



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas

(Biodiversidade Neotropical)

Adriana Lamanna Puga

Biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica de sete  
reservatórios tropicais

Rio de Janeiro

2016

Adriana Lamanna Puga

Biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica de sete  
reservatórios tropicais

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade Neotropical da  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro como requisito  
parcial para a obtenção do grau de  
mestre em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra Christina Wyss Castelo Branco

Coorientadora: Dra Betina Kozlowsky-Suzuki

Rio de Janeiro, 23 de fevereiro de 2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

P978 Puga, Adriana Lamanna.  
Biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica de sete reservatórios tropicais / Adriana Lamanna Puga, 2016.  
xv, 67 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Christina Wyss Castelo Branco.  
Coorientadora: Betina Kozlowsky-Suzuki.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Biodiversidade Neotropical) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

1. Zooplancton. 2. Fitoplâncton. 3. Biomassa. 4. Carbono. I. Branco, Christina Wyss Castelo. II. Kozlowsky-Suzuki, Betina. III. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Biológicas e de Saúde. Curso de Mestrado em Ciências Biológicas. IV. Título.

CDD – 592.1776

Biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica de sete  
reservatórios tropicais

Adriana Lamanna Puga

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dra. Christina Wyss Castelo Branco (orientadora) - UNIRIO

---

Prof. Dra. Samira da Guia Mello Portugal- UNIRIO

---

Prof. Dr. Jayme Magalhães Santagelo - UFRRJ

Rio de Janeiro, 23 de fevereiro de 2016

“Há um ditado popular na China que diz:

Quando beber água,  
não esqueça da pessoa  
que cavou a fonte”

Daisaku Ikeda.

Aos meus pais, ao meu irmão,  
ao meu marido Gilson e ao  
meu mestre Daisaku Ikeda  
minha mais profunda gratidão.  
Sem vocês, muito pouco seria  
possível.

## AGRADECIMENTOS

À Professora Christina Wyss Castelo Branco por ter me dado a oportunidade de retornar ao Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL) e avançar mais um passo na minha formação acadêmica. É um exemplo de profissional e possuidora de um caráter admirável, muito obrigada por todo apoio incondicional!

À minha coorientadora Professora Betina Kozlowsky-Suzuki pela paciência, disponibilidade em ajudar, confortar, dialogar e me apoiar durante todo o mestrado! Muito obrigada de todo coração!

À Professora Vera Lúcia de Moraes Huszar e sua equipe da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional-UFRJ, pela preciosa contribuição com os dados preciosos referentes ao fitoplâncton.

Aos professores Jayme Magalhães Santagelo e Samira da Guia Mello Portugal por terem aceitado fazer parte da minha banca de dissertação e por suas valiosas contribuições ao presente trabalho.

Muito obrigada especial e de coração para os professores maravilhosos que tive a boa sorte de conhecer, (reencontrar!) receber toda atenção e apoio e de conviver com alegria, alguns, desde a graduação, outros, nessa nova etapa do Mestrado: Isabel Rocha, Gabriela Frois Duarte, Elisabete Palermo, Vanessa Lopes, Maria Inês da Silva dos Passos, Tatiana Fabrício Maria, Elidiomar Ribeiro da Silva, Edwin Gonzalo Azero Rojas, Alcides Wagner Serpa Guarino, Ana Maria Paulino Telles de Carvalho e Silva, Ricardo Silva Cardoso e Carlos Henrique Caetano.

À LIGHT pela infraestrutura para realização desse estudo.

A cada um da equipe do Núcleo de Estudos Limnológicos (NEL) e LAQAM por todas as contribuições e paciência, minha mais profunda gratidão! Vocês fazem com que os dias sejam mais felizes e alegres: Rafa, Alana, Betina, Angélica, Ana Clara, Lorena, Daniel, Ewerton, Clarice, Leo, Ana e Paulinha.

Às amigas que reencontrei Sylvia e Dani e aos novos amigos da turma do mestrado. Obrigada pelos ótimos momentos de convivência e aprendizado!

À todos os professores, funcionários e amigos da UNIRIO por quem tenho muito carinho e gratidão desde a época da graduação.

À minha cunhada Juliana pela preciosa contribuição com o mapa!!!!!! Muito obrigada!

Às minhas grandes amigas dos tempos da graduação Juliana Barros, Priscila Rosa e Fernanda Amorim pelo grandioso incentivo essencial para a realização deste Mestrado, muito obrigada por me apoiarem em tudo com total amizade e carinho.

Aos meus pais, ao meu irmão Guto e familiares pelo mais profundo amor, absoluta dedicação e apoio para a realização de cada um dos meus sonhos, eu os amo com toda minha vida! Ao meu marido Gilson por ser meu grande amigo, companheiro e meu grande amor! Muito obrigada pelo carinho, tranquilidade, paciência, incentivos diários e incansáveis, amo você!

Ao meu Mestre da vida Daisaku Ikeda e a todos meus amigos da Brasil Soka Gakkai Internacional (BSGI) por todo apoio, compreensão e incentivos, minha mais profunda gratidão!!!

## SUMÁRIO

1.Introdução.....	1
1.1    Reservatórios artificiais.....	2
1.2    Objetivos.....	5
1.2.1    Objetivos Gerais.....	5
1.2.2    Objetivos Específicos.....	5
1.2.3    Hipóteses.....	5
2.    Área de Estudo.....	6
2.1. Reservatórios de Tocos e Ribeirão das Lajes.....	8
2.2. Reservatório de Santana ,Vigário e Ponte Coberta.....	9
2.3. Reservatório de Santa Branca.....	10
2.4. Reservatório de Ilha dos Pombos.....	10
3.Material e Métodos.....	10
3.1. Coleta de Material.....	14
3.2. Análises de Campo.....	14
3.3.Análises Laboratoriais.....	15
3.4.Índice do Estado Trófico.....	15
3.5. Análise do Fitoplâncton.....	16
3.6. Análise do Zooplâncton.....	17
3.7.Análises Estatísticas.....	18
4.Resultados.....	21
4.1. Pluviosidade.....	21
4.2.Variáveis Físicas e Químicas nos períodos de seca e chuva.....	21
4.3. Estado trófico.....	22
4.4.Reservatório de Tocos.....	23
4.4.1 Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	23
4.4.2 Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	25
4.5 Reservatório de Ribeirão das Lajes.....	26
4.5.1 Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	26
4.5.2 Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	28



4.6. Reservatório de Santana.....	30
4.6.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	30
4.6.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	32
4.7 Reservatório de Vigário.....	34
4.7.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	34
4.7.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	37
4.8 Reservatório de Ponte Coberta.....	39
4.8.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	39
4.8.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	41
4.9. Reservatório de Santa Branca.....	42
4.9.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	42
4.9.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	44
5.0. Reservatório de Ilha dos Pombos.....	46
5.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica.....	46
5.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica.....	48
6.0. Resultados Comparativos entre os sete reservatórios.....	50
6.1. Biomassa em carbono do fitoplâncton e do zooplâncton.....	50
6.2. Análises de similaridade por agrupamento.....	52
6.3. Análise de ordenação: componentes principais .....	55
7. Discussão.....	56
8. Conclusões.....	60
9. Referências.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema diagramático dos sete reservatórios estudados.....	6
Figura 2: Localização dos sete reservatórios estudados.....	7
Figura 3: Mapa do reservatório de Tocos e o seu ponto de coleta .....	12
Figura 4: Mapa do reservatório de Ribeirão das Lajes e seus pontos de coleta.....	12
Figura 5: Mapa dos reservatórios de Santana, Vigário e Ponte Coberta e seus pontos de coleta.....	13
Figura 6: Mapa do Reservatório de Santa Branca e seus pontos de coleta.....	13
Figura 7: Mapa do Reservatório de Ilha dos Pombos e seus pontos de coleta.....	14
Figura 8: Classificação do estado trófico dos sete reservatórios.....	16
Figura 9: Figura 9: Pluviosidade no período de estudo.....	21
Figura 10: Médias das variáveis físicas e químicas por período e por reservatório.....	22
Figura 11: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Tocos.....	24
Figura 12: Figura 12: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Tocos.....	24
Figura 13: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Tocos.....	25
Figura 14: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono nos períodos de seca e de chuva no Reservatório de Tocos.....	26
Figura 15: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Ribeirão das Lajes.....	27
Figura 16: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes .....	27
Figura 17: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os períodos de chuva e de seca.....	28
Figura 18: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Ribeirão das Lajes.....	29
Figura 19: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes.....	29

Figura 20: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os períodos de chuva e de seca.....	30
Figura 21: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Santana.....	31
Figura 22: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santana .....	32
Figura 23: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santana entre os períodos de chuva e de seca.....	32
Figura 24: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Santana.....	33
Figura 25: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santana entre os pontos de coleta.....	33
Figura 26: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santana entre os períodos de chuva e de seca.....	34
Figura 27: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Vigário.....	35
Figura 28: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Vigário entre os pontos de coleta.....	36
Figura 29: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Vigário entre os períodos de chuva e de seca.....	36
Figura 30: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Vigário.....	37
Figura 31: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Vigário .....	38
Figura 32: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Vigário entre os períodos de chuva e de seca.....	38
Figura 33: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Ponte Coberta .....	39
Figura 34: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do Reservatório de Ponte Coberta .....	40

Figura 35: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do Reservatório de Ponte Coberta entre os períodos de chuva e de seca.....	40
Figura 36: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Ponte Coberta.....	41
Figura 37: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Ponte Coberta.....	42
Figura 38: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Ponte Coberta entre os períodos de chuva e de seca.....	42
Figura 39: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Santa Branca.....	43
Figura 40: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do Reservatório de Santa Branca.....	44
Figura 41: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santa Branca entre os períodos de chuva e de seca.....	44
Figura 42: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral do Reservatório de Santa Branca.....	45
Figura 43: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santa Branca .....	45
Figura 44: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santa Branca entre os períodos de chuva e de seca.....	46
Figura 45: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Ilha dos Pombos.....	47
Figura 46: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do Reservatório de Ilha dos Pombos .....	47
Figura 47: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do Reservatório de Ilha dos Pombos entre os períodos de chuva e de seca.....	48
Figura 48: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral no Reservatório de Ilha dos Pombos.....	49

Figura 49: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Ilha dos Pombos entre os pontos de coleta.....	49
Figura 50: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do Reservatório de Ilha dos Pombos entre os períodos de chuva e de seca.....	50
Figura 51: Valores médios de biomassa em carbono no período de estudo das principais categorias taxonômicas por reservatório.....	51
Figura 52: Valores médios de biomassa em carbono no período de estudo das principais categorias taxonômicas por reservatório.....	52
Figura 53: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com dados hidrológicos e morfométricos .....	53
Figura 54: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com características de trofia.....	53
Figura 55: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com biomassa fitoplanctônica (em termos de carbono).....	54
Figura 56: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com biomassa zooplanctônica (em termos de carbono).....	54
Figura 57: Análise dos Componentes Principais do conteúdo em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica e variáveis limnológicas com maior correlação dos sete reservatórios estudados.....	55

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela I: Características hidrológicas dos sete reservatórios estudados.....	8
Tabela II: Pontos amostrais em cada reservatório estudado.....	11
Tabela III: Valores médios de Secchi, Clorofila <i>a</i> e P-Total, Índice do Estado Trófico (ponderação) e classificação de trofia.....	22

## RESUMO

Poucos estudos nas regiões tropicais abordaram especificamente a pesquisa da biomassa em carbono nas comunidades planctônicas. A determinação da biomassa de organismos planctônicos é fundamental para conhecer a estrutura dessas comunidades. Estudos envolvendo somente os dados de abundância podem levar a generalizações um tanto simplistas sobre o real significado ecológico dos organismos dentro da comunidade e sua participação na cadeia trófica. O presente estudo objetivou conhecer os estoques de carbono em componentes da biota aquática (fitoplâncton e zooplâncton) em sete reservatórios tropicais de características hidrodinâmicas e de trofia distintas, pertencentes ao Sistema Light, e, entender a influência das características limnológicas sobre os estoques de carbono nesses compartimentos nos períodos de seca e chuva. As categorias com maior representatividade na comunidade fitoplanctônica para a biomassa em termos de carbono nos sete reservatórios, de uma forma geral, foram Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae e Cryptophyceae, com um destaque para o reservatório de Ribeirão das Lajes que apresentou o grupo Dinophyceae como um dos mais representativos. Nos sete reservatórios, as categorias que mais contribuíram com a biomassa em carbono do zooplâncton foram Copepoda, Cladocera e o grupo outros. Considerando os fatores ambientais com importante influência sobre a biomassa planctônica, foi ressaltada a importância da temperatura da água como um dos elementos que mais influenciaram a biomassa do fitoplâncton. Já com relação à biomassa na comunidade zooplanctônica, a transparência da água e o tempo de retenção foram os fatores mais influentes, ressaltando a importância maior de aspectos físicos para a estruturação dessas comunidades do que aspectos químicos. Os reservatórios com os maiores tempos de retenção (Santa Branca e Ribeirão das Lajes) apresentaram as maiores biomassas tanto para o fitoplâncton quanto para o zooplâncton, e não os classificados os maiores graus de trofia.

## ABSTRACT

Few studies in tropical systems specifically addressed carbon biomass in plankton communities. Determination of carbon biomass of plankton organisms is fundamental to know the structure of these communities. Studies involving only the plankton abundance can lead to simplistic generalizations about ecological role of organisms in a community and their participation in the food web. The present study aimed to know carbon stocks in biotic components (phytoplankton and zooplankton) of seven tropical reservoirs with different trophic and hydrological status and different physical features and comprehend the influence of limnological characteristics on carbon stocks in these compartments in two hydrological periods (rain, and dry season). In general categories with the highest carbon biomass representation in phytoplankton community of seven reservoir were Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria and Cryptophyceae except for Ribeirão das Lajes reservoir where Dinophyceae was one of the most representative. In the seven reservoirs zooplankton groups with the highest carbon biomass were Copepoda, Cladocera and others group. Considering environmental features, water temperature as that most variable influencing phytoplankton biomass. Water transparency and retention time were the most influential features on zooplankton carbon biomass, highlighting physical aspects for structuring these communities than chemical features. Reservoirs with high residence time (Santa Branca and Ribeirão das Lajes) showed the highest phytoplankton and zooplankton biomass. Reservoirs with high trophic status didn't show the highest carbon biomass in plankton communities.



## 1.INTRODUÇÃO

O carbono é um dos constituintes essenciais da biomassa dos seres vivos, sendo responsável por 40% a 60% do peso seco, na maioria dos casos (Raymont, 1983). Biomassa é o peso total de todos os indivíduos de uma população ou comunidade por unidade de área ou de volume num dado tempo (Esteves,2011). A biomassa pode ser expressa, por exemplo, em termos de peso seco e carbono orgânico.

Dentre os possíveis estoques biológicos de carbono (biomassa) nos ecossistemas aquáticos estão as comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica. O fitoplâncton é um grupo polifilético de microrganismos fotossintetizantes (algas, cianobactérias e algumas poucas bactérias) adaptados a viverem parcial ou continuamente em águas abertas (Brasil, 2011). Cada grupo de organismos fitoplanctônicos possui diferentes requerimentos fisiológicos e varia quanto as suas respostas aos parâmetros físicos e químicos do ambiente, como a luz, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes. Desta forma, as populações fitoplanctônicas distribuem-se na coluna d'água segundo um gradiente espacial (vertical e horizontal). Também apresentam uma variação sazonal, na medida em que as condições físicas, químicas e biológicas mudam no corpo d'água (Wetzel, 2001). O fitoplâncton é um importante produtor primário principalmente na região limnética dos ecossistemas aquáticos. Sua produtividade primária é controlada fundamentalmente pela disponibilidade de nutrientes e pela intensidade luminosa. Quando a disponibilidade de nutrientes para as algas é alta, as limitações espaciais pela luz podem reduzir o desenvolvimento da comunidade (Wetzel, 1990).

Nos ecossistemas aquáticos a produção primária planctônica se refere a produção de carbono orgânico pelas microalgas (Pinilla, 2005). Dentro de uma visão clássica da Ecologia, o fitoplâncton é tido como a base do fluxo de carbono das cadeias tróficas na região limnética de ambientes aquáticos (Pomeroy, 1974; Fenchel,1988). No entanto, estudos realizados nas últimas décadas mostraram que isto nem sempre é verdade. Os detritos, as bactérias e protozoários podem, em alguns casos, ser mais importantes do que os produtores primários como fonte de carbono para os níveis tróficos superiores (Azam *et al.*, 1983).

