70,2% e 13,4%, respectivamente, para um total de biomassa de 28,3 g. Novamente em outubro, *Phylloicus* e *Triplectides* e os Tipulidae foram os grupos que mais contribuíram para a formação da biomassa total de fragmentadores (93,4 %).

RASPADORES

Com exceção do gênero *Helicopsyche* (Trichoptera), que contribuiu com um pequeno percentual da biomassa no mês de abril, as diversas morfoespécies da família Elmidae, juntamente com os dípteros Orthocladiinae (Chironomidae), foram os raspadores dominantes nos três períodos amostrais, em geral, contribuindo com mais de 60% de seus pesos para a biomassa total.

PREDADORES

De um modo geral, os grandes predadores foram os que mais contribuíram para o total da biomassa nos três períodos amostrais, tais como, Plecoptera (*Anacroneturia* spp., *Kempnyia* spp.), Megaloptera (*Corydalus* spp.) e diversas espécies da ordem Odonata.

4.4.2. DIVERSIDADE DA FAUNA X FATORES AMBIENTAIS

As flutuações diárias da temperatura da água do rio apresentaram pequena amplitude em trechos de rios de baixa ordem, 2°C na 1ª ordem e 3°C na 2ª ordem, e aumento do pulso nos trechos de 4ª e 5ª ordens (9°C), atingindo seu valor máximo em 6ª ordem (14°C). A riqueza da fauna, por sua vez, atingiu seu valor máximo no trecho de rio de 4ª ordem (Fig.34).

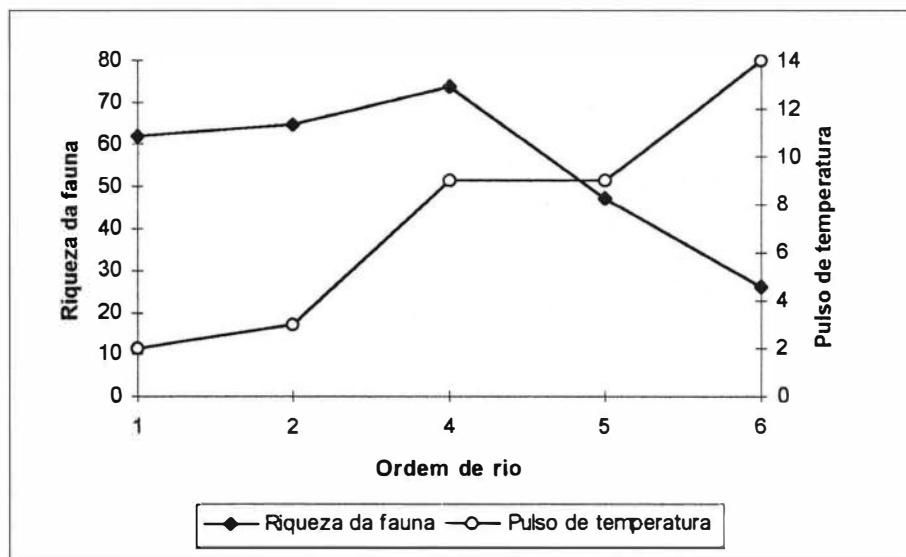


Figura 34. Relações entre pulso de temperatura diária da água e riqueza da fauna entre os pontos amostrais, da bacia do rio Macaé.

4.4.3. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA BENTÔNICA

A quantificação do peso seco da matéria orgânica bentônica ao longo do gradiente longitudinal indicou haver uma tendência para o decréscimo da MOPB, acompanhada do aumento da MOPF com o aumento do tamanho do rio (Tabela VII).

Tabela VII - Razão do peso seco entre MOPB/MOPF nas cinco estações de coleta na bacia do rio Macaé, nos meses de abril (a) julho (b) e outubro (c). MOB = Matéria Orgânica Bentônica; MOPB = Matéria Orgânica Particulada Bruta; MOPF = Matéria Orgânica Particulada Fina

(a)

MOB	1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem
MOPB (g)	87,9	288,6	413,6	145,2	53,8
MOPF (g)	25,0	32,2	65,8	209,3	43,8
MOPB/MOPF	3,50	8,96	6,28	0,69	1,23

(b)

MOB	1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem
MOPB (g)	137	228,4	405,6	194,9	178,6
MOPF (g)	8,9	12,86	29,28	19,1	20,2
MOPB/MOPF	15,39	17,76	13,8	10,2	8,84

(c)

MOB	1ª Ordem	2ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem	6ª Ordem
MOPB (g)	57,25	109,1	69,35	89,25	73,05
MOPF (g)	1,1	4,55	6,1	8,35	17,5
MOPB/MOPF	52	23,9	11,36	10,68	4,17

4.5. DISCUSSÃO

Historicamente, uma das idéias centrais sobre funcionamento dos ecossistemas de rio é a de comunidades sendo estruturadas por interações bióticas de acordo com as variações do ambiente na escala espacial e temporal, formando assim comunidades fortemente estruturadas e interdependentes. Na visão oposta, a biota dos rios é vista como um agrupamento de espécies oportunistas, sobrevivendo e aumentando suas populações enquanto as condições são favoráveis entre os períodos de enchentes catastróficas e de seca (REICE, 1994).

A concepção mais aceita atualmente é formada pelo conceito moderador proposto no CCR por VANNOTE *et al.* (1980), que conduz a uma interpretação na qual as comunidades encontrar-se-iam entre esses dois extremos, sendo organizadas e limitadas tanto por processos determinísticos quanto por fatores estocásticos.

De acordo com VANNOTE *et al.* (1980), as comunidades lólicas podem ser grosseiramente agrupadas conforme o tipo de processo predominante utilizado por seus membros para obtenção de alimento. Assim sendo, nos rios de cabeceira predominam condições heterotróficas detritívoras, baseadas na utilização de matéria alóctone proveniente da mata vizinha. À medida que a influência da cobertura vegetal diminui, passam a predominar no rio processos autotróficos que determinam uma modificação na biota, a fim de maximizar a utilização dos novos recursos agora disponíveis. Essa transição para rios que se encontram em florestas decíduas ou de coníferas (condições para as quais o CCR foi proposto) foi identificada como ocorrendo aproximadamente em trechos de 3^a ordem (VANNOTE *et al.*, 1980). Deste modo, os autores consideram rios de cabeceiras os trechos situados de 1^a a 3^a ordens, onde predominam processos heterotróficos. Os trechos médios (4^a a 6^a ordens) correspondem a seções sujeitas à grande influência das condições autotróficas. Nos trechos inferiores de rios maiores que a 6^a ordem, ocorre a redução do tamanho do material orgânico transportado, aumento da turbidez e redução da produtividade primária, favorecendo assim o predomínio de organismos coletores.

Nas condições encontradas na bacia do rio Macaé, a estrutura e composição da fauna de insetos aquáticos mostrou uma nítida separação de 1ª a 4ª ordens em relação às encontradas em 5ª e 6ª ordens. Em parte, essa disruptura no padrão da fauna pode ser explicada pelo predomínio de fragmentadores nos trechos superiores e de coletores à jusante. De acordo com as características fisiográficas encontradas no trecho de 4ª ordem, podemos supor que neste trecho do rio deve se encontrar a zona de transição da condição heterotrofia para a autotrofia.

Segundo STATZNER & HIGLER (1985), as ordens de rios não expressam uma descrição confiável do ambiente físico do rio, devendo ser consideradas condições particulares de sua morfologia, tais como inclinação, constituição litológica, bem como as características de estresse hidráulico decorrentes da geomorfologia da rede hidrológica. Deste modo, observamos que para a bacia do rio Macaé, o trecho médio de rio mais característico se encontraria entre a 3ª e 4ª ordens até uma altitude de aproximadamente de 800 metros (final do ritron superior). O ritron médio começaria ainda em 4ª ordem em torno de 700 metros, percorrendo toda a seção de 5ª ordem e terminaria em 200 metros de altitude, já em 6ª ordem. O ritron inferior corresponderia apenas a uma pequena seção do rio com cerca de 4 km, abrangendo o trecho a partir de 200 metros de altitude até o início da seção potamal, onde predominariam os processos físicos característicos de uma zona de transição entre condições erosivas e de deposição com o aparecimento de meandros. A partir deste trecho verifica-se uma nítida zona de deposição, com a 6ª ordem apresentando características de potamal superior.

VANNOTE *et al.* (1980) argumentam que em rios sob condições naturais a distribuição longitudinal da riqueza de espécies acompanha uma curva normal, com o pico ocorrendo no trecho médio do rio. Segundo o CCR, este padrão é modelado dentre outros fatores, pela curva do pulso de temperatura diária da água ao longo do gradiente. Nesse contexto, nossos resultados corroboram parcialmente as previsões do CCR, tendo o valor máximo de riqueza ocorrido no trecho de 4ª ordem, local de transição entre trechos de cabeceira e trechos médios de rio, acompanhando também uma maior amplitude nas temperaturas diárias da água. Cabe

ressaltar que não consideramos o pulso de 14°C registrado em 6ª ordem, devido aos efeitos percebidos pelo assoreamento e diminuição da lâmina d'água, acarretando na diminuição da capacidade de tamponamento das variações diárias de temperatura da água, em função da perda do efeito regulador ligado ao fenômeno de aquecimento e dissipação de calor nas grandes massas de água (MINSHALL *et al.* 1985).

NAIR *et al.* (1989) encontraram nos rios indianos uma maior riqueza de insetos aquáticos também em trecho médio de rio, porém não observaram modificações no pulso de temperatura ao longo do perfil longitudinal. Desta forma, os autores relacionam a maior diversidade neste trecho do rio a uma maior complexidade do hábitat e não ao pulso de temperatura. Nossos resultados indicaram que o pulso de temperatura manteve-se constante nos trechos de rios de 4ª e 5ª ordens, porém, registrando um decréscimo na riqueza. A diminuição da riqueza em 5ª ordem pode estar relacionada mais fortemente aos efeitos do aumento do estresse hidráulico e processos de sedimentação nas áreas de poções do que à perda de heterogeneidade do hábitat.

O CCR propõe que a biota se ajuste funcionalmente de acordo com as condições de fluxo de energia no rio, havendo uma diminuição proporcional da razão MOPB/MOPF em direção à foz. Deste modo, haveria maior disponibilidade de material orgânico particulado bruto nos trechos de cabeceira, refletindo-se em um maior número de cortadores do que nos trechos inferiores, onde estariam disponíveis maiores quantidades de partículas finas em suspensão, favorecendo assim a dominância pelos coletores. Nossos resultados corroboram esta interpretação, tendo sido verificada uma tendência de diminuição da razão MOPB/MOPF, conforme o aumento do tamanho do rio, seguida também de grande contribuição percentual no número de cortadores nos trechos superiores e coletores nas áreas inferiores (Tabela VI).

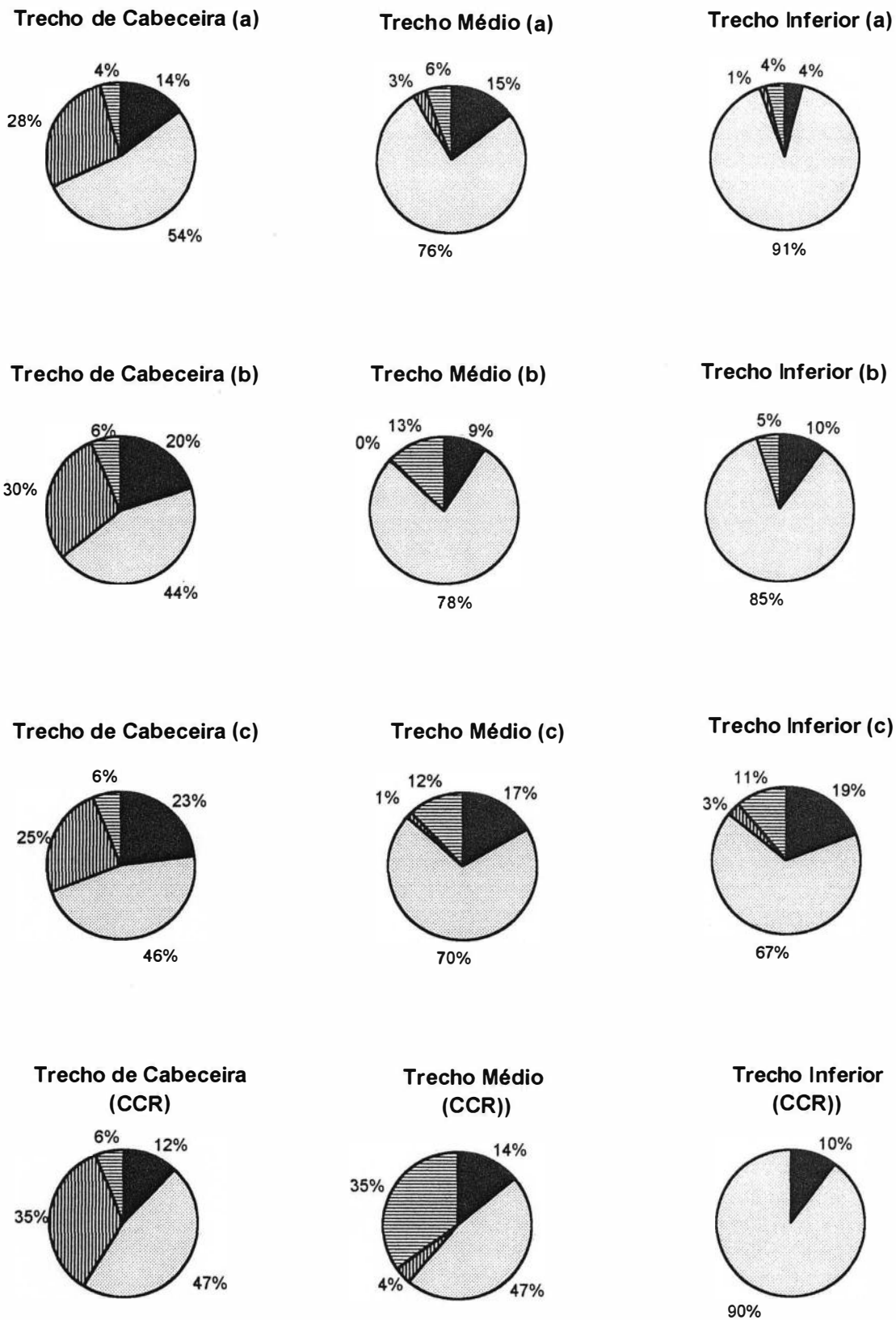
Os estudos de BURTON & SIVARAMAKRISHNAN (1993) e DUDGEON (1994), conduzidos em rios tropicais na Índia (Asia) e Nova Guiné (Oceania), respectivamente, apresentaram resultados conflitantes se comparados com os obtidos no presente trabalho. Em ambos os países, os autores não encontraram qualquer consistência no decréscimo na abundância de cortadores em direção à foz, uma vez que eles foram pouco representados em

todas as ordens de rio estudadas. DUDGEON (1994) conclui que este fato poderia ser um reflexo de uma história biogeográfica desfavorável à penetração de tais grupos nesta região, ou ainda estar relacionado à baixa capacidade de retenção da matéria orgânica bentônica bruta, devido a características hidrológicas e regimes de precipitação peculiares.