O zooplâncton é um dos grupos de invertebrados mais abundantes nas águas doces. Os organismos pertencentes ao zooplâncton se destacam pela elevada riqueza de espécies, têm grande importância ecológica, pois participam ativamente de processos

responsáveis pelo funcionamento dos ecossistemas – como ciclagem de nutrientes e manutenção das cadeias tróficas (Santos *et al.*,2013). O zooplâncton constitui-se principalmente de protozoários, rotíferos e microcrustáceos (cladóceros e copépodos), além de organismos menos representativos e abundantes como as larvas de insetos. Segundo Margalef (1983), os organismos que mais contribuem para a biomassa total do ambiente aquático são os microcrustáceos, principalmente copépodos. Já os rotíferos são superados por copépodos e cladóceros, exceto em ambientes muito eutróficos, nos quais são os que mais sobressaem. Apesar da contribuição dos copépodos na biomassa total, eles participam menos na produção secundária do que rotíferos e cladóceros micrófagos, responsáveis por grande parte da ciclagem de nutrientes. Esse padrão também foi verificado em estudos realizados por Makarewicz & Likens (1979).Esses organismos representam um dos elos estruturadores das cadeias alimentares em ambientes aquáticos, a partir da transferência de matéria e energia entre os produtores primários e consumidores de níveis tróficos superiores (Lansac-Tôha *et al.*, 2005).

### **1.1 Reservatórios artificiais**

No Brasil, a construção de grandes reservatórios de água atingiu seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970 (Tundisi, 1999). Lagos artificiais têm recebido muita atenção no Brasil porque são usados para vários fins, incluindo a geração de energia, abastecimento de água e irrigação. Esses ambientes aquáticos apresentam características ecológicas que levam ao estabelecimento de um sistema dinâmico no qual as comunidades planctônicas desempenham um papel importante (Branco *et al.*,2002).

A construção dos reservatórios, produz inúmeros impactos, além disso, esses ambientes recebem permanentemente um conjunto de influências das bacias hidrográficas (usos do solo e descargas de nutrientes e de material em suspensão), a partir de fontes pontuais ou não. Esses impactos persistem, são frequentemente cumulativos e produzem alterações contínuas nos fatores físicos, químicos e biológicos nesses ecossistemas (Rodrigues *et al*, 2005).

A formação dos reservatórios, a partir da construção de barragens em ambientes de fluxo constante, acarreta aumento do tempo de residência da água na área represada (Straskraba & Tundisi, 1999). Observa-se, então, redução do transporte de partículas em suspensão e o conseqüente aumento da sedimentação desse material ao longo do eixo longitudinal do novo ecossistema, no sentido rio-barragem (Thornton, 1990). Esses ambientes apresentam, portanto, características espaciais bem definidas, sendo

geralmente possível distinguir uma zona fluvial, uma zona de transição e uma zona lacustre (Thornton, 1990; Tundisi, 1990). A estrutura das comunidades planctônicas em reservatórios é influenciada por diversas características do ambiente, como morfometria e hidrologia da bacia de drenagem, estado trófico, idade e regimes termais, químicos e operacionais (Schmid-Araya & Zuñiga, 1992; Rocha *et al.*, 1999).

Os reservatórios podem ser diferenciados de lagos naturais devido a um sistema de circulação vertical e horizontal, produzidos pelas suas características naturais e procedimentos de manejo (Rocha *et al.*, 2002), segundo Rocha *et al.* (1999), não há diferenças, considerando a composição de espécies do zooplâncton, entre os dois ambientes. Entretanto, de acordo com Matsumura-Tundisi (1999) a composição zooplanctônica, comparando-se os dois ambientes, difere em relação a abundância relativa dos principais grupos componentes. Dos grupos zooplanctônicos, os rotíferos predominam nos reservatórios, pois são organismos r-estrategistas que reproduzem rapidamente sob condições de estresse dinâmico, comum nesses ambientes (Branco & Cavalcanti, 1999; Matsumura-Tundisi, 1999). Embora os rotíferos sejam geralmente mais abundantes, os microcrustáceos contribuem em maior proporção com a biomassa total como reportado por muitos autores (DeManuel e Jaume, 1994; Rocha *et al.*, 1995; Ghadouani *et al.*, 1998). A estrutura dessa comunidade bem como sua biomassa são importantes indicadores do estado ecológico de lagos naturais e artificiais. A composição de espécies e a biomassa são influenciadas tanto por fatores bióticos (produtividade do lago, predação exercida por peixes e invertebrados) quanto por fatores abióticos físicos e químicos (Spohr-Bacchin, 1994; LØvik & Andersen, 2000; Branco *et al.*, 2002; Lopes, 2003).

Mais estudos são necessários nas regiões tropicais abordando especificamente a pesquisa da biomassa em carbono nas comunidades planctônicas (Rocha & Matsumura-Tundisi, 1984; Matsumura-Tundisi *et al.*, 1989; Silva *et al.*, 2014). Rocha & Matsumura-Tundisi (1984) estimaram a biomassa e a produção de *Argyrodiaptomus furcatus* (Sars), o copépode mais abundante do Reservatório de Broa (São Carlos, São Paulo), já Matsumura-Tundisi *et al.* (1989) estimaram a biomassa e o conteúdo de carbono de crustáceos planctônicos no mesmo reservatório. Silva *et al.* (2014) avaliaram a contribuição de diferentes comunidades planctônicas para o carbono orgânico total em oito reservatórios tropicais. Os autores observaram que a biomassa em carbono na comunidade planctônica foi similar aos valores encontrados em sistemas temperados e

subtropicais de mesmo estado trófico. As comunidades planctônicas responderam de forma diferente aos níveis de eutrofização, mostrando aumento na contribuição para o carbono orgânico total em relação ao fitoplâncton e ao zooplâncton (exceto em relação ao bacterioplâncton).

Auer *et al.* (2004) estudaram a composição e a dinâmica sazonal do fitoplâncton, bactérias e do zooplâncton (incluindo flagelados heterotróficos, ciliados, rotíferos e crustáceos) em cinquenta e cinco lagos com diferentes níveis de trofia no norte da Alemanha. Nesse estudo foi observado um aumento significativo nas médias de abundância e biomassa de acordo com o nível trófico do lago com exceção das bactérias e do metazooplâncton. No estudo de Havens *et al.* (2007) foi determinada a biomassa em carbono da comunidade planctônica (bactérias, fitoplâncton, nanoflagelados autotróficos e heterotróficos, ciliados, rotíferos e crustáceos) de um lago eutrófico subtropical na Flórida, EUA. Os resultados desse estudo foram comparados com um trabalho realizado em lagos alemães eutróficos e as similaridades entre os sistemas temperados e subtropicais foram: dinâmica sazonal similar, com máximo de biomassa em carbono de nanoflagelados e metazoários zooplanctônicos na primavera e fitoplâncton entre o verão e o outono, média anual de carbono ocorrendo principalmente no fitoplâncton e o fitoplâncton apresentando maior proporção de carbono do que a encontrada no grupo das bactérias.

De modo geral, os estudos limnológicos realizados nas regiões tropicais são muito fragmentados, não fornecendo uma visão global de como se dá o fluxo de carbono nestes sistemas. Alguns estudos enfocam apenas a composição, abundância ou a produção primária do fitoplâncton, enquanto outros enfocam apenas a composição e abundância dos organismos zooplanctônicos (Schmidt, 1973; Talling *et al.*, 1973; Arcifa, 1984; Sendacz, 1984; Giancesella-Galvão, 1985; Erikson *et al.*, 1991; Cisseros & Mangas, 1991). Estudos envolvendo somente os dados de abundância podem levar a generalizações um tanto simplistas sobre o real significado ecológico dos organismos dentro da comunidade e sua participação na cadeia trófica (Bicudo & Bicudo, 2004). Em função da importância do carbono na constituição dos seres vivos ele é usado como unidade universal em ecologia energética, permitindo comparar a dinâmica de ecossistemas muito diferentes entre si. A avaliação mais realista do verdadeiro significado ecológico de cada grupo na comunidade planctônica requer certamente a comparação de suas biomassas.

## **1.2.OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVOS GERAIS**

Conhecer os estoques de carbono em componentes do fitoplâncton e zooplâncton em sete reservatórios tropicais de características hidrodinâmicas e de trofia distintas, pertencentes ao Sistema Light, e, entender a influência das características limnológicas sobre os estoques de carbono nesses compartimentos nos períodos de seca e chuva.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar os grupos mais representativos da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica em termos de conteúdo de carbono (biomassa) em cada um dos sete reservatórios (Tocos, Ribeirão das Lajes, Santana, Vigário, Ponte Coberta, Santa Branca e Ilha dos Pombos).

Verificar existência de diferença de biomassa nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, entre os pontos, e, entre os períodos de seca e chuva em cada reservatório.

Verificar a similaridade entre os reservatórios de acordo com os dados de nutrientes, morfométricos e hidrológicos, e, de acordo com a biomassa fitoplanctônica e zooplanctônica.

Associar as variáveis hidrológicas, morfométricas e tróficas ao conteúdo de carbono nas comunidades planctônicas.

### **1.2.3.HIPÓTESES**

Reservatórios com menores graus de trofia apresentam menor biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

Reservatórios com maiores tempos de retenção apresentam maior biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

## 2.ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho, abrange sete reservatórios do sistema Light, com diferentes características hidrológicas e situados em duas bacias hidrográficas: a do Rio Paraíba do Sul e do Rio Guandu. Os reservatórios de Tocos, Ribeirão das Lajes, Santana, Vigário e Ponte Coberta formam um complexo integrado de reservatórios, que, além de participarem da malha geradora hidrelétrica, fazem parte do principal sistema de abastecimento de água para o Município do Rio de Janeiro. Esses reservatórios pertencem à bacia hidrográfica do Rio Guandu. Os reservatórios de Santa Branca e Ilha dos Pombos localizam-se no eixo principal do Rio Paraíba do Sul. O esquema diagramático dos sete reservatórios estudados está representado na Figura 1. O mapa com a representação de todos os reservatórios da área de estudo deste trabalho, e a distribuição dos mesmos no território brasileiro é apresentado na Figura 2. A Tabela I apresenta as características hidrológicas de cada reservatório estudado.

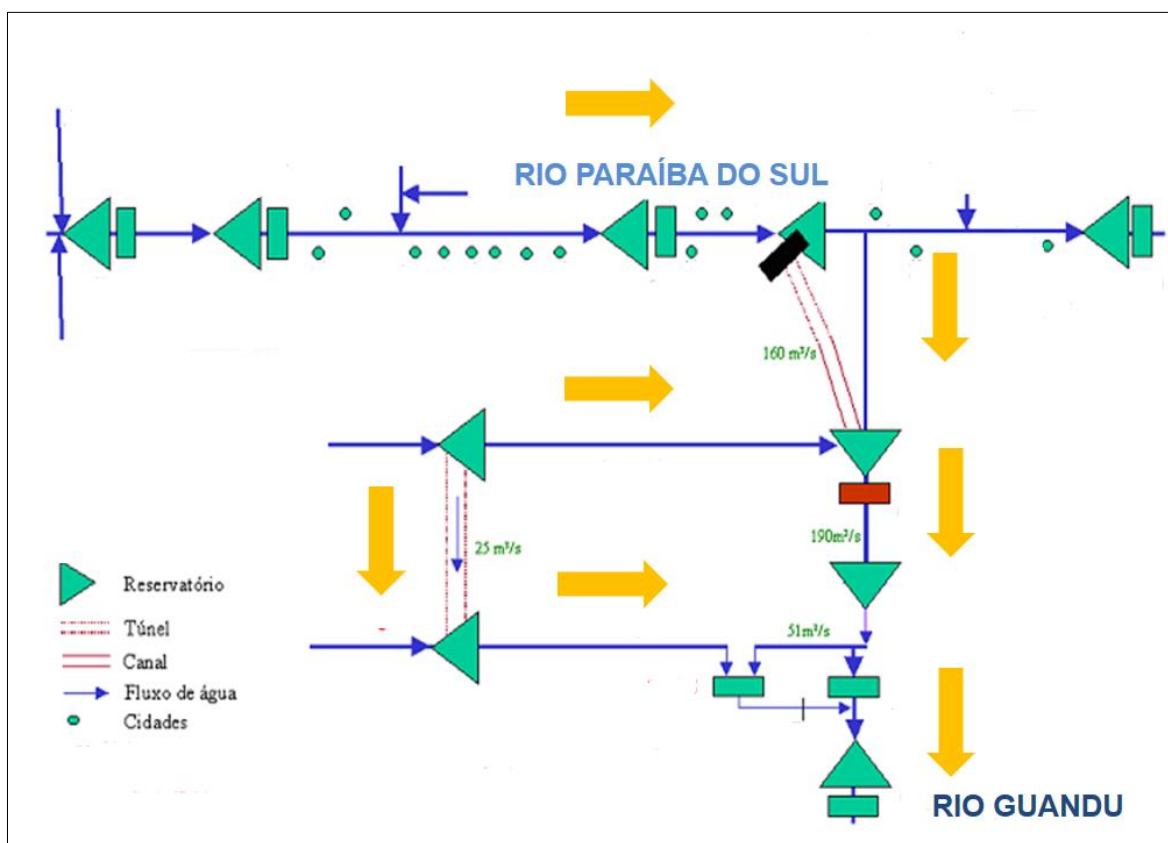


Figura 1: Esquema diagramático dos sete reservatórios estudados, em suas respectivas bacias hidrográficas (UEL=usina elevatória; UHE=usina hidrelétrica; setas em laranja indicam a direção do fluxo da água) (fonte: NEL, 2011).



Figura 2: Localização dos sete reservatórios estudados (Vigário, Santana, Ilha dos Pombos, Ribeirão das Lajes, Tocos, Santa Branca e Ponte Coberta) na região sudeste do Brasil.

Tabela I: Características hidrológicas dos sete reservatórios estudados.

Reservatório	Início de operação	Área superficial	Variação da cota*	Volume útil	Volume total	Vazão mlt	Tempo de retenção
	ano	km <sup>2</sup>	(a.s.l)	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	dias
Ribeirão das Lajes	1908	30,700	409,4-415,4	450,400	467,300	17,99	300,676
Tocos	1913	0,360	435,1-449,1		1,890	13,80	1,585
Ilha dos Pombos	1924	4,260	137,7-140,0	6,770	7,870	446,00	0,204
Vigário	1954	3,330	396,9-398,9	11,700	27,600	158,00	2,022
Santa Branca	1961	27,230	613,1-619,2	307,300	438,500	81,00	62,657
Ponte Coberta	1962	1,090	83,2-86,5	4,100	16,900	170,00	1,151

\*Cotas mínima e máxima de janeiro de 2011 até abril de 2014.

Fonte: NEL, 2011

## 2.1. RESERVATÓRIOS DE TOCOS E RIBEIRÃO DAS LAJES

O reservatório de Tocos, formado a partir das águas do rio Pirai, localiza-se a montante da barragem de Ribeirão das Lajes, fazendo parte do Sistema Hidráulico da LIGHT. Esse reservatório contribui em média, por gravidade, com  $12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  para o reservatório de Lajes através do túnel de Tocos, este com 8,5 km de comprimento. O



Desvio de Tocos começou a funcionar em 1913, após o término da construção da Barragem de Tocos (NEL,2011).

O reservatório de Ribeirão das Lajes foi formado entre os anos de 1905 e 1908, a partir da transposição de águas do Rio Piraí, tributário da Bacia do Rio Paraíba do Sul, para o Rio Ribeirão das Lajes, tributário da Bacia do Rio Guandu, tendo sido o primeiro barramento construído no Estado do Rio de Janeiro. O reservatório localiza-se a aproximadamente 80 km da cidade do Rio de Janeiro, entre os municípios de Piraí e de Rio Claro e é utilizado para a produção de energia elétrica e de abastecimento doméstico, sendo suas águas consideradas como de Classe Especial, segundo a resolução 357 (CONAMA, 2005). Possui profundidade média de 15 m (máxima de 40m) e é extremamente ramificado, o que gera uma importante interface entre o ambiente aquático e o terrestre. Uma grande faixa marginal do reservatório apresenta uma razoável cobertura vegetal, correspondendo à Estação Ecológica de Piraí, que possui atributos importantes como espécies vegetais remanescentes da Mata Atlântica Pluvial, o que contribui para a elevada qualidade da água. A rede de drenagem natural é composta de rios de pequeno porte, sendo a maior contribuição a das águas do rio Piraí, através do pequeno reservatório de Tocos (Dias, 2005).

## **2.2. RESERVATÓRIO DE SANTANA, VIGÁRIO E PONTE COBERTA**

Os reservatórios de Santana, Vigário e Ponte Coberta do Sistema Light, situados na Região do Médio Vale Paraíba nos municípios de Barra do Piraí, Piraí e Rio Claro, RJ fazem parte do subsistema Paraíba-Piraí. Esses reservatórios são abastecidos principalmente, em termos de volume de água, pela transposição de águas do Rio Paraíba do Sul para o Rio Piraí através da Usina Elevatória de Santa Cecília. Este subsistema é composto pela estação elevatória (UEL) Santa Cecília, barragem de Santana, UEL Vigário, Usinas Nilo Peçanha e Fontes Nova, reservatório de Ponte Coberta e da Usina Pereira Passos (Figura 1).

A vazão turbinada retirada do rio Paraíba do Sul ( $160 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e transferida para o sistema é superior às vazões naturais médias oriundas das bacias receptoras: rio Piraí,  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ ; rio Ribeirão das Lajes,  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ., portanto, a transposição do rio Paraíba do Sul ‘inunda’ as bacias de drenagem desses rios, reduzindo a importância da vazão natural. O fluxo da porção final do rio Piraí é invertido e nesse trecho forma-se o reservatório de Santana (Molisani *et al.*, 2007). A descarga do reservatório de Santana e a contribuição da

porção média do rio Piraí são captadas por uma usina elevatória e bombeadas através de uma elevação de 35 m para inundar o reservatório de Vigário, sendo esta operação caracterizada como uma transposição de bacias (NEL, 2011).

O reservatório de Vigário possui um sumidouro de 690 m de comprimento, por onde a água escoava chegando até as turbinas da Hidrelétrica. Em construção desde 1957, a Usina de Ponte Coberta foi inaugurada pela Light no dia 23 de outubro de 1962. Mais tarde, em 27 de maio de 1966, ela recebeu o nome de Pereira Passos, numa homenagem da empresa ao ex-prefeito do Rio de Janeiro (NEL, 2011).

A exceção do reservatório de Lajes, com volume útil de 450,4 hm<sup>3</sup>, os demais reservatórios do Complexo Hidrelétrico de Lajes são de pequeno porte, com limitada capacidade de regularização (NEL, 2011).

### **2.3. RESERVATÓRIO DE SANTA BRANCA**

O reservatório de Santa Branca está localizado no sudoeste da Bacia Hidrográfica do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. Situa-se no limite político-administrativo dos municípios de Santa Branca, Jacareí, Jambuí, Paraibuna e é formado pela junção dos rios Paraíba do Sul e Capivari. Seu principal tributário é o Rio Paraíba do Sul, proveniente da afluência do reservatório de Paraibuna. A profundidade média do reservatório de Santa Branca é de 35m e a tomada d'água ocorre junto à barragem, a cerca de 50m de profundidade (NEL,2011).

### **2.4. RESERVATÓRIO DE ILHA DOS POMBOS**

A UHE de Ilha dos Pombos é a mais antiga dentre as apresentadas, entrando em operação em 1924, no local de uma cachoeira natural do rio Paraíba do Sul, na região de Além Paraíba (MG) e Carmo (RJ). O tempo de retenção de água a montante da barragem é relativamente pequeno não havendo reserva significativa (NEL, 2011).

## **3.MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizadas seis coletas em cada reservatório, iniciadas na estiagem do ano de 2011 e finalizadas no período de chuva do ano de 2014

A quantidade de pontos amostrais variou conforme o tamanho do reservatório variando de 1 a 5 pontos. Os pontos amostrais de cada reservatório estão apresentados na Tabela II. Os mapas dos reservatórios estudados com seus respectivos pontos de coleta

estão representados nas Figuras de 3 a 7. Foram coletadas um total de 120 amostras tanto para a comunidade fitoplanctônica quanto para a comunidade zooplanctônica.

Tabela II: Pontos amostrais em cada reservatório estudado

<b>Reservatório</b>	<b>Pontos amostrais</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
Tocos	T1	44° 8' 8.00" W	22° 44' 45" S
Ribeirão das Lajes	L1	44° 02' 21" W	22° 47' 26" S
	L2	43° 59' 45" W	22° 49' 44" S
	L3	43° 57' 49" W	22° 46' 22" S
	L4	43° 53' 01" W	22° 42' 08" S
	L5	43° 54' 47" W	22° 42' 25" S
Santana	S1	43° 49' 16" W	22° 31' 28" S
	S2	43° 50' 18" W	22° 34' 38" S
	S3	43° 52' 07" W	22° 36' 29" S
Vigário	V1	43° 53' 42" W	22° 37' 53" S
	V2	43° 53' 19" W	22° 38' 40" S
	V3	43° 52' 51" W	22° 40' 13" S
Ponte Coberta	PC1	43° 51' 27" W	22° 41' 31" S
	PC2	43° 49' 43" W	22° 41' 12" S
Santa Branca	SB1	45° 46' 04" W	23° 21' 08" S
	SB2	45° 45' 58" W	23° 18' 36" S
	SB3	45° 47' 48" W	23° 20' 03" S
	SB4	45° 51' 56" W	23° 22' 34" S
Ilha dos Pombos	IP1	42° 38' 22" W	21° 51' 55" S
	IP2	42° 36' 28" W	21° 51' 15" S



Figura 3: Mapa do reservatório de Tocos e o seu ponto de coleta T1 (fonte: Google Earth).

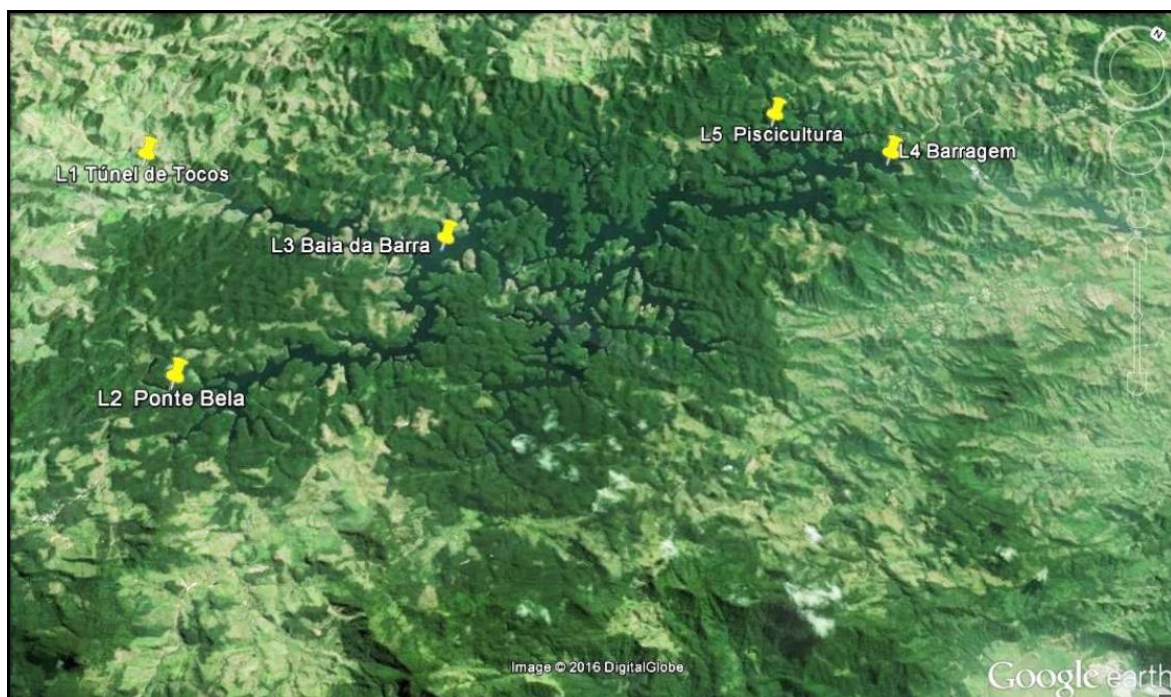


Figura 4: Mapa do reservatório de Ribeirão das Lajes e seus pontos de coleta (fonte: Google Earth).

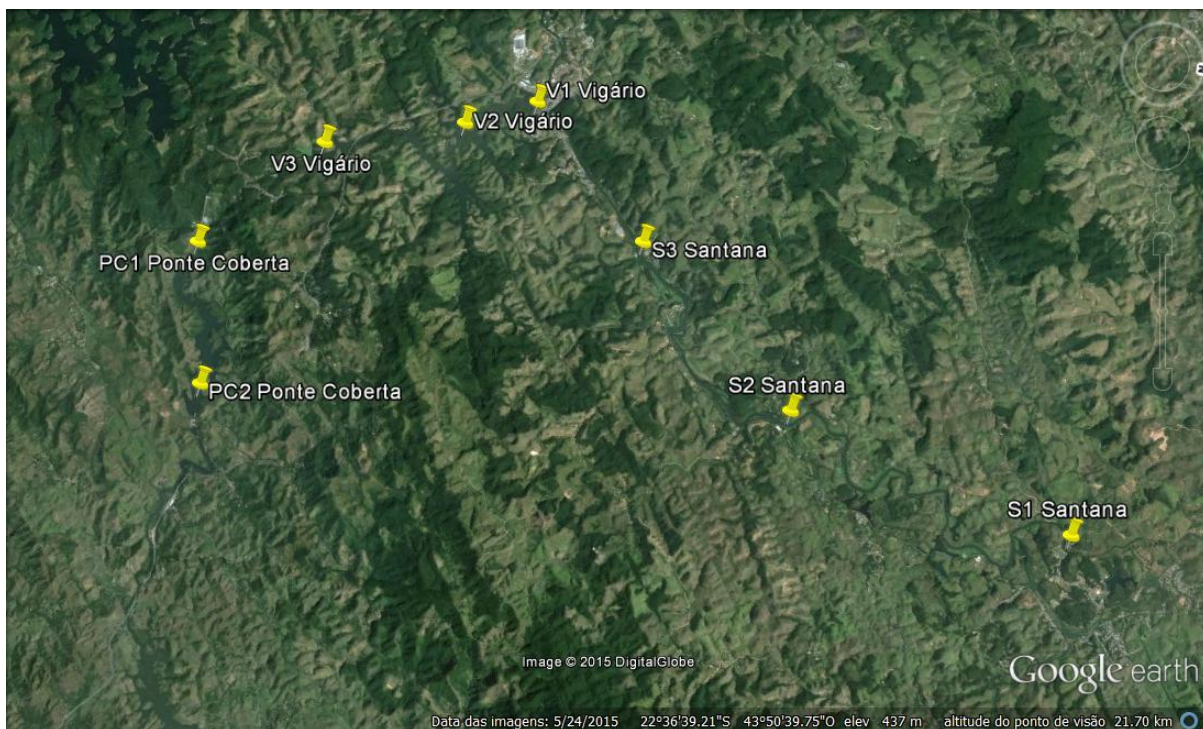


Figura 5: Mapa dos reservatórios de Santana, Vigário e Ponte Coberta e seus pontos de coleta (fonte: Google Earth) .

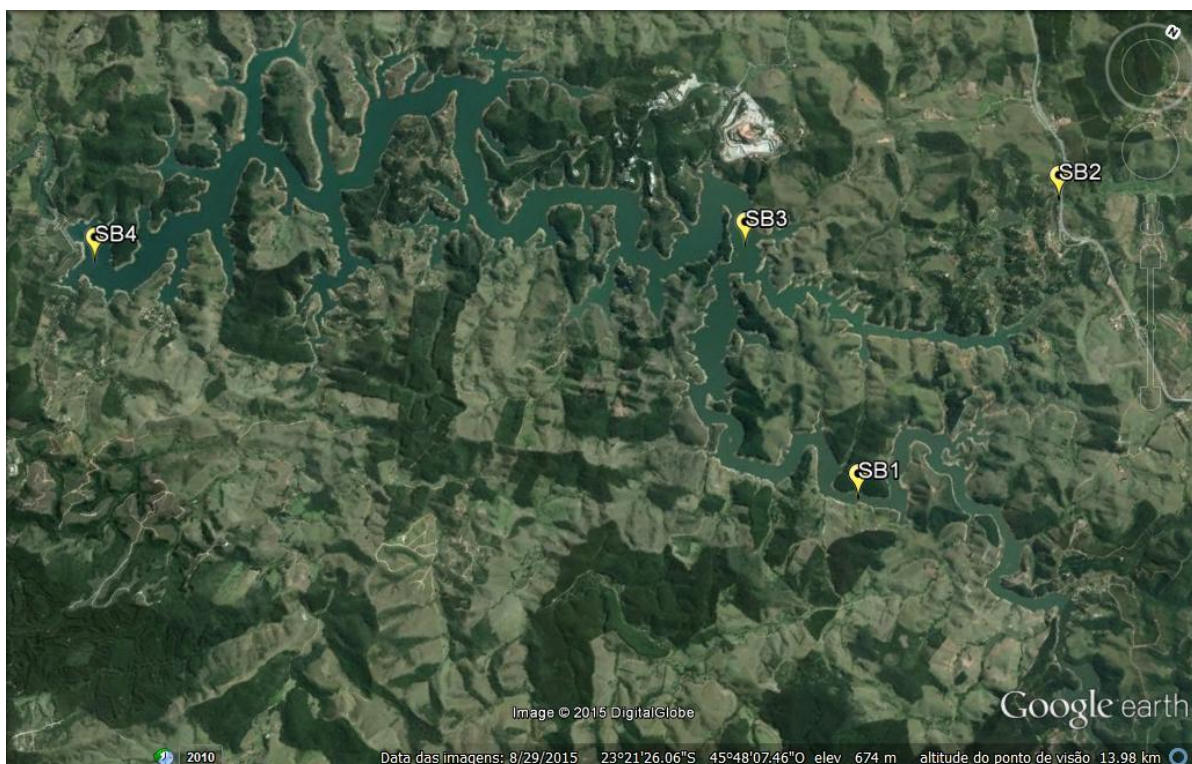


Figura 6: Mapa do reservatório de Santa Branca e seus pontos de coleta (fonte: Google Earth).



Figura 7: Mapa do reservatório de Ilha dos Pombos e seus pontos de coleta (fonte: Google Earth).

### 3.1. Coleta de Material

As amostras de água para a realização posterior de procedimentos analíticos em laboratório foram coletadas na subsuperfície, armazenadas em frascos adequados, previamente esterilizados, refrigeradas e transportadas até a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO onde permanecem armazenadas até o dia de sua análise.

### 3.2. Análises de Campo

Em campo foram medidas a temperatura da água, condutividade elétrica, com uma sonda multiparamétrica YSI®85, turbidez com um turbidímetro INSTRUTHERM TD300. A vazão foi avaliada por um fluxômetro mecânico Oceanic 2030R e as coordenadas geográficas foram marcadas com um GPS Garmin 12xl. A transparência da água foi verificada através do disco de Secchi.

### 3.3. Análises Laboratoriais

As amostras de água destinadas a análise química de nitrito, nitrato, fosfato e amônio foram realizadas por análise de cromatografia iônica em aparelhos de cromatografia iônica da marca Dionex (ICS-1000-cátions e ICS-2100-ânions). Para fósforo total as amostras passaram por um processo de digestão com persulfato, em autoclave e posteriormente são quantificadas em espectrofotômetro de acordo com APHA (2005).

Para extração da clorofila-*a*, os tubos contendo os filtros foram descongelados em temperatura ambiente e após foi acrescentado em cada tubo 10 ml de álcool etílico PA para extração com etanol a 90% de acordo (NUSCH & PALME, 1975). Realizada a adição do álcool etílico, os tubos permaneceram em repouso pelo período de 24 horas. Após o período de 24 horas, o filtro foi retirado do tubo e a parte líquida foi centrifugada a 3000 rpm por 20 minutos. A amostra sobrenadante foi colocada em uma cubeta de vidro para leitura em um espectrofotômetro modelo Micronal B572. As amostras foram analisadas nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm antes e depois da acidificação com ácido clorídrico.

As análises químicas da água foram realizadas pela equipe do Laboratório de Análises Químicas e Ambientais da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO.

### 3.4. Índice do Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico foi composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-*a* – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), segundo as equações:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2))$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; O resultado do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila *a*, segundo a equação:

$$\text{IET} = [ \text{IET ( PT )} + \text{IET ( CL )} ] / 2$$

A classificação do estado trófico de cada reservatório foi baseada na figura 8 (Cetesb, 2013).

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Figura 8: Classificação do estado trófico (fonte: Cetesb, 2013)

### 3.5. Análise do Fitoplâncton

O material para a análise quantitativa de fitoplâncton foi coletado na subsuperfície da coluna d'água e fixado com solução de Lugol. Para a análise qualitativa foram coletadas amostras com rede de plâncton com 20 µm de abertura de malha e mantidas vivas para análise.