A classificação dos invertebrados bentônicos em categorias funcionais tróficas é um atributo fundamental do CCR. Assim sendo, segundo os autores do conceito, a organização funcional das comunidades aconteceria de forma previsível ao longo do gradiente longitudinal, com os cortadores sendo co-dominantes com os coletores nos trechos de cabeceira, refletindo a importância da zona ripária. Com o aumento do tamanho do rio, haveria uma redução geral no tamanho das partículas de detritos, aumento gradual no número de coletores e diminuição nos cortadores. O domínio dos raspadores acompanharia as mudanças na produtividade primária, sendo maximizado em rios de tamanho médio. Os predadores manteriam seu percentual de dominância inalterado ao longo do gradiente.

Os percentuais de dominância das CFTs encontrados na bacia do rio Macaé, quando comparados com os apresentados por VANNOTE *et al.* (1980), segundo a divisão do rio em trechos de cabeceira, médio e inferior, responderam de forma semelhante às previsões do CCR (Fig. 35). Cabe ressaltar que a inconsistência observada no percentual de raspadores esperado para o trecho médio de rio na bacia em questão, pode ser explicada pela ausência de moluscos gastrópodos (raspadores), grupo este, comum nos rios onde o CCR foi testado (BRANSON. 1969).

Em geral, a variação no domínio das CFTs disposta ao longo do perfil da bacia do Rio Macaé, foi semelhante às obtidas por NAIR *et al.* (1989) e conflitante com as de WINTERBOURN *et al.* (1981); KING *et al.* (1987a, 1987b, 1988), BURTON & SIVARAMAKRISHNAN (1993) e DUDGEON (1994), obtidas em alguns rios tropicais ou situados em clima subtropical e temperados do hemisfério sul.



■ Predadores □ Coletores ▨ Fragmentadores ▩ Raspadores

Fig. 35 - Comparação entre os percentuais de dominância das categorias funcionais tróficas encontradas na bacia do rio Macaé, para os meses de abril (a), julho (b) e outubro (c) e os percentuais de dominância das CFT encontrados no CCR (VANNOTE *et al*; 1980)

Embora algumas das previsões do CCR tenham sido válidas para esta bacia localizada em áreas de floresta ombrófila densa de Mata Atlântica, devemos ter cautela quanto a generalizações, pois outros rios, mesmo no domínio da Mata Atlântica, podem exibir padrões diferenciados, tais como alta declividade nos rios da vertente da Serra da Bocaina que corre para o oceano, devido à redução de seus dispositivos de retenção e regime de precipitação; e rios que percorrem a Serra da Mantiqueira que estão sob influência de uma floresta decídua, que apresentam maior definição entre as estações seca e chuvosa, contribuindo para a formação de um padrão diferenciado no período de queda da folhagem.

4.6. CONCLUSÕES

1. O percentual de dominância entre as categorias funcionais tróficas ao longo das ordens de rio seguem parcialmente as previsões do CCR: há um decréscimo da participação dos fragmentadores e acréscimo de coletores conforme o aumento do tamanho dos rios.
2. A maior riqueza da fauna de insetos aquáticos ocorre em trecho médio de rio em 4ª ordem.
3. O aumento da quantidade de matéria orgânica particulada fina nos trechos inferiores do rio, com a elevação no número de organismos coletores, corrobora a hipótese de que as comunidades rio abaixo dependem dos processos funcionais ocorridos rio acima.
4. Em geral, o modelo proposto no Conceito de Continuidade de Rios (CCR) parece se adequar às condições de rios da serra do Mar sob o domínio da Mata Atlântica.

4.7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Reconhecidamente, as políticas de conservação delineadas para os ecossistemas terrestres não podem ser transferidas diretamente para os sistemas aquáticos, na medida que as escalas diferem espacial e temporalmente. Desta forma, atributos específicos dos ecossistemas aquáticos, particularmente os lóticos, devem ser levados em consideração no momento da delimitação das áreas de proteção. Como consequência, nos poucos remanescentes da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, em geral, apenas as áreas das nascentes, correspondentes a trechos de rios de 1ª e 2ª ordens estão protegidos, por exemplo: Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Estação Ecológica Paraíso, Parque Estadual do Desengano, Parque Nacional da Floresta da Tijuca, Parque Estadual da Pedra Branca, Reserva Biológica de Tingüá, entre outras áreas de menor extensão. No entanto, nossos resultados indicam que a tomada de decisão para as propostas de manejo e proteção de ecossistemas de rios da Mata Atlântica, devem levar também em consideração, a proteção do trecho médio dos rios que mantêm as maiores diversidades de insetos aquáticos, trecho este, correspondente a rios de 3ª e 4ª ordens.

2. A proteção das áreas de cabeceiras e de trechos médios manteria a diversidade não apenas em nível local, mas também ajudaria a preservar as espécies encontradas à jusante, uma vez que estas dependem parcialmente das partículas orgânicas processadas pelas comunidades rio acima.

3. A extensa degradação dos trechos inferiores dos rios afeta particularmente as espécies de insetos aquáticos que apresentam alta diversidade e abundância nesses trechos, como por exemplo as espécies da ordem Ephemeroptera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGRISANO, E. B. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. *Metodologías para su estudio - Tomos I-II-III*, La Plata, 1199-1237p.
- ALLANSON, B. R.; HART, R. C.; O'KEEFFE, J. H. & ROBARTS, R. D. 1990. Inland water of Southern Africa: An Ecological Perspective. *Monogr. Biol.*, 64: 1-435.
- ALLEE, W. C.; EMERSON, A. E.; PARK, O; PARK, T. & SCHMIDT, K. P. 1949. *Principles of Animal Ecology*, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 837p.
- ARUNACHALAM, M.; NAIR, K. C. M.; VIJVERBERG, J.; KORTMULDER, K. & SURIYANARAYANAN, H. 1991. Substrate selection and seasonal variation in densities of invertebrate in stream pools of a tropical river. *Hydrobiologia*, 213: 141-148.
- AUSTIN, M. P. 1985. Continuum concept, ordination methods and niche theory. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 39-61.
- BARMUTA, L. A. & LAKE, P. S. 1982. On the value of the river continuun concept. *New Zealand Journal. Mar. Freshwater Res.*, 16: 227-231.
- BAY, E. C. 1974. Predator-prey relationships among aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 19: 441-454.
- BENEDETTO, L. 1974. Clave para la determinacion de los Plecoptera sudamericanos. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 9: 141-170.
- BRANSON, B. A. 1969. Distribution notes on western and southwestern snails. *Sterkiana*, 36:1-21
- BRETSCHKO, G. 1995. River/ land ecotones: scales and patterns. *Hydrobiologia*, 303: 83-91.
- BRONMARK, C.; HERRMANN, J.; MALMQVIST, B.; OTTO, C. & SJOSTROM, P. 1984. Animal community structure as a function of stream size. *Hydrobiologia*, 112: 73-79.
- BRUSSOCK, P. P. & BROWN, A. V. 1991. Riffle-pool geomorphology disrupts longitudinal patterns of stream benthos. *Hydrobiologia*, 220: 109-117.

- BURTON, T. M. & SIVARAMAKRISHNAN, K. G. 1993. Composition of the insect community in the streams of the Silent Valley National Park in Southern India. *Trop. Ecol.*, 34(1): 1-16.
- CÂMARA, I. G. 1991. *Plano de Ação para a Mata Atlântica*. Fundação SOS Mata Atlântica. Rio de Janeiro, 152p.
- CHUTTER, F. M. 1973. An ecological account of the past and future of South African rivers. *Limnol. Soc. Southern Africa Newslett.*, No. 21: 22-34.
- CLEMENT, F. E. & SHELFORD, V. E. 1939. *Bio-Ecology*. 1^a ed., Jonh Wiley, New York, 425p.
- CLEMENTS, F. E. 1929. Climatic cycles and changes of vegetation. *Cycles Carnegie Inst. Wash.*, 3-4: 64-71.
- CLEMENTS, F. E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal Ecol.*, 24: 252-284.
- COLE, L. C. 1946. A study of the Cryptozoa of an Illinois woodland. *Ecol. Monog.*, 16: 49-86.
- CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- CORBET, P. S. 1980. Biology of Odonata. *Annu. Rev. Entomol.*, 2: 189 - 217.
- CUMMINS, K. W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, 24: 631-641.
- CUMMINS, K. W. & KLUG, M. J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 10: 147-72.
- CUMMINS, K. W.; MINSHALL, G. W. ; SEDELL, J. R. ; CUSHING, C. E. & PETERSEN, R. C. 1984. Stream ecosystem theory. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 22: 1818-1827.
- CULP, J. M. & DAVIES, R. W. 1982. Analysis of longitudinal zonation and river continuum concept in the Oldman-South Saskatchewan river system. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1258-1266.
- CURTIS, J. T. & McINTOSH, R. P. 1951. The upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32: 476-496.
- CURTIS, J. T. 1959. *The vegetation of Wisconsin*, University of Wisconsin Press, Madison, [?p].

- CUSHING, C. E.; MCINTIRE, C. D.; CUMMINS, K. W.; MINSHALL, G. W.; PETERSEN, R. C.; SEDELL, J. R & VANNOTE, R. L. 1983. Relationships among chemical, physical, and biological indices along river continuum based on multivariate analysis. *Arch. Hydrobiol.*, 98: 317-326.
- DENAE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Microsistema de Dados Hidrometeorológicos (Banco de Dados da Sub-bacia 59). Ministério das Minas e Energia, Brasília, [?p].
- DIAMOND, J. M. 1975. Assembly of species communities. In: Cody, M. L. & Diamond, J. M. M. (eds). *Ecology and Evolution of Communities*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 342-444p.
- DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M. D.; PETERS, W. L. 1992. Clave para ninfas y adultos de las familias y generos de Ephemeroptera Sudamericanos. *Biol. Acuatica*, 16: 5-39.
- DOMINGUEZ, E. & VALDEZ, B. 1992. Altitudinal replacement of Ephemeroptera in a subtropical river. *Hydrobiologia*, 246: 83-88.
- DRAKE, J. A. 1990. The mechanics of community assembly and succession. *Journal Theor. Biol.*, 147: 213-233.
- DRAKE, J. A. 1991. Community-assembly mechanics and the structure of an experimental species ensemble. *Am. Nat.*, 137: 1-26.
- DUDGEON, D. 1982. Aspects of the microdistribution of insect macrobenthos in a forest stream in Hong Kong. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 64: 221-239.
- DUDGEON, D. 1994. The influence of riparian vegetation on macroinvertebrate community structure and functional organization in six new Guinea streams. *Hydrobiologia*, 294: 65-85.
- ELTON, C. 1927. *Animal Ecology*. Sidgwick and Jackson, London, [?p].
- FRISSELL, C. A.; LISS, W. J.; WARREN, C.E. & HURLEY, M. D. 1986. A hierarchical framework for stream hábitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environ. Manage.*, 10(2): 199-214.

- FROEHLICH, C. G. 1984. Brazilian Plecoptera 4. Nymphs of perlid genera from southeastern Brazil. *Ann. Limnol.*, 20: 43-48.
- GILLER, P. S. & GEE, J. H. R. 1987. The analysis of community organization: the influence of equilibrium, scale and terminology. In: Gee, J. H. R. & Giller, P.S.(eds). *Organization of Communities Past and Present*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 519-542 p.
- GLEASON, H. A., 1917. The structure and development of the plant association. *Bull. Torrey Bot. Club*, 44: 463-481.
- GLEASON, H. A., 1926. The individualistic concept of the association. *Am. Midl. Nat.*, 21: 92-110.
- GROSSMAN, G. D.; MOYLE, P. B. & WHITAKER, J. O. 1982. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. *Am. Nat.*, 120: 423-454.
- HAWKINS, C. P. 1984. Substrate associations and longitudinal distributions in species of Ephemerellidae (Ephemeroptera: Insecta) from western Oregon. *Freshwater Invertebr. Biol.* 3(4): 181-188.
- HYNES, H. B. N. 1970. The ecology of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 15: 25-42.
- HYNES, H. B. N. 1975. The stream and its valley. *Proc. Int. Assoc. Theoret. Appl. Limnol.*, 19: 1-15.
- HUTCHINSON, G. E., 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 22: 415-427.
- ILLIES, J. 1961. Versuch einer allgemein gültigen biozönotischen gliederung der Fließgewässer. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 46: 205-213.
- ILLIES, J. 1964. The invertebrate fauna of Huallaga, a Peruvian tributary of the Amazon river, from the sources down to tingo Maria. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 15: 1077-1083.

- ILLIES, J. 1969. Biogeography and ecology of Neotropical freshwater insects, especially those from running waters. In: Fittkau *et al.* (eds), *Biogeography and Ecology in South America*. Vol. 2.; The Hague, 685-707 p.
- JOLY, A. B. 1970. *Conheça a Vegetação Brasileira*. Ed. Universidade de São Paulo. São Paulo, 181p.
- JUNK, W. J. 1982. Amazonian floodplains: their ecology, present and potencial use. *Ver. Hydrobiol. Trop.*, 15: 285-301.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. - In: Dodge, D. P. (ed), *Proceeding of the international large river symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106: 110-127.
- KIKUCHI, R. M. 1996. Composição e distribuição das comunidades animais em um curso de água corrente (Córrego Itaúna, Itatinga - SP). Universidade Estadual Paulista, Botucatu (Dissertação de Mestrado) 112 p.
- KING, J. M.; DAY, J. A.; DAVIES, B.R. & HENSHALL-HOWARD, M. P. 1987a. Particulate organic matter in a mountain stream in the southwestern Cape, South Africa. *Hydrobiologia*, 154: 165-187.
- KING, J. M. ; HENSHALL-HOWARD, M. P.; DAY, J. A. & DAVIES, B. R. 1987b. Leaf pack dynamics in a southern African mountain stream. *Freshwater Biol.*, 18: 325-340.
- KOOGAN, A & HOUAISS, A. 1993. *Enciclopédia e Dicionário ilustrado*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1ª Edição, 1634p.
- LADLE, M. & LADLE, R. J. 1992. Life history patterns of river invertebrates. *Hydrobiologia*, 248: 31-37.
- LAKE, P. S. & BARMUTA, L. A. 1986. Stream benthic communities: persistent presumptions and current speculations. In: De Deckker, P. & Williams, W. D.(eds), *Limnology in Australia* , 263-276 p.

- LEOPOLD, L. B. & MADDOCK, T. Jr. 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic. *U. S. Geol. Survey Professional Paper*, 252: 1- 57.
- LEVANDOWSKY, M. 1972. An ordination of phytoplankton populations in ponds of varying salinity and temperature. *Ecology*, 53: 398-407.
- LEWONTIN, R. C. 1969. The meaning of stability. In: *Diversity and Stability in Ecological Systems*,. Brookhaven Symposia in Biology no. 22. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, 13-24 p.
- LOGAN, P. & BROOKER, M. P. 1983. The macro-invertebrate fauna of riffles and pools. *Water Res.*, 17: 263-270.
- LUDWIG, J. A.. & REYNOLDS, J. F. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing.*, John Wiley & Sons, New York, 337p.
- MACAN, T. T. 1978. *Freshwater Ecology*. 2nd Ed London, 343 p.
- MACFADYEN, A. 1963. *Animal Ecology*. Isaac Pitman and Sons, London. 156 p.
- MACARTHUR, R. H. 1958. Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forest. *Ecology*, 39: 599-619.
- MARGALEF, R. 1960. Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.*, 45: 133-153.
- MAY, R. M. 1976a. *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. Saunders, Philadelphia, [?p].
- MCINTOSH, R. P. 1958. Plant communities. *Science*, 128: 115-120.
- MCINTOSH, R. P. 1995. H. A. Gleason's "individualistic concept" and theory of animal communities: a continuing controversy. *Biol. Rev.*, 70: 317-357.
- MERRITT, R. W. & CUMMINS, K. W. (Eds) 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. (2nd ed.) Kendall -Hunt Pub. Co., Dubuque, Iowa. 722 p.

- MINSHALL, G. W. & MINSHALL, J. N. 1977. Microdistribution of benthic invertebrates in a rocky mountain (USA) stream. *Hydrobiologia*, 55: 231-249.
- MINSHALL, G. W.; PETERSEN, R. C.; CUMMINS, K. W.; BOTT, T. L.; SEDELL, T. L.; CUSHING, C. L. & VANNOTE, R. L. 1983b. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecol. Monogr.*, 53: 1-25.
- MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W., PETERSEN, R. C.; CUSHING, C. E.; BURNS, J. R. SEDELL, J. R. & VANNOTE, R. L. 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1045-1054.
- MINSHALL, G. W. & PETERSEN, R. C. 1985. Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems. *Arch. Hydrobiol.*, 104: 49-76.
- MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W., PETERSEN, R. C.; CUSHING, C. E.; BURNS, J. R. SEDELL, J. R. & VANNOTE, R. L. 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1045-1054.
- MINSHALL, G. W. 1988. Stream ecosystem theory: a global perspective. *J. North Am. Benthol. Soc.*, 7(4): 263-288.
- MINSHALL, G. W. & ROBINSON, C. T. 1998. Macroinvertebrate community structure in relation to measures of lotic hábitat heterogeneity. *Arch. Hydrobiol.*, 141(2): 129-151.
- NAIR, N. B.; ARUNACHALAN, M.; MADHUSOODANAN, N. K. C. & SURYANARAYANAN, H. 1989. A spatial study of the Neyyar river in the light of the River-Continuum-Concept. *Trop. Ecol.*, 30(1): 101-110.
- NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M.; SANSEVERINO, A. M. & BAPTISTA, D. F. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, 15(1/2): (no prelo).
- ODUM, H. T. 1957. Trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecol. Monogr.*, 27: 55-112.

- OLIVEIRA, L. G. 1996. Aspectos da biologia de comunidades de insetos aquáticos da ordem Trichoptera KIRBY, 1813, em córregos de cerrado do município de Pirenópolis, Estado de Goiás. (Tese de doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 120 p.
- PALMER, C. & O'KEFFE, J. 1993. Macroinvertebrate functional feeding groups in the middle and lower reaches of the Buffalo River, eastern Cape, South Africa. II. Functional morphology and behaviour. *Freshwater Biol.*, 29: 455-462.
- PENNAK, R. W. 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. 2nd ed., John Wiley & Sons, New York 803p.
- PESCADOR, M. L. & PETER, S. 1980. Phylogenetic relationships and zoogeography of cool-adapted Leptophlebiidae (Ephemeroptera) in Southern South America. In: Flanagan J. F. & E. Marshall (eds), *Adv. Ephemeroptera Biol.*, 43-56 p.
- PETERSEN, R. C. 1992. The RCE: A Riparian, Channel, and Environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biol.*, 27: 295-306.
- PETRAITIS, P. LATHAM, R. E. & NIESENBAUM, R. A. 1989. The maintenance of species diversity by disturbance. *Quart. Rev. Biol.*, 64(4): 393-418.
- RABENI, C. F. & MINSHALL, G. W. 1977. Factors affecting micro-distribution of stream benthic insects. *Oikos*, 29: 33-43.
- RADAMBRASIL, 1983. Levantamento de Recursos Naturais. Volume 32. Folhas SF.23/24 (Rio de Janeiro/Vitória), Ministério das Minas e Energia, Brasília, [?p].
- RAMENSKY, L. G. 1924. Basic regularities of vegetation covers and their study. *Vestnik Opytnogo dela Strednechemoz*, 37-73 p.
- REICE, S. R. 1980. The role of substratum in benthic macroinvertebrate microdistribution and litter decomposition in a woodland stream. *Ecology*, 6: 580-590.
- REICE, S. R. 1994. Nonequilibrium determinants of biological community structure. *Am. Sci.*, 82: 424-435.

- RESH, V. H. & JACKSON, J. K. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (eds.). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman & Hall, New York, 195-233 p.
- ROHLF, F. J. 1992. *NTSYS-PC. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Exeter Software, Setauket, New York. 207p.
- ROSS, H. H. 1963. Stream communities and terrestrial biomes. *Arch. Hydrobiol.*, 59(2): 235-242.
- SALE, P. F. & DYBDAHL, R. 1975. Determinants of community structure for coral reef fishes in na experimental hábitat. *Ecology*, 56: 1343-1355.
- SAVAGE, H. M. 1987. Biogeographic classification of the Neotropical Leptophlebiidae (Ephemeroptera) based upon geological centers of ancestral origin and ecology. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 22: 199-222.
- SCHÄFER, A. 1984. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 523 p.
- SEDELL, J. R. 1989. The River Continuum Concept: A basis for the expected ecosystem behavior of very large river? *Can. Spec. Publ. Fish. and Aquat. Sci.*, 106: 110-127.
- SEDELL, J. R. & VANNOTE, R. L. 1983. Relationships among chemical, physical, and biological indices along river continua based on multivariate analysis. *Arch. Hydrobiol.*, 18: 317-326.
- SLOBODCHIKOFF, C. N. & PARROT, J.E. 1977. Seasonal diversity in aquatic insect communities in na all-year stream system. *Hydrobiologia*, 52 (2-3): 143-151.
- STANFORD, J. A. & WARD, J. V. 1983. Insect species diversity as a function of environmental variability and disturbance in stream systems. In: BARNES, J.R. & MINSHALL, G.W. (eds.) *Stream ecology application and testing of general ecological theory*. Plenum Press, New York, 265-278 p.
- STATZNER, R. B. & HIGLER, B. 1985. Questions and comments on the river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1038-1044.
- STRAHLER, H. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Amer. Geophys. Union Trans.*, 33: 913-920.

- TATE, C. M. & HEINY, J. S. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biol.*, 33: 439-454.
- THIENEMANN, A. 1912. Der Bergbach des Sauerlandes. *Int. Ver. Ges. Hydrobiol. Suppl.*, 4(2): 1-125.
- THORP, J. H., 1994. The riverine productivity model: na heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems. *Oikos*, 70(2): 305-308.
- TOWNSEND, C. R. 1980. *The ecology of streams and rivers*. Studies on Biology n° 122. The Camelot Press Ltd, Southampton, 68 p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. 1995. *Larvas de Chironomidae do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros*. São Carlos, PPG-ERN/ UFSCAR, 299p.
- VALENTIN, J. L. 1995. Agrupamento e Ordenação.. In: Peres-Neto, P. R.; Valentin, J. L. & Fernandez, F. (eds.). *Oecologia Brasiliensis II - Tópicos em Tratamento de Dados Biológicos*. UFRJ, 1ª edição, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 27-55 p.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL; G. W.; CUMMINS; K. W.; SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- VANNOTE, R. L. & SWEENEY, B. W. 1980. Geographic analysis of thermal equilibria: a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. *Am.Nat.*, 115: 667-695.
- VINSON, M. R. & HAWKINS, C. P. 1998. Biodiversity of Stream Insects: Variation at Local, Basin, and Regional Scales. *Annu. Rev. Entomol.*, 43: 271-93.
- WALLACE, J. B.; WEBSTER, J. R. & CUFFNEY, T. F. 1982. Stream detritus dynamics: regulation by invertebrate consumers. *Oecologia*, 53: 197-200.

- WARD, J. V. & STANDORD, J. A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems,. In: FONTAINE T. D. & BARTELL, S. M. (eds). *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann. Arbor Science Publishers Ins. Ann Arbor, MI., 29-42 p.
- WEBSTER, J. R. 1975. Analysis of potassium and calcium dynamics in stream on three southern Appalachian watersheds of contrasting vegetation. Ph. D. Dissertation, University of Georgia, Athens, GA, 232 p.
- WIENS, J. A. 1984. Resource systems, populations and communities. In: Price, P. W.; Slobochikoff, C. N & Gaud, W. S. (eds). *A New Ecology: Novel Approaches to Interactive Systems*., John Wiley & Sons, New York,. 397-436 p.
- WILBUR, H. M. 1972. Competition, predation, and the structure of the *Ambystoma-Rana sylvatica* community. *Ecology*, 53: 3-21
- WINTERBOURN, M. J.; ROUNICK, J. S. & COWIE, B. 1981. Are New Zeland stream ecosystems really different ? *New Zealand Journal. Mar. Freshwater Res.*, 15: 321-328.