As populações foram identificadas, sempre que possível ao nível taxonômico de espécie a partir de amostras examinadas em microscópio Olympus, equipado com sistema de captura de imagens, para análise de características morfológicas e morfométricas das fases vegetativa e reprodutiva dos organismos. A densidade fitoplanctônica (ind. mL<sup>-1</sup>) foi estimada segundo Utermöhl (1958) em microscópio invertido Zeiss Oberkochen, modelo Axiovert 10, com aumento de 400X. O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos. Os indivíduos foram enumerados em campos aleatórios (Uhelinger, 1964) em número suficiente para que se estabilizasse o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies. Sempre que possível foram enumerados 100 indivíduos (células, colônias, cenóbios, filamentos) da espécie mais frequente, de modo que o erro de contagem foi abaixo de 20% (Lund *et al.* 1958).

*Análise dos dados* - Para a determinação dos grandes grupos taxonômicos de algas foram utilizados os critérios de Van den Hoeck *et al.* (1993) e Komárek & Anagnostidis (1996). O biovolume de cada espécie foi avaliado considerando as dimensões médias de



cerca de 25 indivíduos, usando modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos (Hillebrand *et al.* 1999). O biovolume das populações foi estimado multiplicando-se a densidade populacional de cada espécie pelo volume médio dos organismos. O conteúdo de carbono de cada espécie foi estimado a partir do biovolume, usando uma fórmula de conversão (Rocha & Duncan, 1985)

$$C = aV^b$$

Onde  $a=0,1204$ ;  $b=1,051$ ;  $V$ =volume celular.

O conteúdo de carbono das populações do fitoplâncton foi estimado pela multiplicação da abundância das populações e a média do conteúdo de carbono de cada espécie ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (NEL, 2011).

As análises do fitoplâncton foram realizadas pela equipe da professora Vera Huszar, do Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ.

### 3.6. Análise do Zooplâncton

As amostras foram coletadas em um arrasto vertical por meio de filtração, utilizando-se rede de plâncton com malha de 68  $\mu\text{m}$ . A amostragem consistiu em descer a rede na profundidade da zona eufótica em cada ponto para capturar organismos em toda a coluna d'água dentro dessa faixa.

O volume filtrado foi calculado através da fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Onde:  $r$ =raio da abertura da rede;  $h$  = profundidade.

A análise quantitativa foi realizada com a contagem dos indivíduos em câmaras de Sedgwick-Rafter com capacidade volumétrica de 1mL sendo estabelecidas subamostras para cada amostra coletada, dependendo da densidade dos indivíduos em cada uma. Os resultados foram expressos em  $\text{ind.m}^{-3}$ . A identificação taxonômica foi baseada em bibliografias específicas (Koste, 1978; Streble & Krauter, 1987; Dussart & Defaye, 1995; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997).

A biomassa dos protozoários foi obtida através de seu biovolume, determinado pelas medidas das dimensões das células e por aproximação da forma da célula a uma forma geométrica. O peso seco foi obtido segundo Gates *et al.* (1982), considerando  $1\mu\text{m}^3 = 0,279 \mu\text{g}$ . A conversão para biomassa em carbono foi feita segundo Finlay (1982), assumindo que essa equivale a 47,1% do peso seco.

Os rotíferos tiveram seu biovolume estimado através de fórmulas geométricas (Ruttner-Kolisko, 1977). O biovolume obtido foi considerado como sendo igual ao peso fresco (densidade 1). O peso seco individual foi calculado como sendo uma porcentagem do peso fresco de acordo com Pauli (1989), dessa maneira sendo específico para cada táxon.

O peso seco dos microcrustáceos (cladóceros e copépodos) e do grupo outros animais (larva de Chaoboridae, larva de Coleoptera, larva de Chironomidae, larva de Ephemeroptera, larva de Trichoptera, larva de Diptera, larva de Lepidoptera, Nematoda, Oligochaeta, Ostracoda, Platyhelminthes, Tardigrada) foi avaliado através da sua pesagem em uma microbalança analítica (Mettler UMT-5), logo após terem secado a 60°C durante 24 horas, exceto copépodos Harpacticoida e náuplios. Devido à baixa abundância dos copépodos Harpacticoida, o cálculo de seu peso seco foi estabelecido por uma equação de regressão de acordo com Dumont *et al.* (1975). Para o cálculo do peso seco de náuplios foi usada a metodologia de Manca & Comoli (1999), assumindo que o seu peso seco equivale a 10% de seu biovolume.

A biomassa em conteúdo de carbono, expressa em microgramas de carbono por litro ( $\mu\text{gC.l}^{-1}$ ), foi obtida para rotíferos, microcrustáceos e o grupo outros animais assumindo que o conteúdo de carbono orgânico equivale a 50% do peso seco (Latja & Salonen, 1978).

### **3.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Testes não paramétricos ou testes livres de distribuição geralmente focam no sinal ou na ordem (posto) dos dados, em vez de no valor numérico exato da variável, não especificam a forma da distribuição da variável na população e podem ser frequentemente usados em amostras menores. Testes não paramétricos, em geral fazem menos suposições sobre a distribuição da variável na população (Doane & Seward, 2014).

Dois métodos não paramétricos foram utilizados neste estudo: o teste de Mann-Whitney e o teste de Kruskal Wallis. O teste de Mann-Whitney compara duas populações supondo que suas distribuições de probabilidade têm a mesma forma e podem apenas diferir em localização. O teste de Mann-Whitney não assume normalidade. Supondo que as populações difiram somente em centralidade (isto é, localização), é um teste para igualdade de medianas. Ele é análogo ao teste t para médias de duas amostras independentes no caso de normalidade. O teste de Kruskal Wallis pode ser visto como uma generalização do teste de Wilcoxon/Mann-Whitney da soma de postos, que compara

duas amostras independentes. Os grupos podem ser de diferentes tamanhos, se cada um tiver cinco ou mais observações. Supondo que as populações difiram somente em centralidade (isto é, localização), o teste de Kruskal-Wallis compara as medianas de amostras independentes (Doane & Seward, 2014).

Os testes de Kruskal Wallis e Mann Whitney foram utilizados, respectivamente, para verificar existência de diferença estatística significativa entre os pontos e entre os períodos de seca e chuvosa.

A análise de componentes principais é uma abordagem estatística que pode ser usada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns (fatores). O objetivo é encontrar um meio de condensar a informação contida em várias variáveis em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação (Hair *et al.*, 2009). A análise dos componentes principais foi realizada para verificar a correlação entre variáveis hidrológicas, morfométricas, tróficas e o conteúdo de carbono nas comunidades planctônicas.

A análise de agrupamentos é um grupo de técnicas multivariadas cuja finalidade principal é agregar objetos com base nas características que eles possuem. A análise de agrupamentos classifica objetos de modo que cada objeto é semelhante aos outros no agrupamento com base em um conjunto de características escolhidas. Os agrupamentos resultantes de objetos devem então exibir elevada homogeneidade interna (dentro dos agrupamentos) e elevada heterogeneidade externa (entre agrupamentos). Assim, se a classificação for bem sucedida, os objetos dentro dos agrupamentos estarão próximos quando representados graficamente, e diferentes agrupamentos estarão distantes. A distância Euclidiana foi utilizada nas análises de agrupamento, e foi escolhida por ser a medida mais comumente usada da similaridade entre dois objetos. Essencialmente, é uma medida do comprimento de um segmento de reta desenhado entre dois objetos, quando representados graficamente (Hair *et al.*, 2009). A análise de agrupamento foi utilizada no presente estudo para verificar a similaridade entre os reservatórios de acordo com os dados de nutrientes, morfométricos e hidrológicos, e de acordo com a biomassa fitoplanctônica e zooplanctônica.

A biomassa em carbono na comunidade planctônica foi avaliada de acordo com categorias principais. As categorias principais para a comunidade fitoplanctônica foram as seguintes: Cyanophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae,

Zygnematophyceae, Cryptophyceae, Ochromonadales (Erkenia), Euglenophyceae e Chlorophyceae. As categorias consideradas para a comunidade zooplanctônica foram: Protozoa, Rotifera, Cladocera, Copepoda e outros animais (ácaros, ostrácodas, larvas de inseto, nematódeos, turbelários e tardígrados).

As análises foram realizadas no programa STATISTICA versão 10 – da Statsoft.

## 4.RESULTADOS

### 4.1. Pluviosidade

As amostragens ocorreram de acordo com o regime de pluviosidade esperado. Os períodos de menor pluviosidade ocorreram em julho de 2011, entre julho e agosto de 2012 e agosto de 2013. Os maiores valores de pluviosidade ocorreram em janeiro de 2012, janeiro de 2013 e entre novembro de 2013 e janeiro de 2014 (Fig.9).

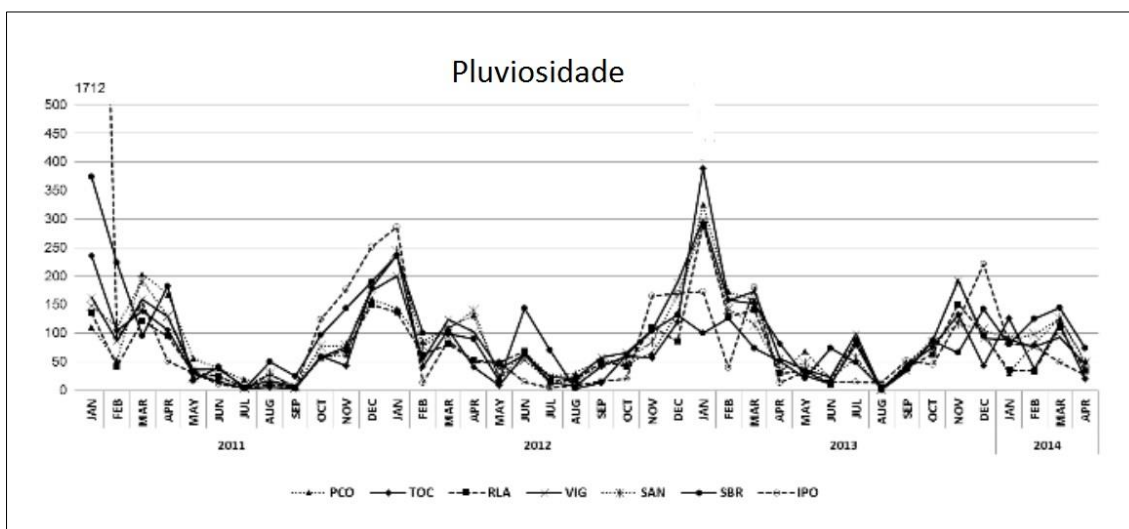


Figura 9: Pluviosidade no período de estudo. PCO= Ponte Coberta; TOC= Tocos; RLA=Ribeirão das Lajes; VIG=Vigário; SAN=Santana; SBR=Santa Branca; IPO=Ilha dos Pombos.

### 4.2. Variáveis Físicas e Químicas nos períodos de Seca e Chuva

O reservatório de Ilha dos Pombos foi o que apresentou as maiores médias de fósforo total, turbidez e nitrato quando considerados todos seus períodos de chuva do estudo. Os dados estão apresentados na figura 10.

		Fósforo total (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Condutividade elétrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	disco de Secchi (m)	Amônio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Turbidez (NTU)
Tocos	Médias (estiagens)	0,05	0,04	23,60	21,00	1,00	0,02	0,09	0,37	4,60
	Médias (chuvas)	0,03	1,97	26,03	23,30	0,33	0,36	0,02	0,66	39,17
Ribeirão das Lajes	Médias (estiagens)	0,03	1,88	27,48	21,48	4,21	0,06	0,03	0,43	0,75
	Médias (chuvas)	0,02	2,38	29,61	27,55	2,24	0,02	0,03	0,60	6,81
Santana	Médias (estiagens)	0,10	1,40	79,74	21,24	1,15	0,11	0,13	5,72	12,00
	Médias (chuvas)	0,10	2,31	77,68	26,32	0,49	0,44	0,54	4,95	97,57
Vigário	Médias (estiagens)	0,08	1,28	81,18	21,09	0,31	0,14	0,16	5,46	15,50
	Médias (chuvas)	0,09	1,24	82,79	26,49	0,39	0,08	0,25	4,02	51,76
Ponte Coberta	Médias (estiagens)	0,06	0,29	77,02	21,63	1,17	0,06	0,11	4,86	7,90
	Médias (chuvas)	0,08	2,35	81,38	27,70	0,56	0,05	0,03	3,14	31,55
Santa Branca	Médias (estiagens)	0,03	1,27	30,59	20,70	2,77	0,01	0,01	0,60	2,51
	Médias (chuvas)	0,02	1,21	37,26	26,34	2,18	0,04	0,01	0,50	4,84
Ilha dos Pombos	Médias (estiagens)	0,05	0,53	60,22	20,15	0,33	0,09	0,09	5,96	10,43
	Médias (chuvas)	0,25	1,05	59,33	27,01	0,88	0,35	0,35	6,08	109,70

Figura 10: Médias das variáveis físicas e químicas por período e por reservatório.

### 4.3.Estado Trófico

As valores médios de todo o período de estudo referentes a disco de Secchi, clorofila-*a*, P-Total, Índice do Estado trófico (ponderação) e classificação quanto ao grau de trofia estão apresentados na tabela III.

RESERVATÓRIO	Média e Desvio Padrão	Secchi (m)	Clorofila <i>a</i> (mg.m <sup>-3</sup> )	P Total (mg.m <sup>-3</sup> )	IET ponderação	Categoria
TOCOS	Média	0,97	1,01	40	58	Mesotrófico
	Desvio padrão	0,45	1,72	20		
RIBEIRÃO DAS LAJES	Média	3,23	2,13	26	58	Mesotrófico
	Desvio padrão	1,71	1,84	21		
SANTANA	Média	0,82	1,85	100	62	Eutrófico
	Desvio padrão	0,53	1,44	37		
VIGÁRIO	Média	0,65	1,26	85	61	Eutrófico
	Desvio padrão	0,34	1,33	26		
PONTE COBERTA	Média	0,87	1,32	69	60	Eutrófico
	Desvio padrão	0,41	1,25	26		
SANTA BRANCA	Média	2,47	1,24	27	57	Mesotrófico
	Desvio padrão	0,84	0,65	13		
ILHA DOS POMBOS	Média	0,90	0,79	152	61	Eutrófico
	Desvio padrão	0,48	0,6	167		

Tabela III: Valores médios e desvio padrão de Secchi, Clorofila *a* e P-Total de todo o período de estudo, Índice do Estado Trófico (ponderação) e classificação de trofia.

**Em azul escuro=ultraoligotrófico; azul claro= oligotróficos; em verde = mesotrófico; em vermelho=eutrófico; em roxo=supereutrófico**

Os reservatórios de Tocos, Ribeirão das Lajes e Santa Branca enquadraram-se na categoria de mesotrófico a partir da ponderação do Índice do Estado Trófico. Já os reservatórios de Santana, Vigário, Ponte Coberta e Ilha dos Pombos foram considerados

eutróficos. Entretanto, ressalta-se que de acordo com os valores de Secchi, clorofila e fósforo total, os reservatórios não apresentaram necessariamente as mesmas categorias indicadas pelo IET ponderado (Fig.8). Por exemplo, todos os reservatórios são considerados oligotróficos pelos valores de clorofila-*a* e o reservatório de Ilha dos Pombos supereutrófico pelo valor de fósforo total.

#### **4.4. RESERVATÓRIO DE TOCOS**

##### **4.4.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica**

Os representantes da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Tocos foram divididos em 9 categorias taxonômicas principais: Cyanophyceae; Dinophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Zygnematophyceae, Cryptophyceae, Ochromonadales (*Erkenia*), Euglenophyceae e Chlorophyceae. Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de 1,57 na estiagem de 2013 a um máximo de 23,89  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  na estiagem de 2012. Os valores de biomassa em carbono a partir dos totais de biomassa de cada grupo principal (Cyanophyceae; Dinophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Zygnematophyceae, Cryptophyceae, Ochromonadales (*Erkenia*), Euglenophyceae e Chlorophyceae) estão representados na figura 11.

No período da estiagem do ano de 2011 as duas categorias mais representativas em termos de biomassa foram Dinophyceae seguida por Bacillariophyceae. A categoria Bacillariophyceae atingiu os maiores valores de biomassa em três períodos: no período chuvoso do ano de 2012, na estiagem do ano de 2013 e no período de chuva do ano de 2014. Por dois períodos consecutivos, estiagem do ano de 2012 e no período chuvoso de 2013, a categoria Cyanophyceae foi a mais representativa.