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS E TABELAS		Pg
Figura 1. Propostas de relações entre tamanho de rio e mudança progressiva nos atributos funcionais das comunidades lólicas conforme predito pelo Conceito de Continuidade de Rios.	13	
Figura 2. Relação entre pulso diário na temperatura da água e diversidade biológica relativa conforme predito pelo Conceito de Continuidade de Rios.	14	
Figura 3. Mudanças relativas para diferentes parâmetros causados por represamento em diferentes partes de sistemas de rios, como predito por WARD & STANFORD (1983).	16	
Figura 4. Mapa representando a área ocupada pela bacia do rio Macaé, destacando os remanescente da Mata Atlântica (município de Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé). Retirado da Carta "Reserva da Biosfera da Mata Atlântica 1994" - IEF.	21	
Figura 5. Normais de vazão ($m^3 s^{-1}$) do rio Macaé (Estação Gaudinópolis) entre o período de 1951 a 1993.	22	
Figura 6. Trecho ritral superior do rio Macaé, município de Nova Friburgo, RJ.	23	
Figura 7. Trecho ritral médio do rio Macaé, entre o distrito de Lumiar (Nova Friburgo) e Casimiro de Abreu. Notam-se os primeiros sinais nítidos de alteração ambiental: áreas desmatadas para pastagens, agricultura em pequena escala.	23	

- Figura 8. Trecho potamal superior do rio Sana, próximo à junção com o rio Macaé, Município de Macaé, RJ. 24
- Figura 9. Trecho de rio de 5ª ordem do rio Bonito, maior tributário do rio Macaé. 24
- Figura 10. Vista aérea do trecho potamal retificado de rio Macaé, a montante da cidade de Macaé, RJ, correspondendo a sua planície de inundação. Notam-se vestígios de seus meandros originais. Foto Rômulo Campos 25
- Figura 11. Trecho potamal retificado do rio Macaé, a montante da cidade de Macaé, RJ. 25
- Figura 12. Trecho do potamal final do rio Macaé, cruzando a cidade de Macaé, RJ. Foto Rômulo Campos. 26
- Figura 13. Área litorânea de Macaé, com o rio passando ao fundo da cidade, próximo à foz. Foto Rômulo Campos. 26
- Figura 14. Vista parcial do rio das Flores em trecho de rio de 1ª ordem, apresentando aspecto fisiográfico formado por densa vegetação marginal, sombreamento do leito e tipo de substrato pedregoso. Área em seção do ritron superior (ponto amostral 1). 30
- Figura 15. Vista parcial do rio das Flores em trecho de rio de 2ª ordem, apresentando aspecto fisiográfico com densa vegetação marginal, sombreamento do leito e tipo de substrato pedregoso. Áreas em seção do ritron superior (ponto amostral 2). 30
- Figura 16. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 3ª ordem. 31

Figura 17. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 4ª ordem (ponto amostral 3), 31 apresentando aspecto fisiográfico com densa vegetação marginal, porém, com sombreamento parcial do leito. Trechos correspondentes ao ritron superior. Ponto amostral localizado na região de Macaé de Cima.

Figura 18. Vista parcial do rio Macaé em trecho de rio de 5ª ordem (ponto de coleta 4), próximo 32 da localidade de Lumiar no Município de Nova Friburgo, seção apresentando sinais de degradação fisiográficas da paisagem, forte correnteza e grande penetração de luz sobre seu leito . Trecho correspondente ao ritron médio.

Figura 19. Vista parcial do trecho de 6ª ordem (ponto amostral 5), já em estado avançado de 32 degradação fisiográfica, assoreamento e perda da mata ciliar, correspondendo ao potamon superior.

Figura 20. Análise de Correspondência (quantitativa) das amostras nos diferentes tipos de 41 substratos, ao longo das ordens de rio na bacia do rio Macaé (a)- abril; (b)- julho e (c)- outubro.

Figura 21. Análise de Correspondência (quantitativa) das UTOs nos diferentes tipos de 42 substratos, ao longo das ordens do rio (a)- abril; (b)- julho e (c)- outubro.

Figura 22. Análise de Agrupamento (UPGMA) quantitativa das amostras na bacia do rio Macaé 44 - RJ, com base no índice de similaridade de Morisita-Hom. (a)- abril; (b)- julho e (c)- outubro.

Figura 23. Mapa esquemático da bacia do rio Macaé indicando os novos pontos amostrais (A, 46 B, C, D, E, I) próximos a localidade de Lumiar, distrito de Nova Friburgo.

- Figura 24. Análise de Correspondência (quantitativa) dos novos pontos amostrais, na bacia do rio Macaé. 47
- Figura 25. Análise de Agrupamento (UPGMA) qualitativo, considerando as novas localidades (A, B, C, D,E,) quanto as amostras das localidades antigas (F, G, H, I) na bacia do rio Macaé. 47
- Figura 26. Medidas de diversidade de insetos aquáticos por ordem de rio nas três ocasiões amostrais na bacia do rio Macaé. 63
- Figura 27. Distribuição de freqüência de Plecoptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1^a, 2^a, e 4^a ordens) e inferior (5^a, e 6^a ordens) nos meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995, na bacia do rio Macaé. 69
- Figura 28. Distribuição de freqüência de Ephemeroptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1^a, 2^a, e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) nos meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995, na bacia do rio Macaé. 70
- Figura 29. Distribuição de freqüência de Trichoptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a, e 6^a ordens) para os meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995, na bacia do rio Macaé. 71
- Figura 30. Distribuição de freqüência de Odonata em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1^a, 2^a e 4^a ordens) e inferior (5^a e 6^a ordens) nos meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995, na bacia do rio Macaé. 72

- Figura 31. Distribuição de freqüência de Hemiptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª e 6ª ordens) nos meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995 na bacia do rio Macaé. 73
- Figura 32. Distribuição de freqüência de Coleoptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª e 6ª ordens) para os meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995, na bacia do rio Macaé. 74
- Figura 33. Distribuição de freqüência de Diptera em diferentes substratos (areia, folhiço de fundo, pedra e folhiço de correnteza) correspondentes aos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª e 6ª ordens) para os meses de abril (a), julho (b) e outubro de 1995 na bacia do rio Macaé. 75
- Figura 34. Relações entre pulso de temperatura diária da água e riqueza de fauna entre os pontos amostrais da bacia do rio Macaé. 90
- Figura 35. Comparação entre os percentuais de dominância das categorias funcionais tróficas encontradas na bacia do rio Macaé, nos meses de abril (a), julho (b) e outubro (c) de 1995 e os percentuais de dominância das CFT encontradas no CCR (VANNOTE, *et al.* 1980). 96
- Figura.36. Imagem digitalizada da maxila de *Farrodes* spp. (coletora escovadora), mx, maxila ; pmx, palpo maxilar; cd, cerdas formando uma escova (100X). 137
- Figura 37. Imagem digitalizada da maxila de *Hylister plaumanni* (coletora filtradora - passiva); mx, maxila; pmx, palpo maxilar (100X). 137

- Figura 38. Imagem digitalizada das maxilas de *Lachlania boanovae* (coletoras filtradoras - 138
ativas), mx, maxila; pmx, palpo maxilar (100X).
- Figura 39. Imagem digitalizada do labium de: *Lachlania boanovae* ; lb, labium; pg, paraglossa; 138
gl, glossa; plb, palpo labial. (100X)
- Figura 40. Imagem digitalizada de *Leptohyphes pereirae*, (coletora pegadora). a) labium , b) 139
maxila; pg, paraglossa; gl, glossa; pmx, palpomaxilar (100X).
- Figura 41. Imagem digitalizada do labium de *Cloeodes* spp., (Raspadora), pgl, paraglossa; gl, 139
glossa. (400X)
- Figura 42. Imagem digitalizada da mandíbula de *Cloeodes* spp (100X) 140
- Figura 43. Imagem digitalizada do trecho molar da mandíbula de *Cloeodes* spp, especializada 140
em trabalho de abrasão e raspagem (400X).
- Tabela I. Matrizes hipóteses para realização do teste de Mantel para verificação de 35
semelhança ecológica.
- Tabela II. Frequência de insetos aquáticos coligidos durante as três ocasiões amostrais nas 1ª, 37
2ª, 4ª, 5ª e 6ª ordens da bacia do rio Macaé.
- Tabela III. Concentração média de algumas variáveis ambientais analisadas nos meses de 130
abril, julho e outubro, quando agrupadas nos trechos superior (1ª, 2ª e 4ª ordens) e inferior (5ª
e 6ª ordens) na bacia do rio Macaé.

- Tabela IV. Percentuais de abundância e riqueza de Unidades Taxonômicas Operacionais - 77
UTOs de insetos aquáticos em quatro tipos de substratos: Folhiço de correnteza ; Pedra ;
Folhiço de fundo e Areia, correspondentes as 1^a , 2^a , 4^a , 5^a e 6^a ordens do rio Macaé nas três
ocasiões amostrais (Abril - Período "Final das chuvas" - P.F.C; Julho - "Período seco" - P.Seco
e Outubro - Período "Início das chuvas", P.I.C).
- Tabela V. Enquadramento dos insetos aquáticos encontrados nas diferentes ordens de rios na 86
bacia do rio Macaé, quanto a sua categorização funcional trófica., Cl.- coletor; Cl.esc.- coletor-
escovador; Cl.Fil.- coletor-filtrador; Cl.Cat. - Coletor-catador; Cl.Ra. - Coletor-Raspador; Pd.-
Predador; Ra. - Raspador; ; Frg.- Fragmentador.
- Tabela VI. Percentuais de dominância dos grupamentos funcionais tróficos ao longo do perfil 88
longitudinal da bacia do rio Macaé (RJ), durante os meses: abril (a); julho (b); e outubro (c).
- Tabela VII. Razão do peso seco entre MOPB/MOPF nas cinco estações de coleta na bacia do 91
rio Macaé, nos meses de abril (a); julho (b) e outubro (c).
- Tabela VIII. Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em abril nos 121
substratos areia (A); Folhiço de fundo (F); Folhiço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes
ordens de rios na bacia do Rio Macaé.
- Tabela IX. Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em julho nos substratos 123
areia (A); Folhiço de fundo (F); Folhiço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes ordens de
rios na bacia do Rio Macaé.
- Tabela X. Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em outubro nos 125
substratos areia (A); Folhiço de fundo (F); Folhiço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes
ordens de rios na bacia do Rio Macaé.

Tabela XI . Frequência de insetos aquáticos correspondentes as amostragens realizadas nas novas localidades: A - Rio Macaé, 4^a ordem; B - Junção Rio Boa Esperança com Rio Macaé 5^a ordem; C e I - Rio Macaé, 5^a ordem - poço verde; D - Rio São Pedro, 4^a ordem; E - Rio Bonito, 5^a ordem; F- Rio das Flores, 1^a ordem; G - Rio das Flores, 2^a ordem; H - Rio Macaé, 4^a ordem. 128

Tabela XII. Parâmetros ambientais em trechos de diferentes ordens de rios da bacia do rio Macaé, RJ, referentes aos meses de abril (a); julho (b) e outubro (c). 130

Tabela XIII. Tabela comparativa das características da micro-anatomia das peças bucais de ninfas de Ephemeroptera, encontradas na bacia do rio Macaé. 136

ANEXO 1

PROTOCOLO PARA OBTENÇÃO DO ÍNDICE DE INTEGRIDADE DE RIOS - "RCE"
(PETERSEN, 1992).

Bacia _____ Nome do rio _____

Localização _____

Largura _____ m Profund méd _____ m Compr trecho _____ m Vel

Corrente _____ m/s2 Vazão _____ m3/s Altitude _____ m

Procedimento:

Determinar as condições da vegetação da mata ripária e zona do canal, nos quais serão feitas as amostragens dos macroinvertebrados bentônicos. As condições locais devem ser avaliadas 100 m acima e 100 m abaixo do ponto amostrado. A estimativa média das condições do trecho do rio é realizada a partir do somatório dos valores obtidos em todos os itens do índice. O valor final deve ser comparado à tabela de resultados localizada abaixo do último item do índice.

1 - Padrão do uso da terra além da zona de vegetação ribeirinha

- Não perturbada, consistindo de floresta, alagados e pântanos naturais. 30
- Pasto permanente, mesclado com mata, pântano 20
- Área de cultivo mesclada com pasto 10
- Principalmente áreas de cultivo 01

2 - Largura da mata ciliar do rio até o campo

- Área de mata ciliar com mata ou pântano > 30 m de largura 30
- Área da mata ciliar com mata ou pântano variando entre 5 e 30 m 20
- Área de mata ciliar com mata ou pântano com 1 a 5 m de largura 05
- Área de mata ciliar sem mata ou pântano 01

3 - Estado de Preservação da zona de mata ciliar

- Zona de mata de ciliar intacta sem quebra na vegetação 30
- Quebra ocorrendo em intervalos maiores do que 50 m 20
- Quebra freqüente com algumas cicatrizes e barrancos a cada 50 m 05
- Cicatrizes profundas com barrancos ao longo de seu comprimento 01

4 - Estado da vegetação da mata ciliar dentro de uma faixa de 10 m

- > 90% da densidade é constituída por árvores não-pioneiras ou nativas 30
- Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras 20
- Mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos 15
- Vegetação constituída de grama e poucos arbustos 01

5 - Dispositivos de retenção

- Canal com rochas e toras velhas firmemente colocadas no local 15
- Rochas e toras presentes mas preenchidas com sedimento 10
- Dispositivo de retenção solto, movendo-se com o fluxo 05
- Canal livre de areia e silte com poucos dispositivos de retenção 01

6 - Estrutura do canal

- Relação Largura/profundidade < 7 15
- Relação Largura/profundidade entre 8 e 15 10
- Relação Largura/profundidade entre 15 e 25 05
- Relação Largura/profundidade > 25 ou rio canalizado 01

7 - Sedimentos no canal

- Pouco ou nenhum alargamento resultante do acúmulo de sedimento	15
- Algumas barreiras de cascalho de pedra bruta e pouco silte	10
- Barreira de sedimento e pedras, areia e silte comum	05
- Canal dividido em tranças ou rio canalizado	01

8 - Estrutura do barranco do rio

- Barranco estável de rocha e solo, coberto de grama, arbustos e raízes	25
- Barranco firme porém levemente seguro por grama e arbustos	15
- Barranco com solo livre, camada esparsa de grama e arbustos	05
- Barranco instável, com solo ou areia soltos, facilmente perturbável	01

9 - Escavação sobre o barranco

- Pouca ou nenhuma evidência ou restrita a áreas de suporte de raízes	20
- Escavações apenas nas curvas e constrições	15
- Escavações freqüentes	05
- Escavações severas ao longo do canal com quedas de barrancos	01

10 - Aparência do substrato de pedra

- Pedras limpas, arredondadas, podendo ser um pouco escurecidas	25
- Pedras arredondadas, com um pouco de areia e silte aderida	15
- Algumas pedras com pontas, cobertas com areia e silte	05
- Pedras brilhantes e com pontas, cobertas de areia e silte	01

11 - Leito do rio

- Fundo de pedras de vários tamanhos agrupadas, com interstício óbvio	25
- Fundo de pedras facilmente móveis, com um pouco de silte	15
- Fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis	05
- Fundo uniforme de silte e areia livres, substrato de pedra ausente	01

12 - Corredeiras and poções ou meandros

- Distintos, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes o da largura do rio	25
- Espaçamento irregular	20
- Longos poções separando curtas corredeiras, meandros ausentes	10
- Meandros e corredeiras/poções ausentes ou rio canalizado	01

13 - Vegetação Aquática

- Quando presente consiste de musgos e manchas de algas	15
- Algas dominantes nos poções, plantas vasculares ao longo da margem	10
- Emaranhados de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos	05
- Algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam os canais	01

14 – Peixes

Peixes reófilos presentes, população nativa, na maioria dos poções	20
Poucos peixes reófilos, dificuldades em localizá-los	15
Nenhum peixe reófilo, alguns peixes lênticos presentes nos poções	10
Peixes ausentes ou escassos	01

15 – Detritos

Principalmente de folhas e material lenhoso sem sedimentos	25
Pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos floculentos sem sedimento	10
Nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica bruta e fina com sedimento	05
Sedimento fino anaeróbico, nenhum detrito bruto	01

16 – Macrobentos

Muitas espécies presentes em todos os tipos de substrato	20
Muitas espécies presentes porém apenas em habitats bem aerados	15
Poucas espécies presentes porém encontrados na maioria dos habitats	05
Pouca ou nenhuma espécie e apenas em habitats bem aerados	01

TOTAL

Tabela de resultados do índice.

CLASSE	Escore	Avaliação de Integridade	Ações recomendáveis
I	293-360	Excelente	Biomonitoramnto e proteção do status existente
II	224-292	Muito bom	Alterações selecionadas e monitoramento
III	154-223	Bom	Pequenas alterações necessárias
IV	86-153	Regular	Grandes alterações necessárias
V	16-85	Pobre	Reorganização estrutural completa

ANEXO 2

DISTRIBUIÇÃO E FREQUÊNCIA DE INSETOS AQUÁTICOS NA BACIA DO RIO MACAÉ, NAS TRÊS OCASIÕES AMOSTRAIS.

TABELA VIII. Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em abril nos substratos areia (A); Folhço de fundo (F); Folhço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes ordens de rios, na bacia do rio Macaé.

	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
PLECOPTERA																			
<i>Kempnyia</i> sp 1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	19	3	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	0	0	1	2	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 4	0	0	0	0	0	6	7	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 5	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 6	0	0	0	0	0	0	4	137	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Anacroneuria</i>	4	0	26	2	0	0	6	1	0	0	1	12	43	0	21	35	291	68	11
<i>Macrogynoplax</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tupiperla</i>	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	1	0	10	12	19	0	0
<i>Gripopteryx</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
EPHEMEROPTERA																			
<i>Cloeodes</i>	1	0	0	6	0	1	1	0	11	0	4	2	24	10	0	0	11	0	1
<i>Farrodes</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	1	4	0	0	0	0	2	0	6
<i>Tricorytodes</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptohyphes</i> sp. 1	0	0	0	1	0	0	0	0	6	14	0	0	0	14	0	0	5	12	4
<i>Leptohyphes</i> sp. 2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Leptohyph. Pereirae</i> (Pereira, 1993)	0	0	0	1	0	0	0	0	3	5	0	0	0	40	0	0	1	55	0
<i>Massartela brieni</i> (Lestage, 1924)	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulmeritus</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miroculis froehlichii</i> (Savage & Peter, 1983)	0	0	0	0	0	0	0	4	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Miroculis</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hylister plaumanni</i> (Dominguez & Flower, 1989)	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1	42	4	0	11	155	0
<i>Askola froehlichii</i> (Peter, 1969)	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocloeon</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	17	0	0	16	1	0
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	1	3	0	0
<i>Thraulodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7	0	0	1	2	0	0
<i>Baetis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Baetodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	2	1	0
<i>Lachlania boanovae</i> (da Silva, 1992)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Hagemulopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
TRICHOPTERA																			
<i>Marilia</i>	1	2	2	0	0	1	0	4	0	0	2	2	4	0	0	4	3	0	0

Continuação Tabela VIII

<i>Helicopsyche</i> sp. 1	1	2	0	0	0	1	5	1	0	0	26	74	10	0	2	1	0	0	0
<i>Helicopsyche</i> sp. 2	0	0	0	10	0	2	2	0	1	0	36	3	0	1	4	0	0	0	0
<i>Baripenthus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chimarra</i>	3	0	0	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5	0	3	0	0	0
<i>Phylloicus</i>	0	3	0	0	0	14	21	44	0	1	3	4	6	0	13	15	1	0	0
<i>Triplectides</i>	0	2	0	0	0	25	105	508	0	0	3	0	0	0	1	2	4	0	0
Hydropsychidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blepharopus</i>	0	0	1	0	0	0	13	0	0	0	0	5	0	0	2	23	15	0	0
<i>Protoptila</i>	0	0	1	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
<i>Nectopsyche</i>	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	3	3	2	0	0
<i>Grummichella</i>	0	0	0	1	0	1	0	4	0	0	2	0	15	0	1	0	0	0	0
<i>Smicridea</i>	0	0	0	12	0	0	0	0	0	35	0	27	21	169	0	14	74	0	0
<i>Hudsonema</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	23	0	0	22	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notalina</i>	0	0	0	0	0	2	7	49	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae sp. 1	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptoceridae sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	2	4	3	0	23	22	11	0	0
<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3	3	0	0
ODONATA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Epigomphus</i> sp. 1	9	1	0	0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epigomphus</i> sp. 2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Brechmorhoga</i> sp. 1	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brechmorhoga</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Progomphus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnetron</i>	0	0	0	0	0	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neocordulia</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haeterina</i>	0	0	0	0	0	1	1	19	0	0	0	1	0	0	2	0	12	0	0
<i>Gomphoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elasmothermis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	6	1
<i>canacrioides</i> (Calvert, 1906)																			
<i>Argia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0
HEMIPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Limnocoris</i>	10	0	1	8	0	4	0	4	0	0	4	1	1	1	0	3	0	0	0
<i>Notonecta</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potamocorinae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criphocricinae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	5	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Veliidae	0	0	0	5	0	2	0	3	4	0	0	13	1	3	0	1	0	0	0
<i>Neoplea</i>	1	26	0	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
MEGALOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Corydalus</i>	0	0	0	0	0	0	5	1	0	1	1	0	3	4	0	0	4	46	1
<i>Chloronia</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	2	0	0	1
BLATTARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	0	0
LEPIDOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Parapoynx</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	5	3	0	0	0	0	0
<i>Acentria</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	7	0	0
DIPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Ceratopogonidae	59	16	1	1	1	27	12	0	0	0	4	0	1	2	2	0	3	5	0
Simuliidae	1	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	11	2	3	2	39	5	0
Orthoclaadiinae	317	13	514	2	32	7	5	4	0	0	11	2	3	13	18	0	3	5	0
Chironomini	155	268	13	388	7	130	496	137	15	18	3	19	7	98	19	45	47	563	13

Continuação Tabela VIII

Tanytarsini	16	18	2	0	0	12	30	1	1	3	5	5	10	21	2	1	8	45	18
Tanypodinae	22	45	9	2	1	7	56	20	4	11	0	4	5	23	0	3	7	50	5
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tipulidae	292	43	20	25	80	68	13	9	1	0	6	3	10	0	9	2	2	0	3
Empyidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	2	10	4	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Stratyomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
COLEOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Elmidae	65	43	39	39	1	3	25	21	117	17	20	16	25	113	66	45	105	308	21
Psephenidae	8	0	2	0	0	2	3	2	1	0	10	1	16	0	1	3	0	0	0
Dryopidae	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	1	3	1	1	3	3	3	1	0
Dytiscidae	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	0	1	0	0	0	1	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnichidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Hydrophilidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

TABELA IX. Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em Julho nos substratos areia (A); Folhço de fundo (F); Folhço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes ordens de rios na bacia do rio Macaé.

	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	
PLECOPTERA																			
<i>Kempnyia</i> sp 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	15	2	24	0	
<i>Kempnyia</i> sp 3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Kempnyia</i> sp 4	0	0	0	0	0	19	46	57	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	
<i>Kempnyia</i> sp 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	
<i>Kempnyia</i> sp 6	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	
<i>Kempnyia</i> sp 7	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	
<i>Kempnyia</i> sp 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Anacroneuria</i> spp	0	3	31	0	0	0	2	20	40	0	0	2	19	1	3	44	86	29	
<i>Macrogynoplax</i> spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Tupiperla</i> spp	2	0	0	0	0	0	1	5	0	0	2	0	1	0	48	13	68	0	
<i>Paragripopteryx</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	
<i>Gripopteryx</i> spp	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
EPHEMEROPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	
<i>Cloeodes</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	5	11	0	0	0	0	
<i>Farrodes</i>	1	10	25	0	12	43	272	15	1	0	1	2	7	0	0	6	14	0	
<i>Tricorytodes</i>	0	19	4	0	0	3	18	19	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Leptohyphes</i> sp. 1	0	0	13	4	0	0	3	10	21	1	0	0	1	5	0	0	43	12	
<i>Leptohyphes</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Leptohyphes</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Leptophlebiidae</i> sp1	0	0	0	0	0	0	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Leptohyph. Pereirae</i>	0	0	0	5	10	0	0	0	37	1	0	0	0	15	0	0	0	25	
<i>Massartela brieni</i>	0	0	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	
<i>Ulmeritus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Miroculis froehlichii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
<i>Hylister plaumanni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	11	1	
<i>Askola froehlichii</i>	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Pseudocloeon</i>	0	4	31	0	0	2	9	55	0	4	0	1	1	0	0	1	17	14	
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Thraulodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	

Continuação Tabela IX

<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Ceratopogonidae	22	26	6	1	0	11	24	9	1	0	0	45	9	0	0	0	0	0	1
Simuliidae	0	0	0	20	0	0	0	0	1167	0	0	0	1	305	1	4	133	2350	2
Orthoclaadiinae	9	2	160	1141	141	1	17	695	1058	0	0	0	1	1971	0	7	166	831	39
Chironomini	19	30	350	1099	387	72	370	1658	2692	194	2	13	25	151	5	110	349	479	42
Tanytarsini	8	12	1	10	3	10	64	20	47	0	0	5	3	10	0	7	9	30	13
Tanypodinae	9	31	77	50	1	19	91	129	137	14	1	9	7	2	0	19	44	104	25
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Tipulidae	144	72	102	9	120	92	18	63	3	0	7	12	20	0	3	6	1	0	0
Empyidae	0	4	4	0	1	0	6	8	2	0	1	0	2	1	1	3	4	0	2
Stratiomyidae	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
Blephareceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
Deuterophebiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
COLEOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Elmidae	23	174	67	68	5	20	16	47	191	4	4	34	27	162	45	104	308	142	17
Psephenidae	5	19	25	0	0	0	1	18	1	0	1	12	19	2	0	0	1	0	0
Dryopidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	7	0	0
Dytiscidae	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Gyrinidae	5	0	0	0	3	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	4	0	0
Hydrophilidae	1	20	22	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	4	12	0	0
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	44	0
Curculionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

TABELA X Distribuição e frequência dos insetos aquáticos encontrados em outubro nos substratos areia (A); Folhço de fundo (F); Folhço de Corredeira (C) e Pedra (P) nas diferentes ordens de rios, na bacia do rio Macaé.