A comparação entre o conteúdo de carbono nos períodos seco e chuvoso se encontra na figura 12. A análise de Mann-Whitney não revelou diferença dos valores do conteúdo de carbono no fitoplâncton entre os períodos ( $p = 0,5127$ ).

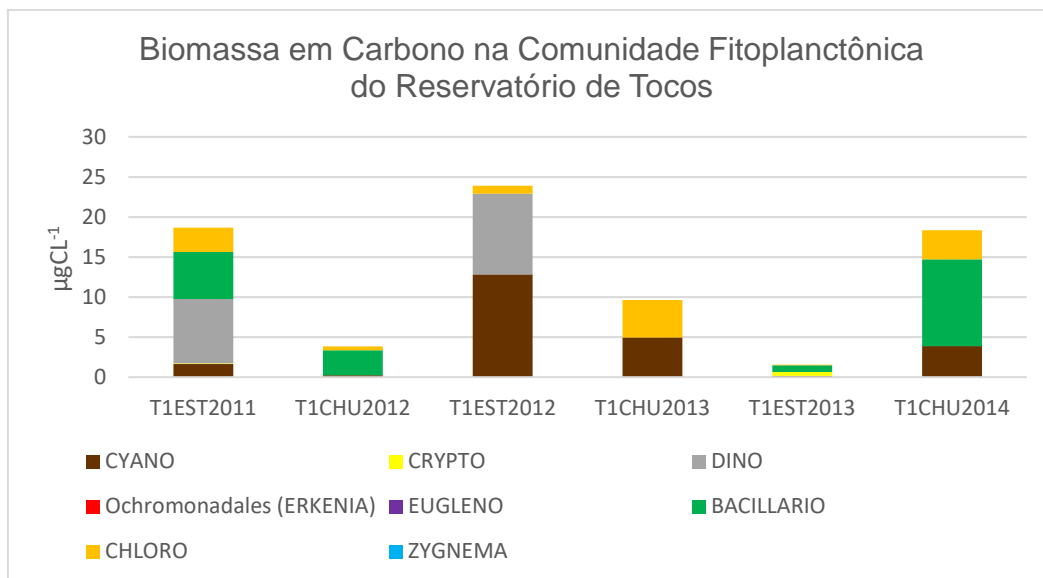


Figura 11: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZYGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

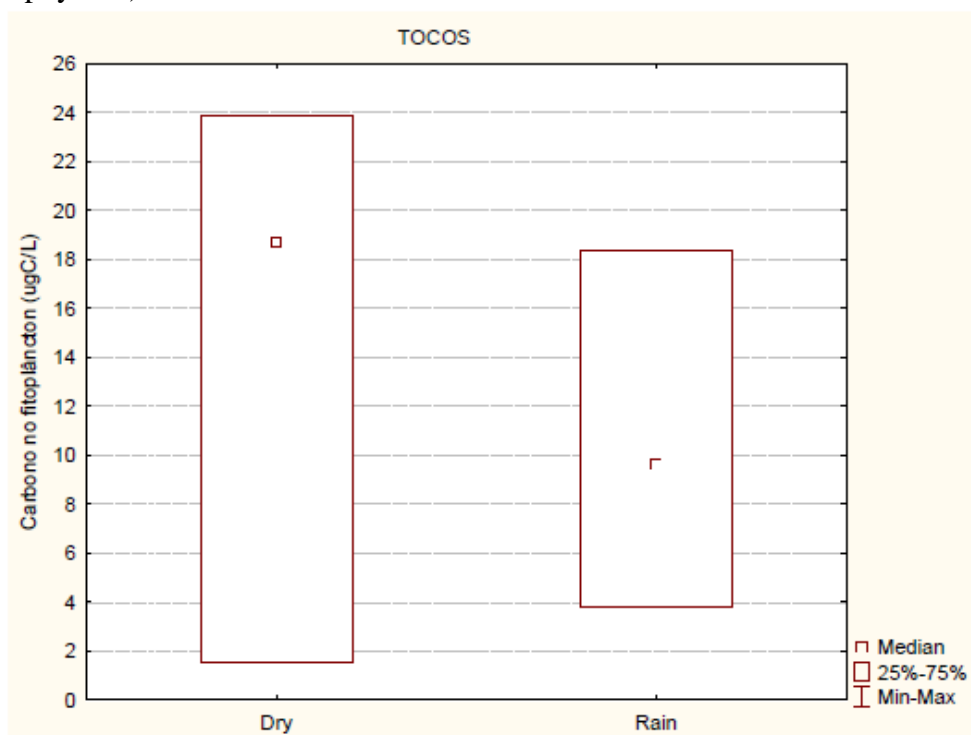


Figura 12: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Tocos nos períodos de seca e de chuva. Dry=seca; Rain=chuva.



#### 4.4.2. Conteúdo de carbono na Comunidade Zooplantônica

Os representantes da comunidade zooplantônica do reservatório de Tocos foram divididos em 5 grupos principais: Protozoa, Rotifera, Cladocera, Copepoda e outros animais (ácaros, ostrácodas, larvas de inseto, nematódeos, turbelários e tardígrados). Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de 0,03  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  no período chuvoso de 2013 a um máximo de 5,33  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  na estiagem de 2012. Os valores de biomassa em carbono a partir dos totais de biomassa de cada grupo principal (Protozoa, Rotifera, Cladocera, Copepoda e outros animais) por ponto e período amostral está apresentado na figura 13.

De acordo com os dados representados na figura 12 o grupo “outros animais” foi o mais representativo, exceto, no período chuvoso de 2013 e no mesmo período do ano de 2014. A categoria Rotifera foi a mais representativa do período chuvoso de 2013, e, Cladocera no período de chuva de 2014

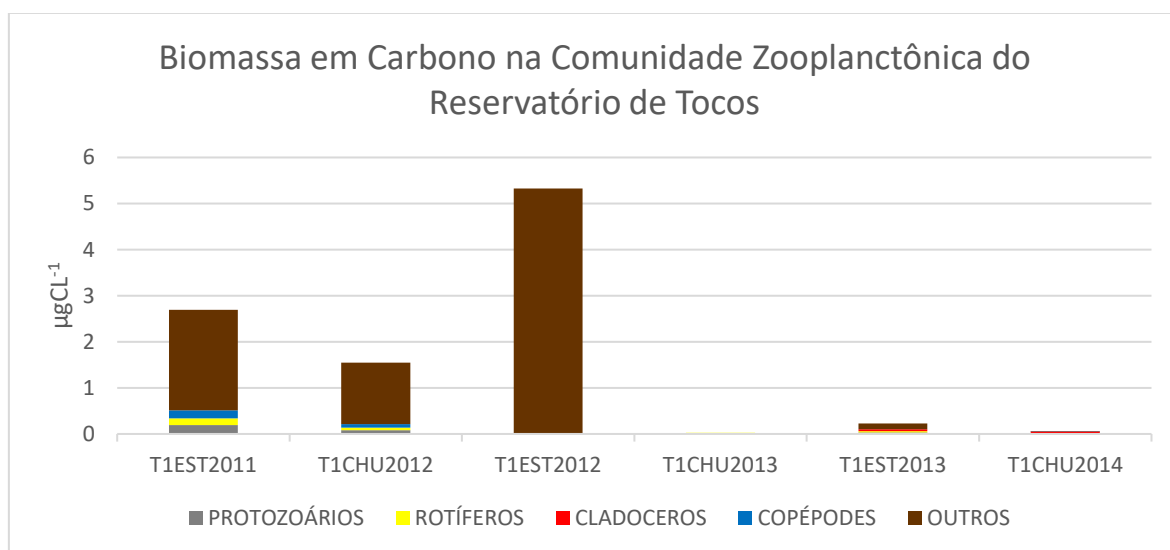


Figura 13: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

A comparação entre o conteúdo de carbono no zooplâncton entre os períodos seco e chuvoso se encontra na figura 14. A análise de Mann-Whitney não revelou diferença dos valores do conteúdo de carbono no fitoplâncton entre os períodos ( $p = 0,1266$ ).

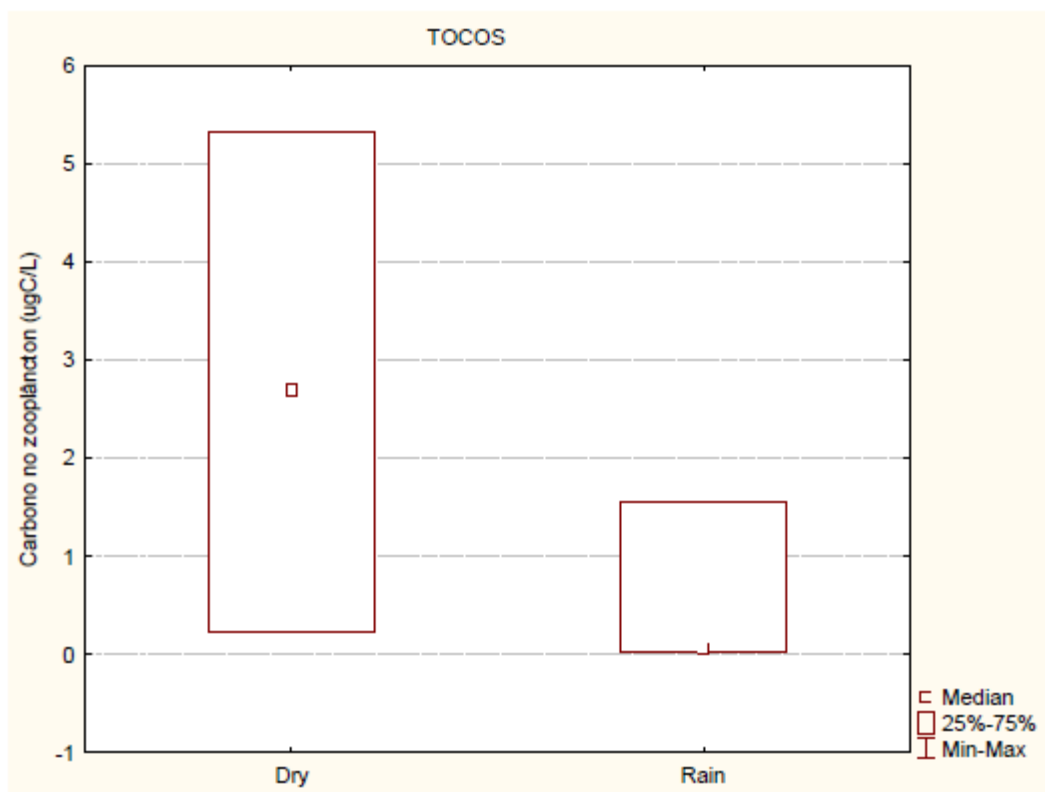


Figura 14: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono nos períodos de seca e de chuva. Dry=seca; Rain=chuva.

## 4.5. RESERVATÓRIO DE RIBEIRÃO DAS LAJES

### 4.5.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de  $14,64 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral L1 no período chuvoso de 2014 a um máximo de  $158,21 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral L1 na estiagem de 2011. De acordo com a figura 15 houve alternância entre a categoria Cyanophyceae contribuindo com maior percentual da biomassa em termos de carbono nos períodos chuvosos e as categorias Dinophyceae e Cryptophyceae com maiores percentuais nas estiagens.

A variação espacial do conteúdo de carbono no fitoplâncton no reservatório de Ribeirão das Lajes (Fig. 16), embora tenha apresentado tendência de maiores valores nos pontos L2, L3 e L4, não apresentou diferenças de acordo com a análise de Kruskal-Wallis (Fig.16). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.17), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença significativa ( $p=0,059$ ).

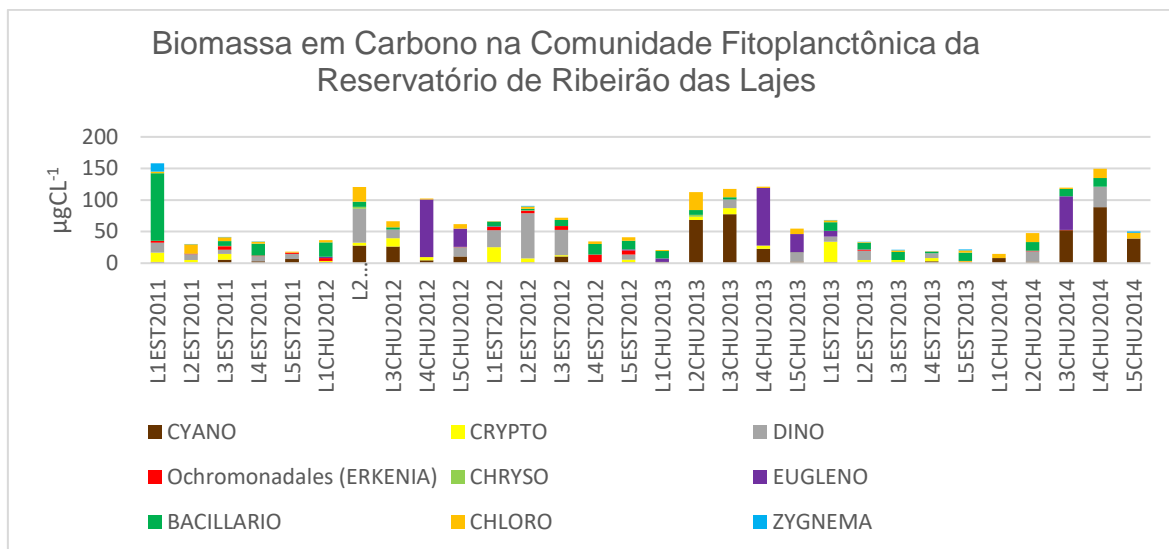


Figura 15: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZYGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

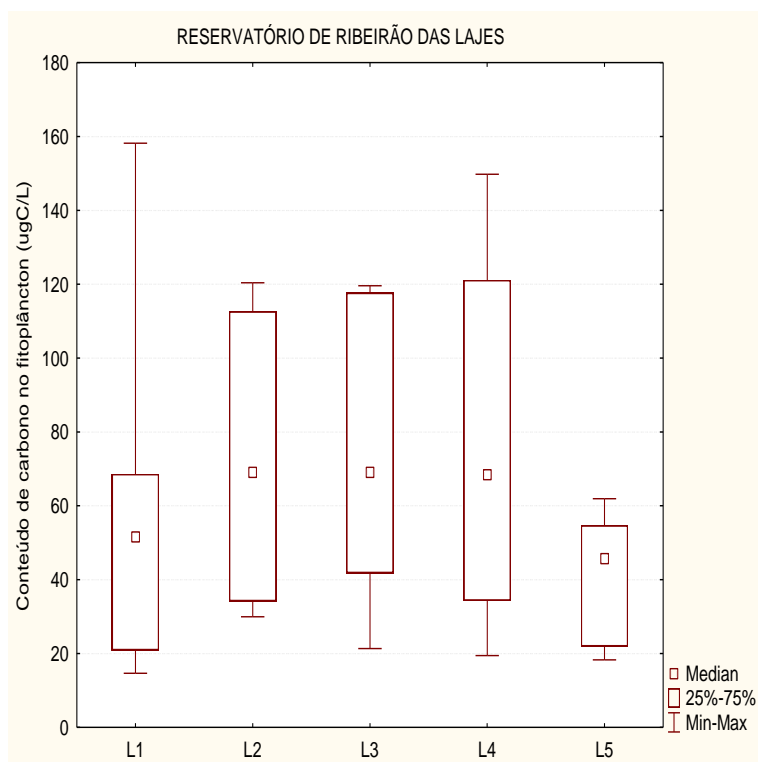


Figura 16: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os pontos de coleta

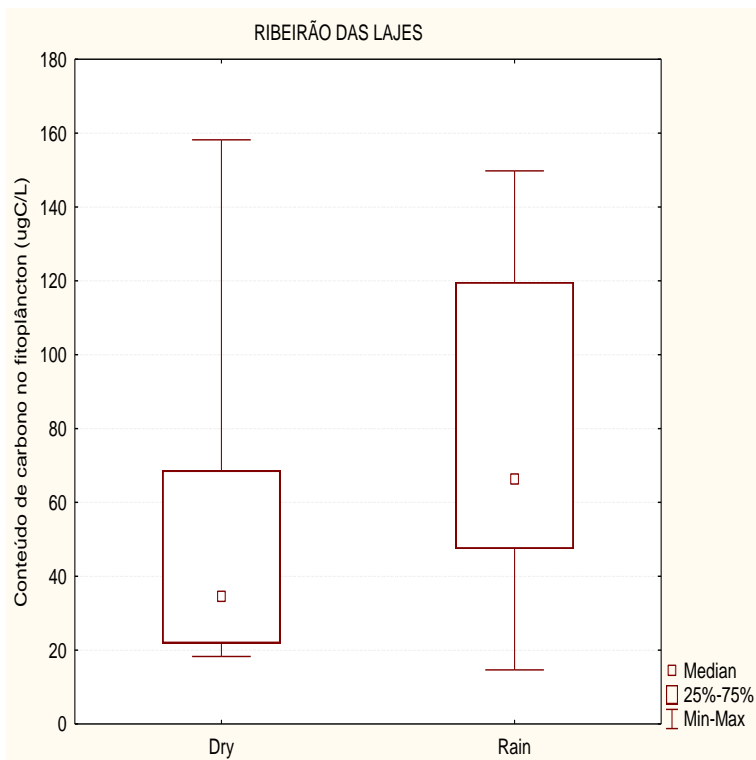


Figura 17: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

#### 4.5.2. Conteúdo de carbono na Comunidade Zooplânctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $0,01 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral L1 no período chuvoso de 2012 a um máximo de  $125,86 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto L2 no período chuvoso de 2013. A categoria Copepoda foi a mais representativa em termos de biomassa na maior parte do período de estudo seguida por Cladocera (Fig.18).

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton no reservatório de Ribeirão das Lajes, embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto L2, não apresentou diferenças estatisticamente significativa de acordo com a análise de Kruskal-Wallis (Figura 19). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.20), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença estatística significativa ( $p=0,81$ ).

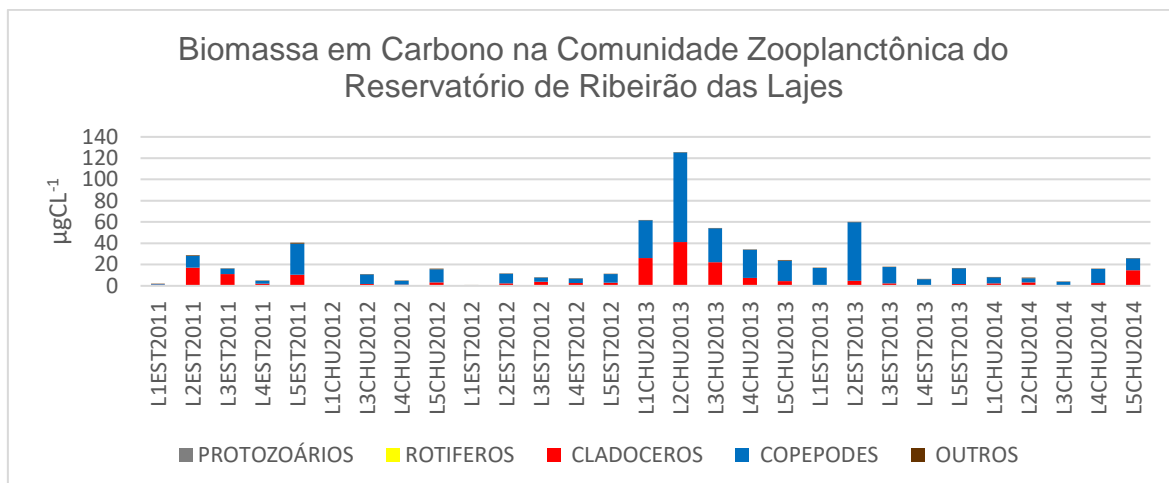


Figura 18: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

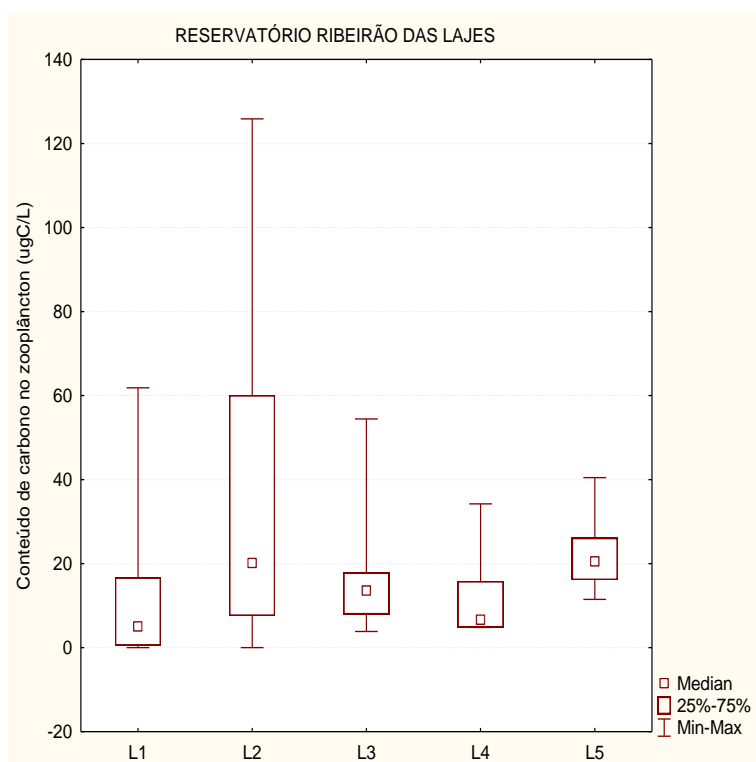


Figura 19: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os pontos de coleta.

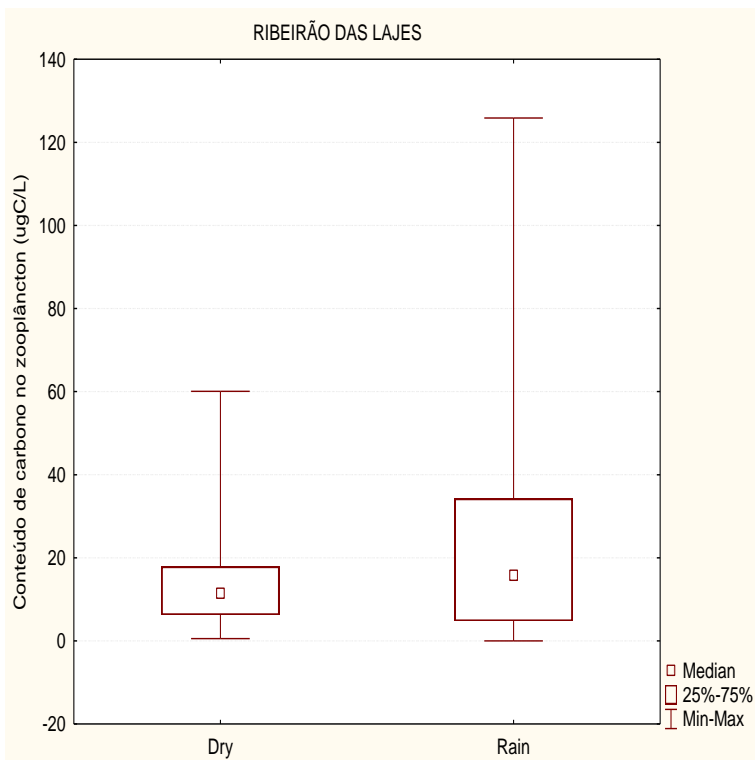


Figura 20: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ribeirão das Lajes entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

#### 4.6. RESERVATÓRIO DE SANTANA

##### 4.6.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de  $0,40 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral S3 na estiagem de 2013 a um máximo de  $83,55 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral S1 no período chuvoso de 2013. De acordo com a figura 21, as categorias Cyanophyceae e Cryptophyceae predominaram na estiagem do ano de 2011. Bacillariophyceae e Cryptophyceae foram as mais representativas no período chuvoso do ano de 2012. Na estiagem de 2012 os grupos que se destacaram foram: Cyanophyceae e Chlorophyceae. Os grupos Cyanophyceae, Cryptophyceae e Euglenophyceae predominaram no período chuvoso de 2013. A estiagem do ano de 2013 apresentou como mais representativas as categorias Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Chlorophyceae. Cyanophyceae e Dinophyceae predominaram no período chuvoso do ano de 2014.

A variação espacial do conteúdo de carbono no fitoplâncton no reservatório de Santana (Fig.22), embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto SA1, não apresentou diferença significativa de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=$

0,2199). Já a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig. 23), de acordo com a análise de Mann-Whitney, indicou diferença significativa ( $p=0,018758$ ).

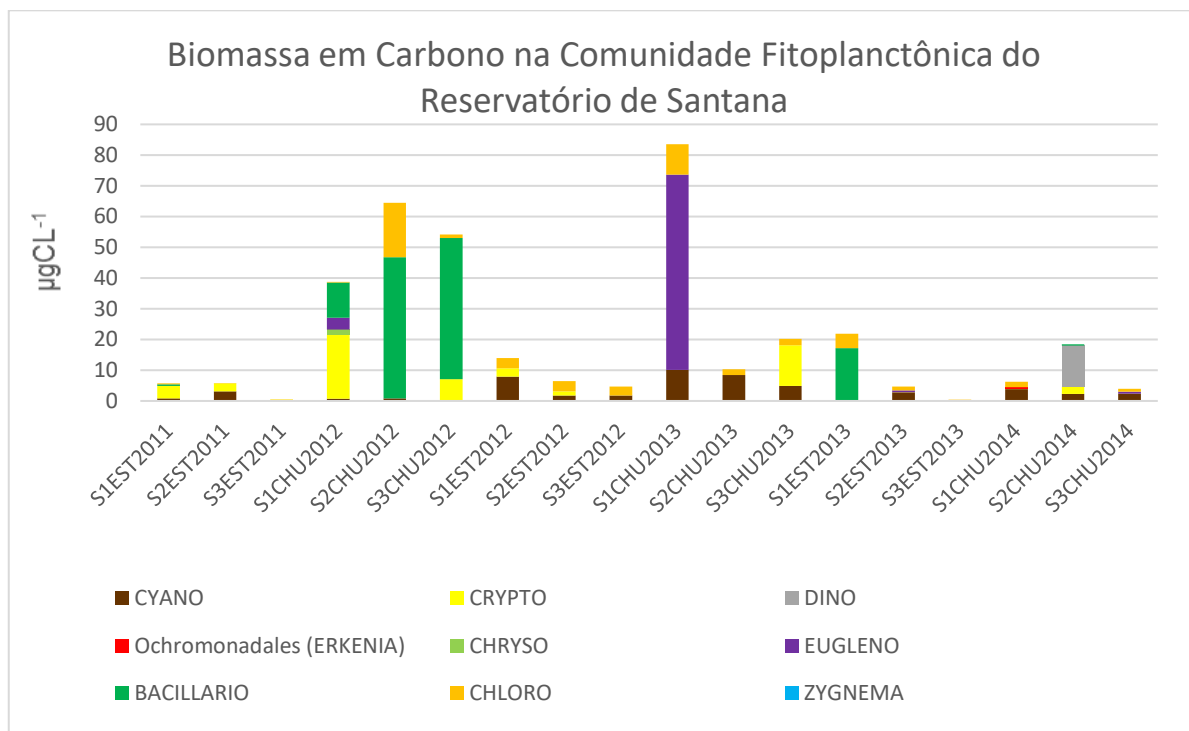


Figura 21: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZIGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

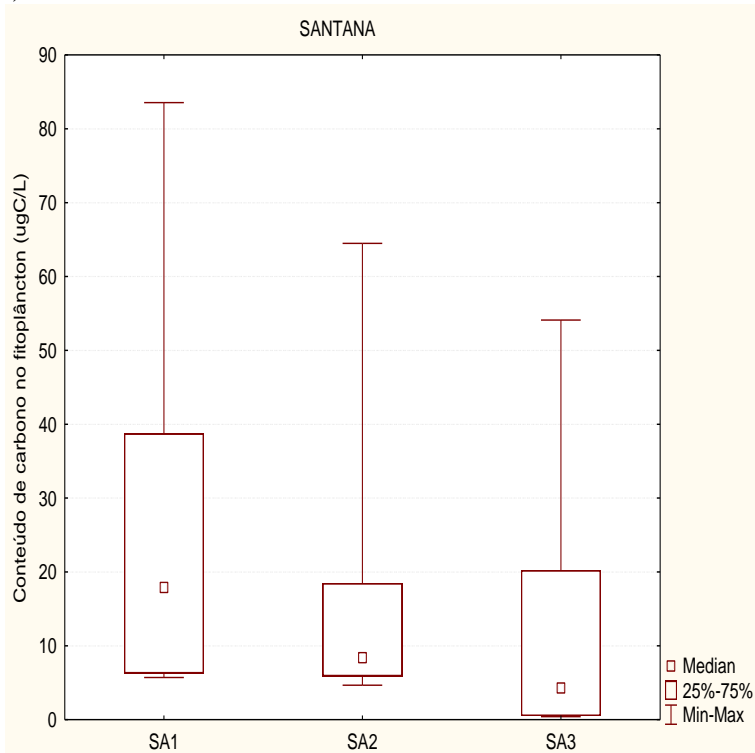


Figura 22: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santana entre os pontos de coleta

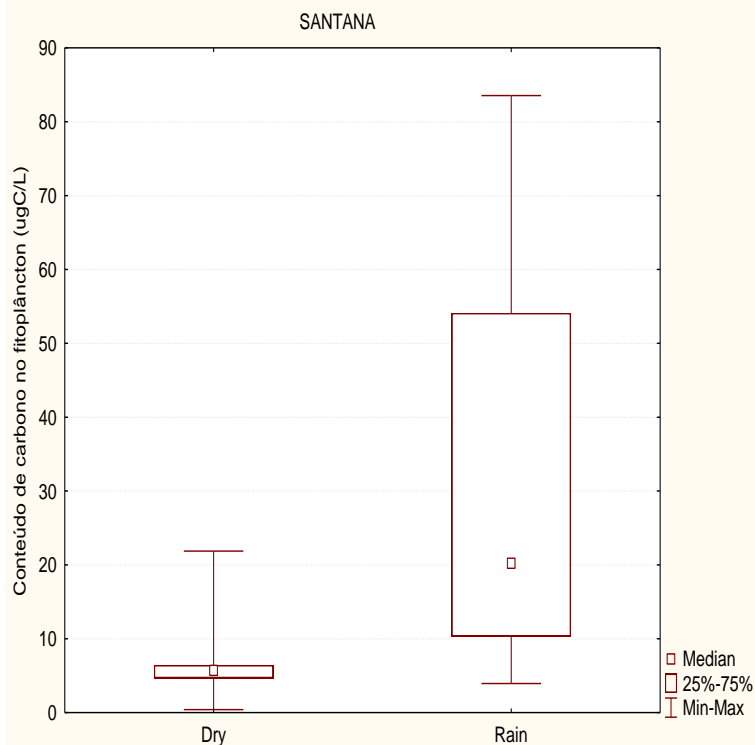


Figura 23: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santana entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

#### 4.6.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplancônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $0,01 \mu\text{gC.L}^{-1}$  nos três pontos amostrais S1, S2 e S3 na estiagem de 2013 a um máximo de  $1,52 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral S2 na estiagem de 2011. De acordo com a figura 24 na estiagem do ano de 2011 a categoria “Outros” e Rotifera foram as mais representativas. No período chuvoso do ano de 2012 o grupo “Outros” e Copepoda foram os que contribuíram com as maiores porcentagens de biomassa. No ano de 2012, no período de estiagem, foram os grupos Copepoda e grupo outros os mais representativos. Rotifera e Copepoda foram as categorias com os maiores percentuais de biomassa no período chuvoso do ano de 2013. A estiagem de 2013 apresentou os grupos Protozoa e Rotifera como os mais representativos, e no período chuvoso de 2014 as categorias com os maiores percentuais de biomassa foram Cladocera e Protozoa.

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton no reservatório de Santana (Fig. 25), embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto SA3, não apresentou diferença significativa de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=$



0,9599). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.26), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença significativa ( $p=0,489428$ ).