	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
PLECOPTERA																			
<i>Kempnyia</i> sp 1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	7	7	19	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 4	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 5	0	0	0	0	0	1	19	35	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 6	0	1	0	0	0	0	3	67	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 7	1	0	4	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	00	0
<i>Kempnyia</i> sp 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
<i>Kempnyia</i> sp 10	0	0	0	0	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacroneturia</i>	3	1	2	0	1	2	4	1	0	0	0	2	23	0	3	10	115	11	3
<i>Macrogynoplax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tupiperla</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	6	10	102	0	0
<i>Gripopteryx</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	2	1	0
<i>Paragripopteryx</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
EPHEMEROPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Cloeodes</i>	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Farrodes</i>	7	33	7	3	14	14	93	24	5	0	3	3	38	0	0	1	11	4	34
<i>Tricorytodes</i>	0	0	0	0	0	3	0	3	18	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
<i>Leptohyphes</i> sp. 1	0	1	6	0	0	3	6	64	0	0	0	0	2	0	0	0	184	2	23
<i>Leptohyphes</i> sp. 2	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Leptohyphes</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	1	0	0	0	0	0

Continuação Tabela X

<i>Campylocia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptohyph. Pereirae</i>	0	0	1	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	29	0	0	1	57	2
<i>Massartela brieni</i>	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0
<i>Ulmeritus</i>	1	1	0	0	0	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0
<i>Miroculis froehlichii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>Miroculis sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hylister plaumanni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	16	1
<i>Askola froehlichii</i>	0	0	0	0	0	11	2	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudocloeon</i>	0	2	0	8	1	0	1	7	4	3	0	2	4	424	0	0	18	155	159
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	1	0
<i>Thraulodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetis</i>	0	1	2	0	0	0	0	23	1	0	1	0	10	0	0	0	7	0	56
<i>Baetodes</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
<i>Lachlania boanovae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hagemulopsis</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	0	0	0
TRICHOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Marilia</i>	2	0	23	1	0	0	1	0	1	0	0	0	7	3	0	1	2	0	0
<i>Helicopsyche sp. 1</i>	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	8	12	3	0	0	0	1	0	0
<i>Helicopsyche sp. 2</i>	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	5	10	0	0	0	1	0	1
<i>Baripenthus</i>	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chimarra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Phylloicus</i>	0	0	1	0	0	26	14	142	1	0	0	0	0	0	9	4	0	0	0
<i>Triplectides</i>	2	0	0	0	0	6	38	62	0	0	0	0	0	0	3	4	2	0	0
Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blepharopus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0
<i>Protoptila</i>	0	0	1	18	1	0	0	3	0	0	3	9	24	0	0	0	2	0	0
<i>Nectopsyche</i>	1	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1	2	1	0	9	1	6	0	0
<i>Grummichella</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0
<i>Smicridea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	3	34	1	4	78	17	51
<i>Hudsonema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0
Polycentropodidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	13	0	0
<i>Notalina</i>	0	1	3	0	0	0	7	113	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Leptoceridae sp. 1	0	0	1	0	0	2	18	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
Leptoceridae sp. 2	1	1	1	0	0	0	1	9	0	0	0	0	76	0	0	0	2	0	0
<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	15	2	0	2	5	3	0	0
<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22	0	1	5	0	0	0	0	0	0
<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0
<i>Plectromacronema</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Antarctoecia</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	8	12	14	0	0	1	0	0	0	5	0	3	0	0
<i>Grumicha</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Limnephilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Macronema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
ODONATA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Epigomphus sp. 1</i>	6	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epigomphus sp. 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brechmorhoga sp. 1</i>	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Brechmorhoga sp. 2</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnetron</i>	0	0	0	0	0	2	17	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neocordulia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haeterina</i>	0	0	0	0	0	4	1	5	0	0	0	0	3	0	0	3	1	1	0
<i>Gomphoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elasmotheremis canacrioides</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	6	1

Continuação Tabela X

<i>Argia</i>	0	3	1	0	0	10	1	5	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0
HEMIPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Limnocoris</i>	6	0	0	1	2	3	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Notonecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Potamocorinae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criphocricinae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Veliidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	4	1	0	0	0	6	0	0
<i>Neoplea</i>	2	4	7	0	0	3	9	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MEGALOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Corydalus</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	3	0	0	0	3	1	0
<i>Chloronia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLATTARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
LEPIDOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
<i>Parapoynx</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acentria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Petrophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0
DIPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Ceratopogonidae	27	25	27	0	0	1	3	0	0	2	3	0	9	0	1	0	80	5	2
Simuliidae	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	2	3	23	79	3	34	79	348	0
Orthoclaadiinae	34	36	185	220	20	0	1	6	0	2	5	35	52	8	1	7	83	45	3
Chironomini	8	18	66	32	51	64	44	29	288	57	17	15	14	44	22	9	1490	327	20
Tanytarsini	20	5	4	9	0	1	1	5	15	1	5	3	6	3	0	0	62	29	44
Tanypodinae	23	26	47	9	9	7	8	21	31	30	2	3	15	13	2	7	138	139	24
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tipulidae	49	20	145	1	15	25	4	6	5	0	2	8	56	0	3	2	12	0	0
Empyidae	0	1	2	0	2	0	5	7	0	0	0	0	3	1	0	0	38	15	1
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratyomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COLEOPTERA	A1	A2	A4	A5	A6	F1	F2	F4	F5	F6	P1	P2	P4	P5	C1	C2	C4	C5	C6
Elmidae	71	37	124	76	7	12	12	76	22	4	44	35	82	116	16	51	457	105	16
Psephenidae	5	0	8	0	0	0	3	29	0	0	2	8	48	0	0	0	3	0	0
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	0	0
Dytiscidae	1	5	7	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Gyrinidae	10	1	1	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Limnichidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Hydrophilidae	0	25	10	0	33	0	2	0	0	4	0	1	4	0	2	0	5	0	1
Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	50	0

Tabela XI. Frequência de insetos aquáticos correspondentes as amostragens realizadas nas novas localidades: A - rio Macaé, 4ª ordem; B - Junção rio Boa Esperança com rio Macaé 5ª ordem; C e I - rio Macaé, 5ª ordem - poço verde; D - rio São Pedro, 4ª ordem; E - rio Bonito, 5ª ordem; F- rio das Flores, 1ª ordem; G - rio das Flores, 2ª ordem; H - rio Macaé, 4ª ordem. :

TÁXONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
COLEOPTERA									
Curculionidae	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dryopidae	221	5	5	50	6	2	8	3	2
Dytiscidae	2	1	0	0	1	0	1	1	0
Elmidae	763	153	290	655	630	117	121	159	436
Gyrinidae	10	0	0	0	1	1	4	2	0
Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Limnichidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Psephenidae	11	30	0	7	0	16	3	16	1
Scirtidae	0	0	2	6	0	1	1	1	0
Staphilinidae	2	4	0	38	0	0	0	3	0
DIPTERA									
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Ceratopogonidae	10	12	5	61	7	64	26	3	6
Chironomidae	6287	1922	2909	7728	1765	633	766	757	879
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Empididae	34	9	16	29	4	3	2	12	2
Psycodidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Simuliidae	459	215	664	1300	355	3	0	44	258
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tipulidae	9	28	3	1	5	354	47	34	15
EPHEMEROPTERA									
<i>Askola</i>	2	0	0	0	0	0	0	8	0
<i>Baetis</i>	50	15	84	4	17	0	0	1	0
<i>Baetodes</i>	14	0	0	9	4	0	1	2	1
<i>Camelobaetidius</i>	6	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Cloeodes</i>	0	0	0	0	0	6	3	23	19
<i>Farrodes</i>	71	0	0	0	100	1	4	5	3
<i>Hagemulopsis</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hylister</i>	180	1	4	1	101	4	0	8	145
<i>Leptohyphes</i>	236	73	87	154	172	0	0	4	113
<i>Massartela</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Miroculis</i>	0	0	0	4	10	0	17	4	0
<i>Pseudocloeon</i>	220	127	278	104	224	0	0	3	18
<i>Thraulodes</i>	1	0	0	0	4	1	2	3	0
<i>Tricorythodes</i>	23	3	16	12	9	0	0	0	3
<i>Ulmeritus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
HEMIPTERA									
Gerridae	0	1	0	0	2	0	0	0	0
Cryphocricinae	1	2	0	1	0	3	0	1	3
<i>Limnocoris</i>	24	2	6	17	7	14	1	6	5
<i>Neoplea</i>	5	0	0	3	13	2	21	1	0

continuação Tabela XI

Potamocorinae	4	0	0	0	0	0	0	1	0
Veliidae	0	3	0	0	1	1	5	0	12
ODONATA									
<i>Argia</i>	0	6	0	4	6	1	1	4	0
<i>Brechmorhoga</i>	1	1	0	2	1	8	2	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Elasmothemis</i>	1	4	22	16	1	0	0	1	8
<i>Erpetogomphus</i>	0	2	0	1	1	9	8	2	0
<i>Gomphoides</i>	1	0	5	1	0	0	0	0	0
<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	3	2	28	0
<i>Limnetron</i>	0	0	0	0	0	3	2	2	0
<i>Neocordulia</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	0
<i>Progomphus</i>	1	1	3	0	0	0	0	0	1
PLECOPTERA									
<i>Anacroneuria</i>	231	0	24	2	168	17	46	302	42
<i>Gripopteryx</i>	15	0	0	2	6	1	0	2	0
<i>Kempnyia</i>	0	0	0	0	0	33	19	140	2
<i>Tupiperla</i>	0	0	0	0	0	11	15	12	0
TRICHOPTERA									
<i>Atopsyche</i>	15	0	0	0	0	1	3	5	0
<i>Baripenthus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Blepharopus</i>	0	0	0	1	0	2	85	1	0
<i>Chimarra</i>	15	0	0	0	12	4	4	0	5
<i>Grumichella</i>	3	0	0	0	1	2	0	18	1
<i>Helicopsyche</i>	18	0	6	5	16	57	85	11	14
<i>Hudsonema</i>	4	19	20	10	11	0	0	0	3
Hydropsychidae	2	0	16	0	27	0	2	0	0
Leptoceridae	2	0	1	1	22	1	1	4	1
<i>Leptonema</i>	4	0	46	46	44	23	24	9	0
<i>Macronema</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Marilia</i>	8	2	0	0	2	1	7	10	0
<i>Nectopsyche</i>	15	1	0	1	0	4	3	4	0
<i>Notalina</i>	0	0	0	0	0	1	7	40	0
Philopotamidae	3	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Phylloicus</i>	4	1	1	1	2	27	35	48	0
Polycentropodidae	23	0	6	52	31	0	0	0	0
<i>Polycentropus</i>	1	0	2	0	1	0	0	1	0
<i>Protoptila</i>	34	3	2	168	4	0	0	2	14
<i>Smicridea</i>	19	8	0	47	43	0	38	81	161
<i>Triplectides</i>	0	0	0	0	0	19	78	475	0
LEPIDOPTERA									
Pyralidae	8	6	4	19	4	3	0	17	6
MEGALOPTERA									
Corydalidae	10	0	4	11	4	3	8	11	51

ANEXO 3

TABELA XII. Parâmetros ambientais em trechos de diferentes ordens da bacia do rio Macaé, RJ, referentes aos meses Abril (A); Julho (B) e Outubro (C).

A

PARÂMETROS	ORDENS DO RIO				
	1ª	2ª	4ª	5ª	6ª
Dur. Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	10,0	3,0	6,0	14,0	18,0
Dur. Cálcio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	3,0	3,0	3,0	10,0	6,0
Dur. Magnésio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	7,0	0,0	3,0	4,0	12,0
Concentração de Ca (mg.l ⁻¹)	1,2	1,2	1,2	4,0	2,4
Concentração de Mg (mg.l ⁻¹)	1,7	0,0	0,7	0,9	2,9
Cloretos (mg.l ⁻¹)	2,3	2,3	1,4	1,4	1,4
Oxigênio Dissolvido (mg.l ⁻¹ O ₂)	8,0	7,9	7,6	7,8	7,9
pH	5,9	6,1	6,2	6,5	6,5
Condutividade (µmho/cm)	13,7	10,0	12,5	50,0	75,0
Alcalinidade Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	3,0	9,0	11,0
Alcalinidade Bicarbonato (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	3,0	9,0	11,0
Concentração de HCO ₃ (mg.l ⁻¹)	2,4	1,2	3,7	10,9	13,4
Largura do rio (m)	1,8	7,8	15,0	18,5	49,0
Profundidade média (m)	0,13	0,17	0,26	0,46	0,41
Velocidade Média (m . s ⁻¹)	3,16	2,41	2,41	1,75	2,00
Vazão (m ³ . s ⁻¹)	1,44	3,16	9,39	14,89	40,18
Temp. da água -mín. e máx.	(12-14)	(12-15)	(10-19)	(12-21)	(13-27)
Temp. do ar (° C)	19	20	23	26	27
Pulso de temperatura da água (° C)	2	3	9	9	14
Distância da fonte (Km)	3	4	6	37	68
Número de coliformes fecais (nº total/100 ml)	10	39	100	2900	350
Altitude (m)	1150	1140	1050	655	10

B

PARÂMETROS	ORDENS DO RIO				
	1ª	2ª	4ª	5ª	6ª
Dur. Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	2,0	6,0	12	16
Dur. Cálcio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	1,0	1,0	4,0	5,0	8,0
Dur. Magnésio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	1,0	1,0	4,0	5,0	8,0
Concentração de Ca (mg.l ⁻¹)	0,4	0,4	1,6	2,0	3,2
Concentração de Mg (mg.l ⁻¹)	0,2	0,2	0,5	1,9	1,9
Cloretos (mg.l ⁻¹)	3,2	1,4	1,4	2,3	4,2
Oxigênio Dissolvido (mg.l ⁻¹ O ₂)	6,0	8,6	8,7	7,9	9,2
pH	7,0	6,6	6,4	6,0	6,3
Condutividade (µmho/cm)	400	100	50	25	50
Alcalinidade Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	2,0	6,0	10,0
Alcalinidade Bicarbonato (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	2,0	6,0	10,0
Concentração de HCO ₃ (mg.l ⁻¹)	2,4	1,2	2,4	7,3	12,2
N-Amônia (m/gl)	0,0859	0,2657	0,0	0,0	0,0
Largura do rio (m)	1,9	7,0	14	17	45
Profundidade média (m)	0,13	0,16	0,17	0,30	0,23
Velocidade Média (m . s ⁻¹)	3,8	2,6	1,75	2,4	2,0
Vazão (m ³ . s ⁻¹)	1,15	2,91	4,16	12,24	20,7
Temp. da água (° C)	14	15	16	17	20
Temp. do ar (° C)	16	19	17	23	28
Distância da fonte (Km)	3	4	6	37	68
Altitude (m)	1150	1140	1050	655	10

C

ORDENS DO RIO					
PARÂMETROS	1 ^a	2 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Dur. Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	6,0	14,0	13,0
Dur. Cálcio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0
Dur. Magnésio (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	5,0	12,0	10,0
Concentração de Ca (mg.l ⁻¹)	0,0	0,0	0,4	0,8	1,2
Concentração de Mg (mg.l ⁻¹)	0,5	0,2	1,2	2,9	2,4
Cloretos (mg.l ⁻¹)	1,4	1,4	1,4	1,4	3,2
Oxigênio Dissolvido (mg.l ⁻¹ O ₂)	8,1	7,8	8,4	8,6	8,9
pH	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Condutividade (µmho/cm)	125	100	225	100	50
Alcalinidade Total (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	2,0	16,0	14,0
Alcalinidade Bicarbonato (mg.l ⁻¹ CaCO ₃)	2,0	1,0	2,0	16,0	14,0
Concentração de HCO ₃ (mg.l ⁻¹)	2,4	1,2	2,4	19,5	17,1
N-Amônia (mg.l ⁻¹)	0,0	0,0532	0,0	0,0	0,0
Largura do rio (m)	1,65	8,0	15	23	49
Profundidade média (m)	0,16	0,21	0,18	0,33	0,27
Velocidade Média (m . s ⁻¹)	2,0	1,75	3,75	4,0	3,50
Vazão (m ³ . s ⁻¹)	0,53	2,94	10,12	30,3	46,30
Temp. do ar (° C)	18	20	22	20	20
Temperatura da água (° C)	15	16-	18	20	19
Distância da fonte (Km)	3	4	6	37	68
Altitude (m)	1150	1140	1050	655	10

ANEXO 4

CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL TRÓFICA DOS GÊNEROS DE EPHEMEROPTERA ENCONTRADOS NA BACIA DO RIO MACAÉ: METODOLOGIA E ANÁLISE

O padrão de categorização das guildas alimentares da ordem Ephemeroptera foi baseado na classificação proposta por PALMER & O'KEEFFE (1993):

(a) Filtradores

(i) Passivos - alimentam-se do seston, movido pela corrente, utilizando partes do corpo.

(ii) Ativo - ressuspendem depósitos os quais são filtrados utilizando partes do corpo.

(b) Coletores

(i) Catadores - Usam outras estruturas ao invés das cerdas para removerem o material orgânico fracamente aderido ou levemente depositado.

(ii) Escovadores - Utilizam as cerdas para removerem o material orgânico fracamente aderido ou levemente depositado.

(iii) Raspadores - Possuem adaptações estruturais que lhes permitem alimentar-se de material firmemente aderido.

ANÁLISE DA MICROANATOMIA:

Para o estudo da microanatomia das partes bucais, as espécies foram processadas segundo os procedimentos : aquecidas em KOH 10% até atingirem a clarificação necessária, em geral 10 min.; colocadas em Hipoclorito de Sódio (10 min.); desidratadas em uma série alcoólica de 40% (15 min.), 70% (15 min.), 90% + corante - vermelho congo (15 min.), 100% (15 min.). Após esta etapa, as peças bucais eram dispostas sobre lâminas onde eram dissecadas imersas em "etelam", sendo cobertas logo em seguida com a lamínula para confecção da amostra definitiva.

A morfologia das partes bucais das ninfas e larvas de insetos aquáticos foram investigadas através de microscopia óptica, utilizando técnica de digitalização de imagem em placa Targa Plus (Versão 1.7) , com base no registro em uma câmera COHU -Tech. Trade Corp. As imagens capturadas foram processadas no Corel PHOTO-PAINT. 6.0

Comentários sobre a microanatomia bucal dos gêneros de Ephemeroptera.

A análise realizada com base na verificação dos itens alimentares encontrados no conteúdo estomacal dos efemerópteros não foi capaz de estabelecer o enquadramento dos taxa dentro das categorias funcionais de alimentação, não porque eles fossem muito variáveis , mas sim, em virtude de eles serem muito semelhantes, uma vez que todas as espécies ingeriam principalmente detritos amorfos finos.

Em geral a morfologia do labium e da maxila foram as peças que forneceram maiores informações sobre o modo pelos quais as ninfas das efemerópteros se alimentavam.

Os resultados indicaram que os táxons analisados se enquadraram em cinco categorias : Coletor escovador, Coletor filtrador (passivo), Coletor filtrador (ativo), Coletor-Catador, Coletor-raspador (Tabela - XIII).

Para facilitar a apresentação da análise dos grupos estudados, foram formados os seguintes grupos:

GRUPO 1- COLETORES-ESCOVADORES

Farrodes (Leptophlebiidae)

Thraulodes . (Leptophlebiidae).

Miroculis froehlich (Leptophlebiidae)

Miroculis sp1 (Leptophlebiidae)

As espécies deste grupo apresentaram características do aparelho bucal muito semelhantes. Morfologicamente, a maxila termina com um tufo de cerdas longas na forma de uma escova (Fig.36). O labium é coberto por pequenas cerdas esparsas. Tais características provavelmente estão relacionadas ao hábito de escovar a matéria orgânica levemente aderida

ao substrato. Portanto, essas espécies devem ser consideradas como sendo coletoras escovadoras.

GRUPO 2 - COLETORES - FILTRADORES PASSIVOS

Hylister plaumanni (Leptophlebiidae) apresenta um aparelho bucal voltado para a filtração passiva de matéria orgânica em suspensão, com todas as estruturas bucais cobertas por longas cerdas (Fig.37). Colaborando com esta interpretação, a espécie ocorreu preferencialmente em folhoso de corredeira nos trechos inferiores do rio, onde há uma maior disponibilidade de partículas em suspensão. Assim sendo, este fato corrobora a idéia de que a distribuição das espécies ocorrerá conforme um ajuste entre a disponibilidade de recursos e adaptações morfológicas para utilização dos mesmos.

GRUPO 3 - COLETORES - FILTRADORES ATIVOS

As espécies *Lachlania boanovae* (Oligoneuridae) e *Massartela brieni*, (Tricorythidae) são filtradoras ativas, pois apresentam um aparato bucal adaptado para ressuspensão das partículas aderidas ao substrato enquanto se locomovem. As maxilas e o labium de ambas são cobertos por uma densa camada de cerdas (Fig.38 e 39).

GRUPO 4 - COLETORES - CATADORES

Leptohyphes pereirae e *Leptohyphes* spp. (Tricorythidae), as espécies ocorreram tanto em áreas de depósito quanto em áreas de corredeiras. Morfologicamente, a microanatomia da paraglossa e glossa labiais apresentam apenas pequenas cerdas espaçadas. Já os palpos labiais e maxilares, bem como o resto do aparato bucal, apresentam poucas ou nenhuma cerda. As mandíbulas das várias espécies apresentaram ou um conjunto de dentes quitinosos em forma de coroa ou fileiras de dentes com o ápice tridentado (Fig. 40). Provavelmente as larvas são coletoras catadoras, utilizando a glossa e a paraglossa para remover pequenos fragmentos depositados no substrato, enquanto, os palpos labiais e maxilares manipulam a massa de detrito fino para dentro do trato digestivo.

GRUPO 5 - COLETORES - RASPADORES

Os gêneros da família Baetidae (*Cloeodes*, *Pseudocleon*, *Baetis* e *Camelobaetidius*) foram encontrados em todos os substratos, porém em geral tiveram preferência pelo substrato rochoso. As larvas apresentaram um aparelho bucal complexo, com as glossa e paraglossa formadas por fileiras de cerdas pequenas e pectinadas (Fig.41) ou com tufo de robustas cerdas. O palpo labial é coberto com cerdas curvadas. As mandíbulas em geral servem para caracterizar as espécies como raspadoras, pois possuem dois dentes quitinosos em forma de cunha, adaptados nitidamente para raspar superfícies duras (Fig.42). Apresentam ainda, no trecho molar, uma expansão quitinosa coberta por robustas espículas, apropriadas para o trabalho de abrasão (Fig.43). Estruturalmente, as larvas são equipadas tanto para escovar quanto para raspar, no entanto, como elas apresentam estruturas especializadas para a raspagem, nós enquadraremos todos os gêneros de Baetidae como coletoras raspadoras.

TABELA XIII. Tabela comparativa das características da microanatomia das peças bucais de ninfas da Ordem Ephemeroptera encontradas na bacia do rio Macaé.

TAXA	Glossa Labial	Para glossa labial	Palpo Labial	Maxila	Palpo Maxilar	Mandíbula	Categoria funcional
<i>Farrodes</i> spp.	pequenos tufos de cerdas no ápice	cobertas com pequenas cerdas	pequenas cerdas espaçadas entre si	tufo de cerdas longas	—	presença de 2 dentes quitinosos e fileira de denticulos arborescentes	Coletor escovador
<i>Thraulodes</i> spp	pequenos tufos de cerdas no ápice	coberta com pequenas cerdas	pequenas cerdas espaçadas entre si (2 µm)	tufo de cerdas longas (10 µm)	—	presença de 2 dentes quitinosos e fileira de denticulos arborescentes	Coletor escovador
<i>Miroculis froehlich</i>	glossa coberta com pequenas cerdas robustas (2 µm)	coberta com pequenas cerdas (2 µm)	pequenas cerdas espaçadas entre si (2 µm)	tufo de cerdas longos (10 µm)	tufos com cerdas medianas	presença de 2 dentes quitinosos e fileira de denticulos arborescentes	Coletor escovador
<i>Miroculis</i> sp1	glossa coberta com pequenas cerdas robustas (2 µm)	cobertas com pequenas cerdas (4µm)	pequenas cerdas espaçadas entre si (2 µm)	Tufo de cerdas longos (10 µm)	tufos com cerdas medianas (6 µm)	presença de 2 dentes quitinosos e fileira de denticulos arborescentes	Coletor escovador
<i>Hylister plaumanni</i>	glossa coberta com finas cerdas pequenas (4 µm)	glossa coberta com finas cerdas médias (6 µm)	coberto com longas cerdas em toda sua extensão	ápice da maxila coberto com uma seqüência de longas cerdas	ápice com longas cerdas	2 longos denticulos com tufos de cerdas longas entre eles. Uma fileira de longos dentes na forma de cunha	Coletor filtrador (passivo)
<i>Lachtania boronovae</i>	pequenas cerdas (2 µm)	coberta com finas cerdas	coberto com densa camada de finas cerdas	seqüência de pequenas cerdas no lado interno	coberto com densa camada de pequenas e finas cerdas	fileira de pequenos denticulos em forma de cunha	Coletor filtrador (ativo)
<i>Leptohyphes</i> sp1	coberta com pequenas cerdas finas (2 µ)	cerdas espaçadas no ápice e tufos de pequenas cerdas no lado interno	palpo longo sem cerdas	fileira de dentes quitinosos recobertos com cerdas pectinadas	palpo pequeno sem cerdas	com coroa de 4 dentes quitinosos no ápice	Coletor catador
<i>Leptohyphes pereirae</i>	coberta por pequenas cerdas espaçadas	coberta por pequenas cerdas espaçadas	palpo com poucas cerdas espaçadas	pequeno dente maxilar apical. Fileiras de cerdas bipectinadas junto ao dente apical	palpo reduzido sem cerdas	conjunto de 5 dentes robustos no ápice externo. Fileira de pequenos dentes quitinosos	Coletor catador
<i>Cloeodes</i> sp.	coberta por fileira de cerdas pectinadas	coberta por fileira de cerdas pectinadas	formado com pequenas cerdas espaçadas no ápice	2 dentes quitinosos em forma de concha. Fileira de cerdas não pectinadas na borda interna.	palpo reduzido sem cerdas	ápice da mandíbula quitinoso em forma de concha. Lado interno da peça coberto por um "tapete" de denticulos	Coletor raspador
<i>Pseudocloeon</i> spp.	tufos de robustas cerdas pequenas	tapete com muitas cerdas pequenas	o último segmento do palpo todo coberto com cerdas curvadas	2 dentes quitinosos no ápice da maxila. Fileira de pequenos dentes coberto por espículas	não observado	conjunto de 4 longos dentes quitinosos. Presença de fileira de denticulos arborescentes pectinados em forma de cunha	Coletor escovador

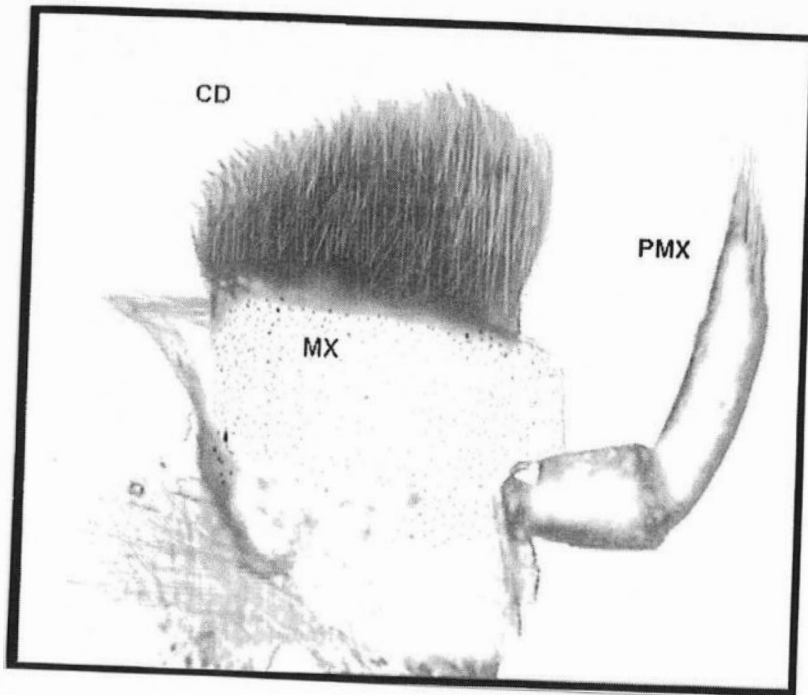


Figura.36. Imagem digitalizada da maxila de *Farrodes* (coletora escovadora), mx, maxila ; pmx, palpo maxilar; cd, cerdas formando uma escova (100X).