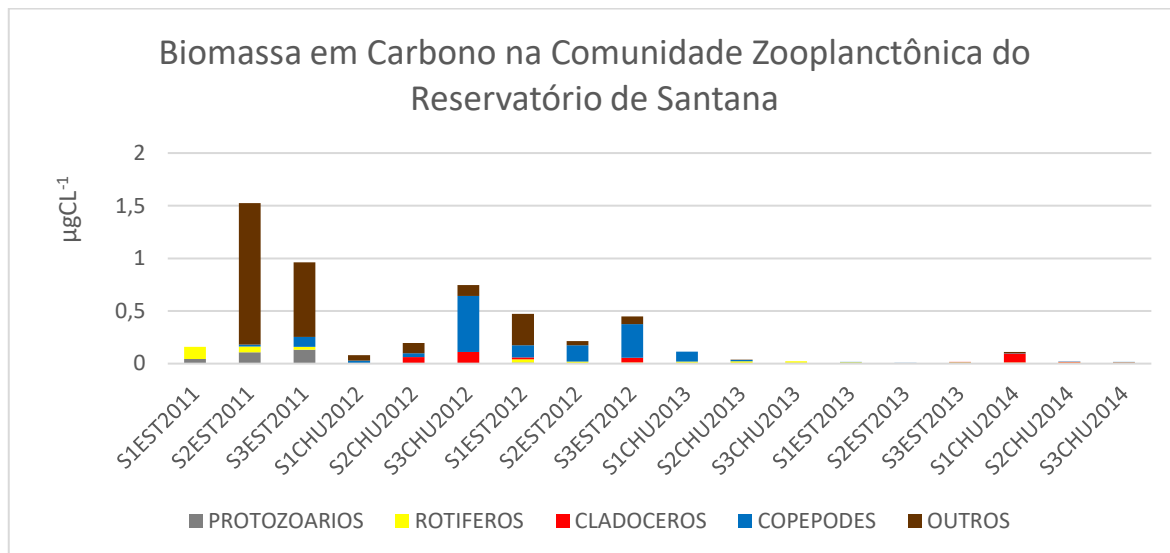


Figura 24: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

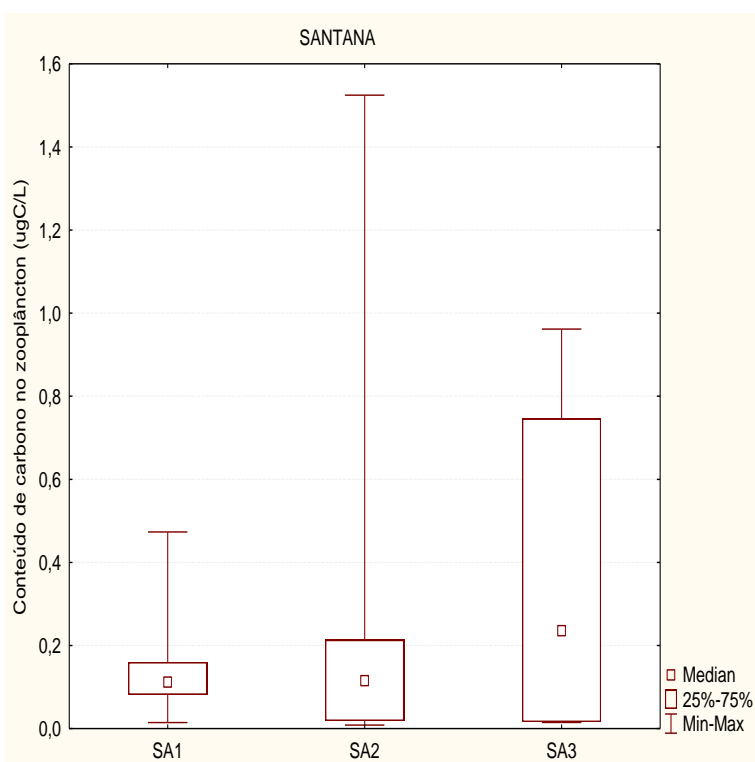


Figura 25: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santana entre os pontos de coleta.

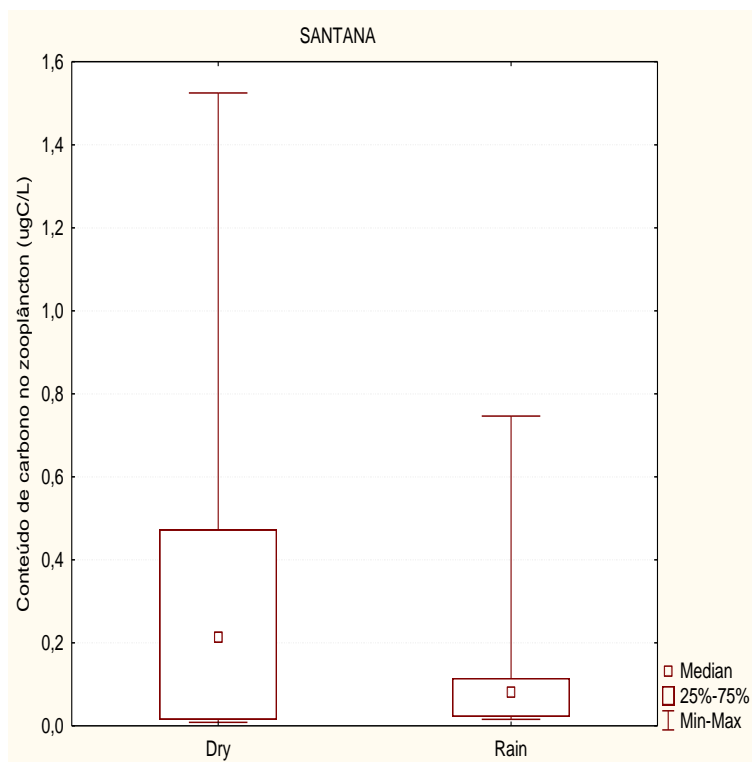


Figura 26: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santana entre os períodos de chuva e de seca. Rain=chuva; Dry=seca.

## 4.7. RESERVATÓRIO DE VIGÁRIO

### 4.7.1. Conteúdo de carbono na comunidade fitoplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de  $0,82 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral V2 no período chuvoso de 2012 a um máximo de  $133,45 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral V1 na estiagem de 2012. De acordo com a figura 27 na estiagem do ano de 2011 Chlorophyceae e Cyanophyceae foram as mais representativas. No período chuvoso do ano de 2012 Cyanophyceae e Bacillariophyceae foram as que mais contribuíram com seus percentuais de biomassa. No ano de 2012, na estiagem, as categorias: Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae foram as mais representativas. O período chuvoso do ano de 2013 teve Euglenophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae como as categorias com maiores contribuições percentuais de biomassa. Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Ochromonadales (*Erkenia* sp.) foram as mais representativas na estiagem do ano de 2013. O período chuvoso do ano de 2014 apresentou Cyanophyceae e Cryptophyceae com as maiores contribuições percentuais de biomassa.

A variação espacial do conteúdo de carbono no fitoplâncton no reservatório de Vigário (Fig. 28), embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto VII, não apresentou diferenças estatisticamente significativas de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=0,5287$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.29), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença estatística significativa ( $p=0,863307$ )

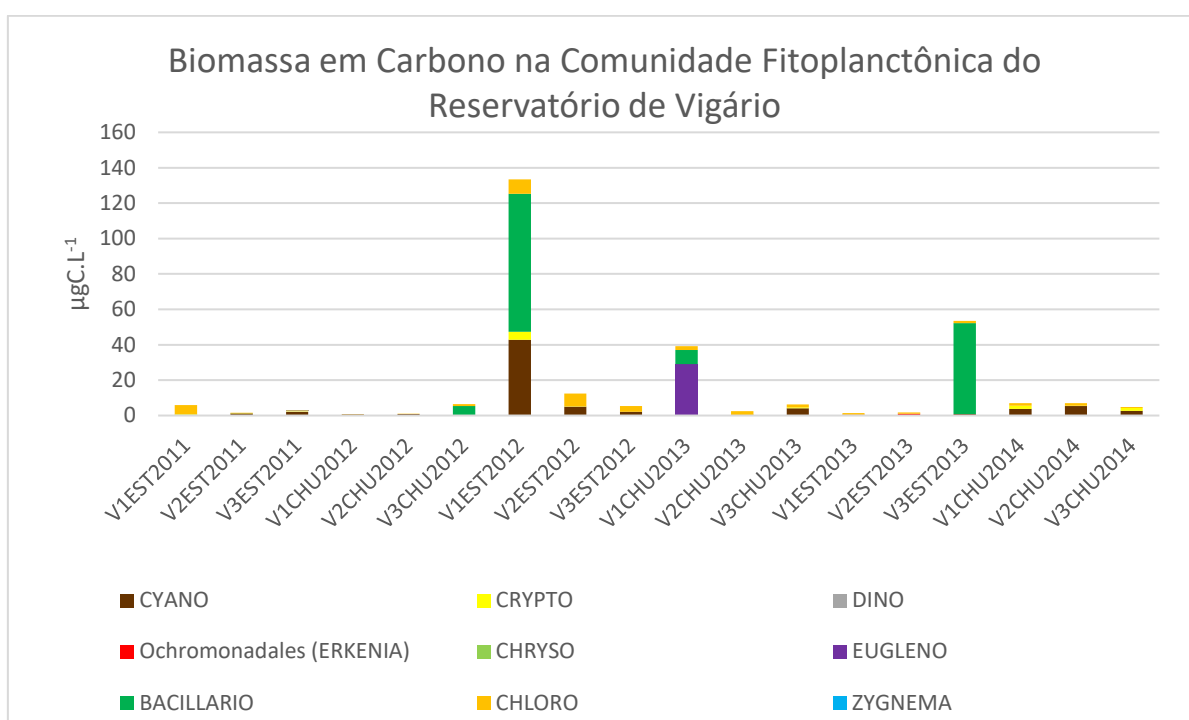


Figura 27: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZIGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

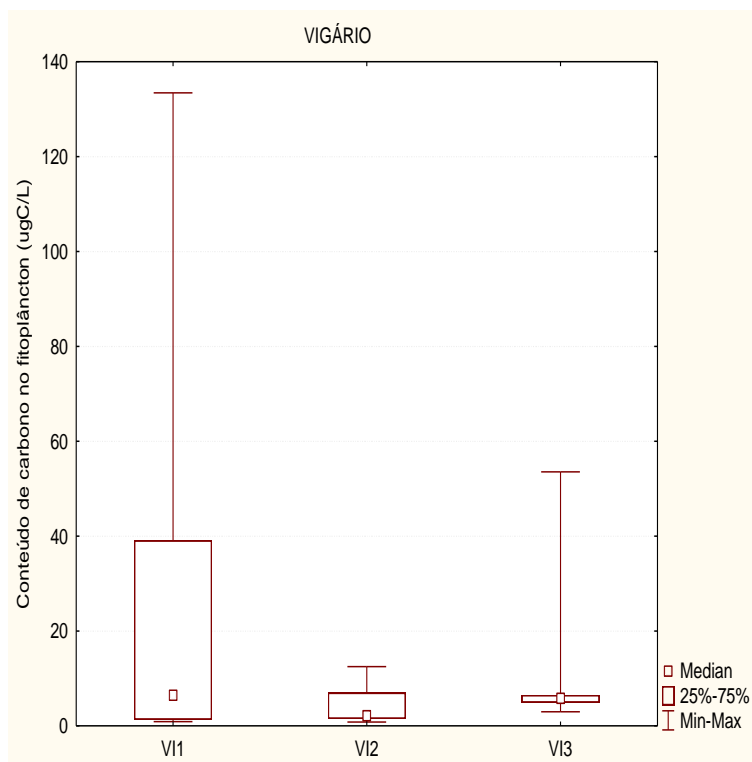


Figura 28: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Vigário entre os pontos de coleta.

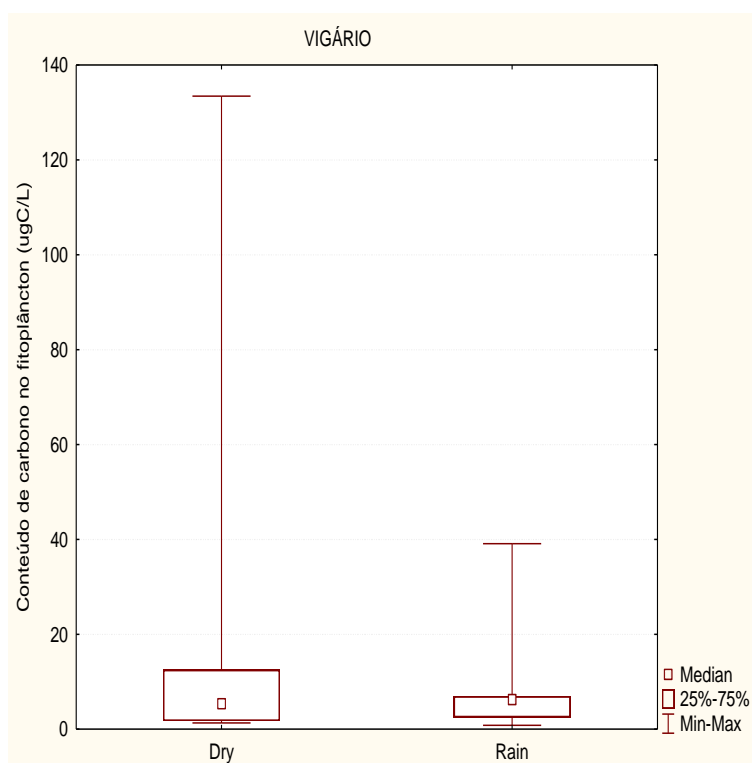


Figura 29: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Vigário entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

#### 4.7.2. Conteúdo de carbono na comunidade zooplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $0,06 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral V1 na estiagem de 2013 a um máximo de  $7,81 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral V2 na estiagem de 2011. De acordo com a figura 30, na estiagem do ano de 2011 e no período chuvoso do ano de 2012 o grupo mais representativo foi Copepoda. No ano de 2012, na estiagem, os grupos mais importantes em termos percentuais de biomassa foram Copepoda, Cladocera e o grupo outros. Cladocera e Copepoda foram as mais representativas no período chuvoso do ano de 2013. A estiagem do ano de 2013 apresentou Rotifera e Protozoa como as categorias que mais contribuíram em percentuais de biomassa. Cladocera e Copepoda foram os mais representativos no período chuvoso do ano de 2014.

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton no reservatório de Vigário (Fig. 31), embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto VII, não apresentou diferenças estatisticamente significativas de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=0,8640$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig. 32), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença estatística significativa ( $p=0,545701$ ).

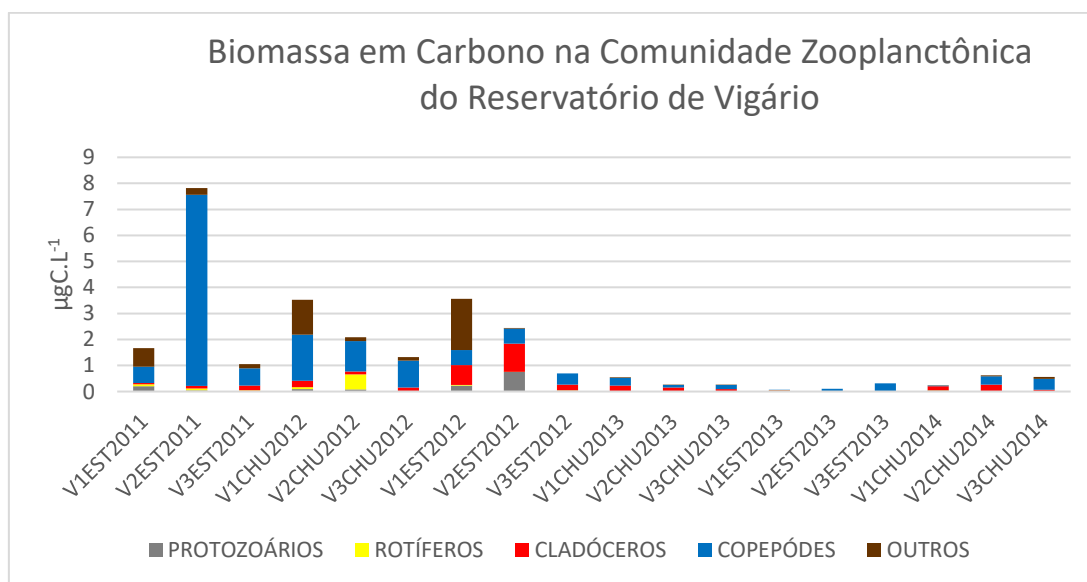


Figura 30: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

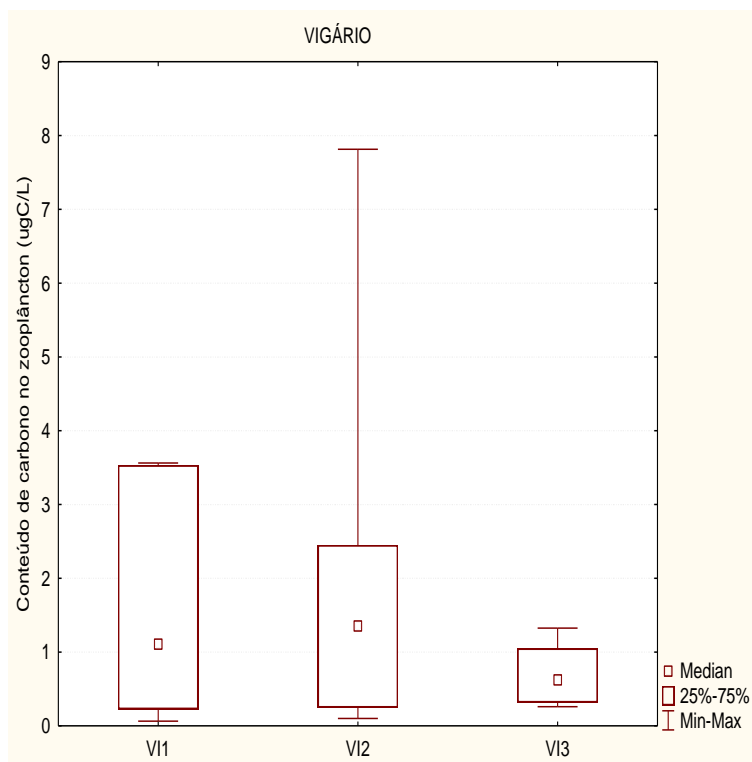


Figura 31: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Vigário entre os pontos de coleta.