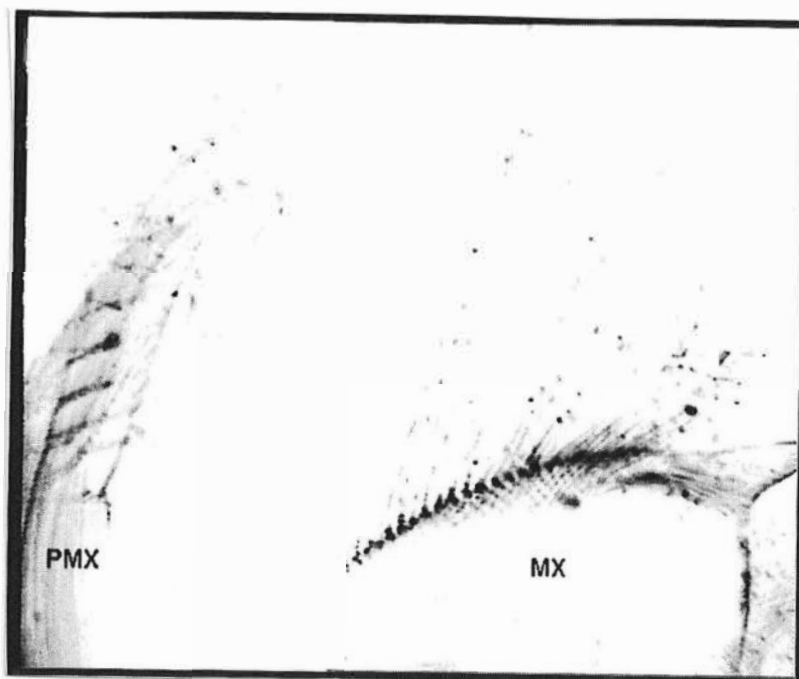


Figura 37. Imagem digitalizada da maxila de *Hylister plaumanni* (coletora filtradora - passiva); mx, maxila; pmx, palpo maxilar (100X).

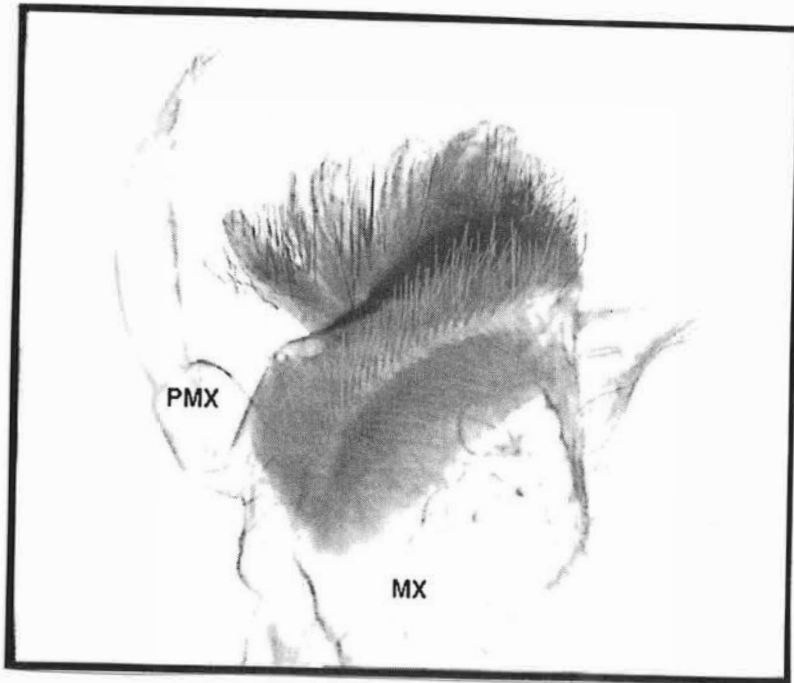


Figura 38. Imagem digitalizada das maxilas de: *Lachlania boanovae* (coletoras filtradoras - ativas), mx, maxila; pmx, palpo maxilar (100X).

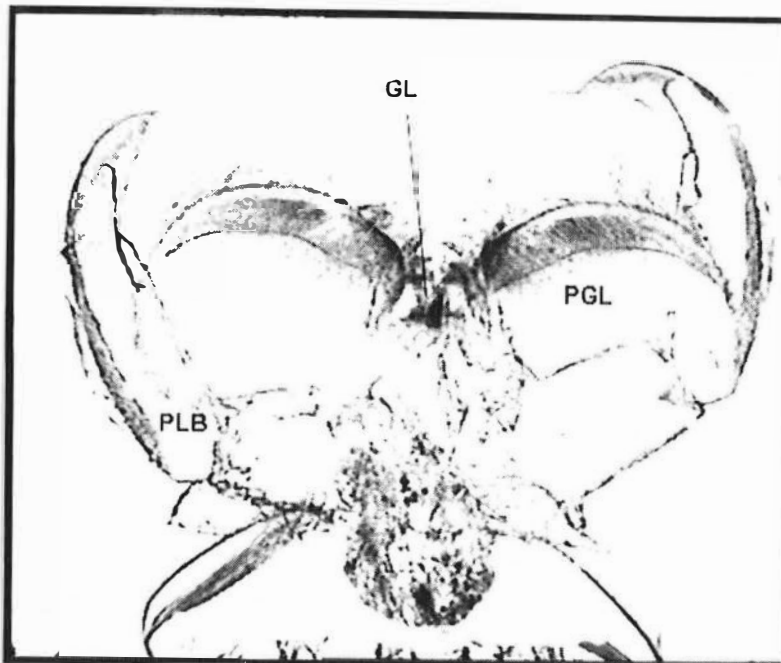


Figura 39. Imagem digitalizada do labium de: *Lachlania boanovae* ; lb, labium; pg, paraglossa; gl, glossa; plb, palpo labial. (100X).

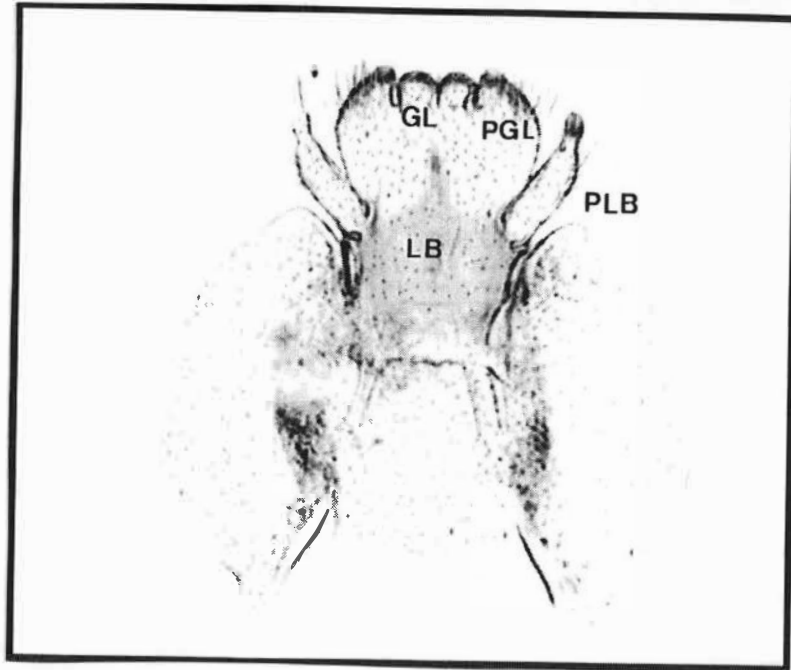


Figura 40. Imagem digitalizada de *Leptohyphes pereirae*, (coletora pegadora). a) labium , b) maxila; pg, paraglossa; gl, glossa; pmx, palpomaxilar (100X).

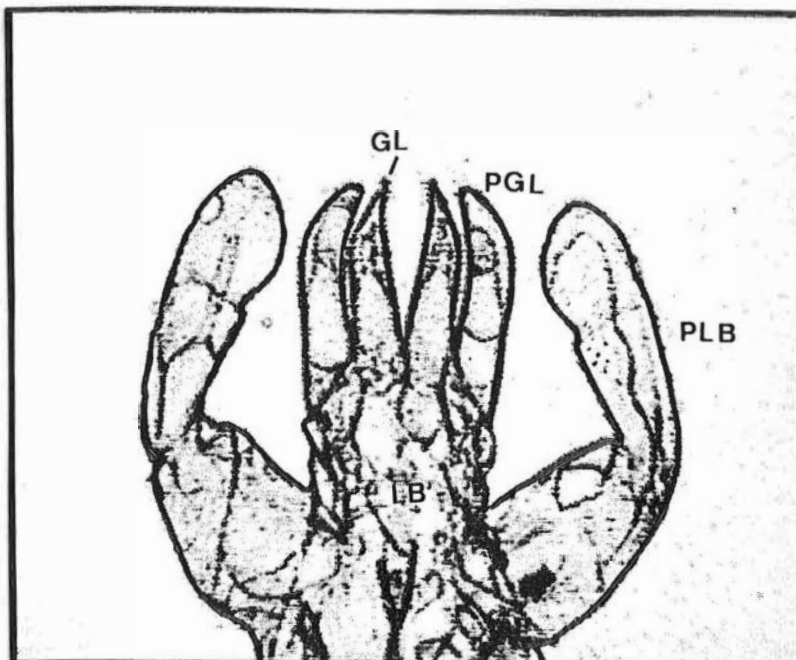


Figura 41. Imagem digitalizada do labium de *Cloeodes*, (Raspadora), pgl, paraglossa; gl, glossa. (400X).



Figura 42. Imagem digitalizada da mandíbula de *Cloeodes* (100X).

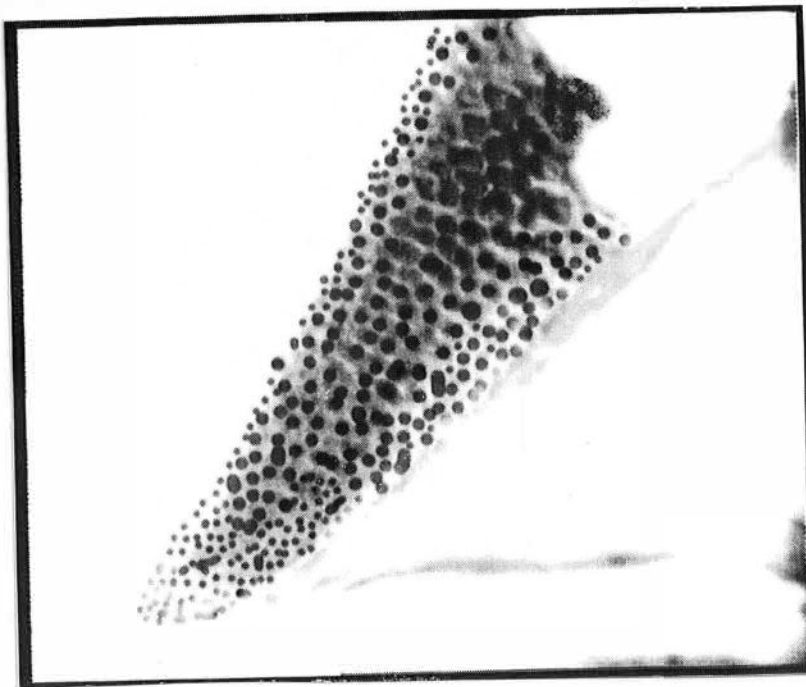


Figura 43. Imagem digitalizada do trecho molar da mandíbula de *Cloeodes*, especializada para o trabalho de abrasão e raspagem (400X).