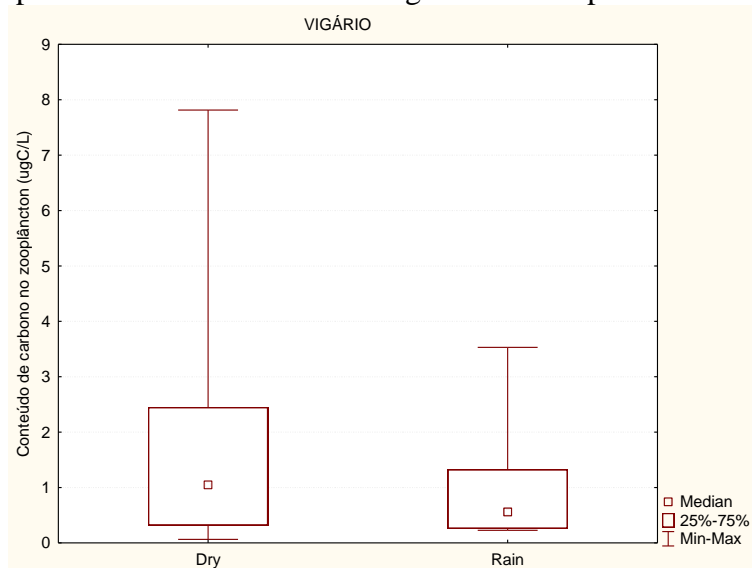


Figura 32: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Vigário entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.



Figura 33: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZIGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

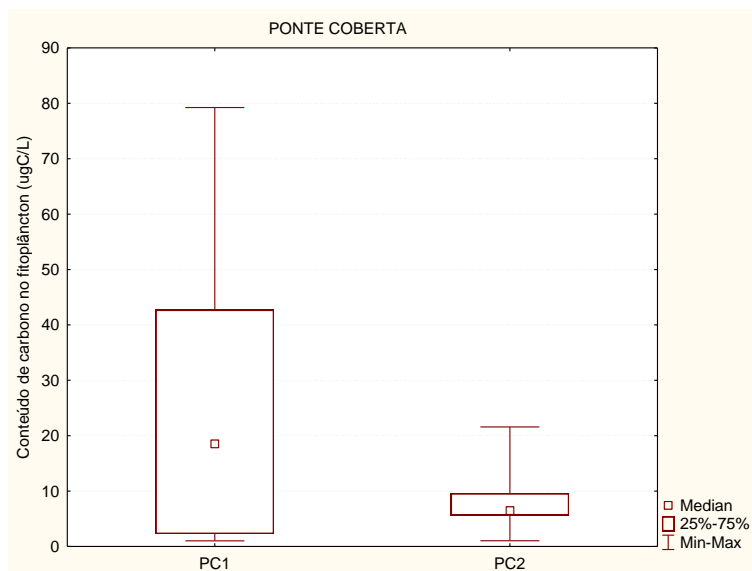


Figura 34: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ponte Coberta entre os pontos de coleta.

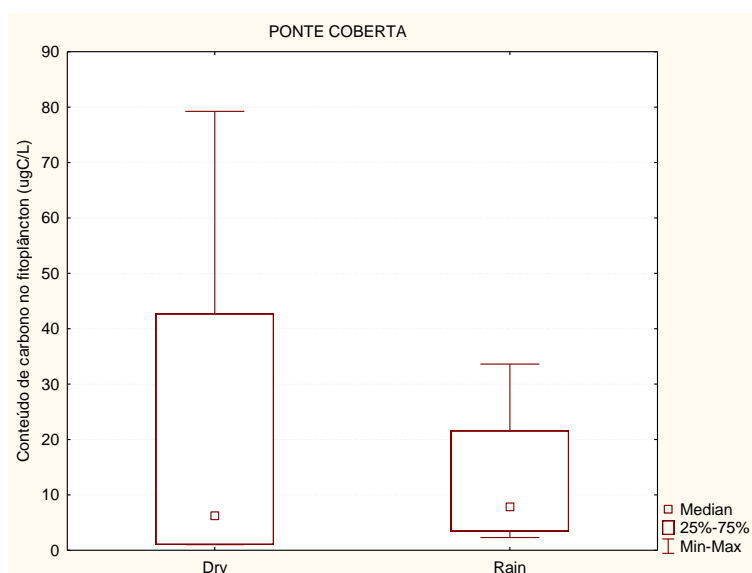


Figura 35: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ponte Coberta entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.



#### 4.8.2. Conteúdo em carbono na comunidade zooplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $0,86 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral PC1 na estiagem de 2012 a um máximo de  $14,48 \mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral PC2 no período chuvoso de 2014. Os grupos Copepoda e Cladocera foram os mais representativos em todo o período (Fig. 36)

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton no reservatório de Ponte Coberta (Fig. 37) apresentou tendência de maiores valores no ponto PC2 e, de acordo com a análise de Mann-Whitney ( $p= 0,025974$ ), mostrou diferença significativa. A variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig. 38), de acordo com a análise de Mann-Whitney, não indicou diferença significativa ( $p=0,588745$ ).

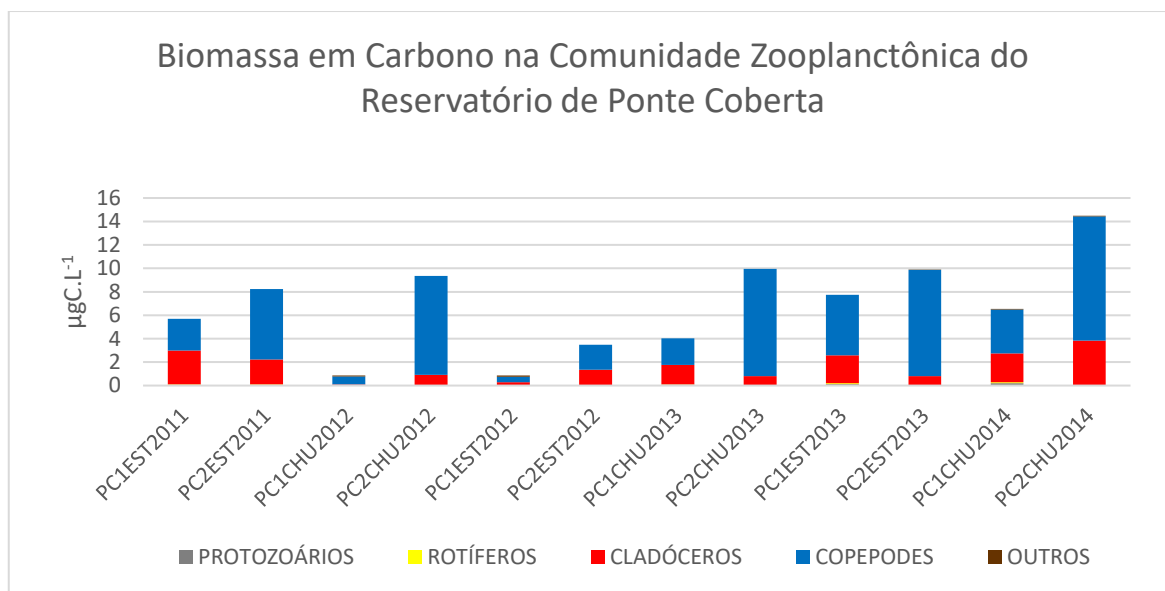


Figura 36: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

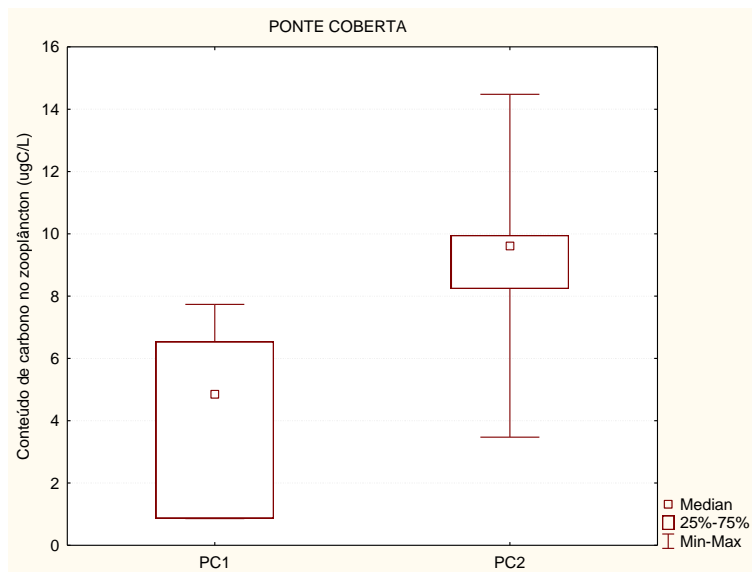


Figura 37: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ponte Coberta entre os pontos de coleta.

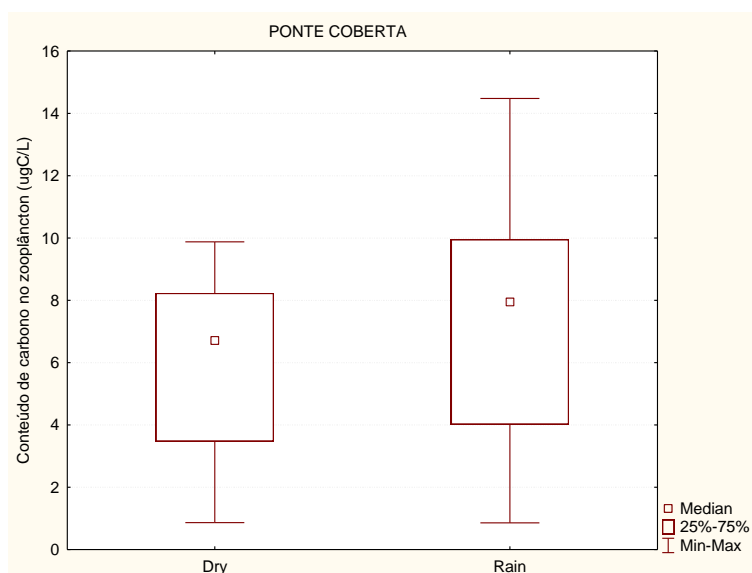


Figura 38: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ponte Coberta entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

## 4.9. RESERVATÓRIO DE SANTA BRANCA

### 4.9.1. Conteúdo em carbono na comunidade fitoplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de  $3,90\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral SB1 no período da chuva de 2014 a um máximo de  $410,62\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral SB3 no período chuvoso de 2014. De acordo com a figura 39, na estiagem do ano de 2011, os grupos mais representativos foram

Bacillariophyceae e Chlorophyceae. Cyanophyceae e Chlorophyceae apresentaram os maiores percentuais no período chuvoso do ano de 2012. Na estiagem de 2012 as categorias Dinophyceae, Euglenophyceae e Cyanophyceae foram as mais representativas. O ano de 2013, no período chuvoso, apresentou Cryptophyceae e Chlorophyceae com os maiores percentuais de biomassa. Chlorophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae foram os grupos que se destacaram na estiagem do ano de 2013. No período chuvoso de 2014 as categorias mais representativas foram Cyanophyceae e Chlorophyceae.

A variação espacial do conteúdo de carbono no fitoplâncton no reservatório de Santa Branca (Fig. 40), embora tenha apresentado tendência de maiores valores no ponto SB3, não apresentou diferença significativa de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=0,0863$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig. 41), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença significativa ( $p=0,887386$ ).

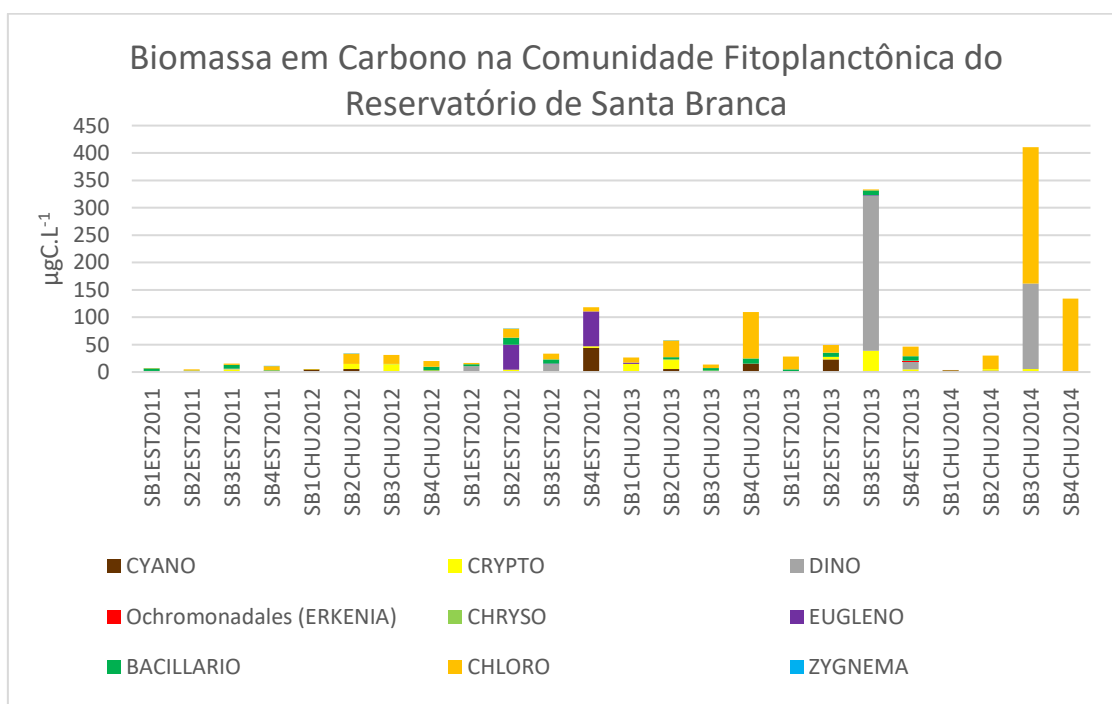


Figura 39: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZIGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

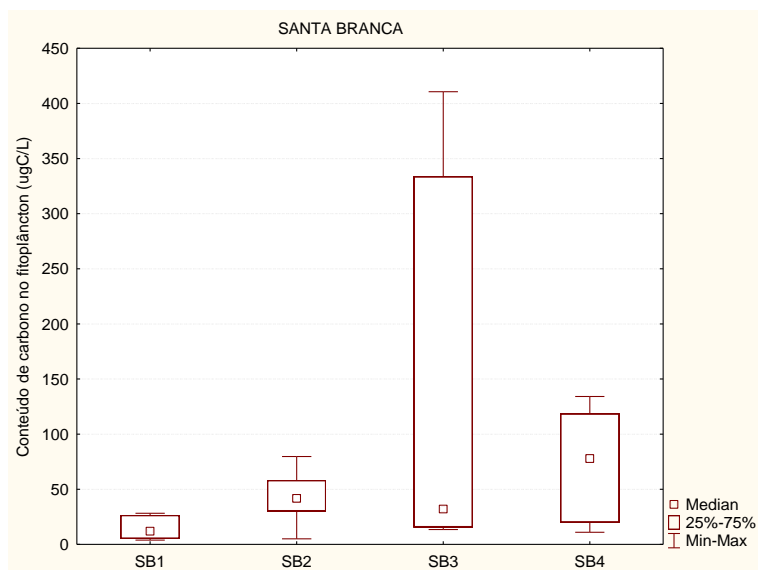


Figura 40: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santa Branca entre os pontos de coleta.

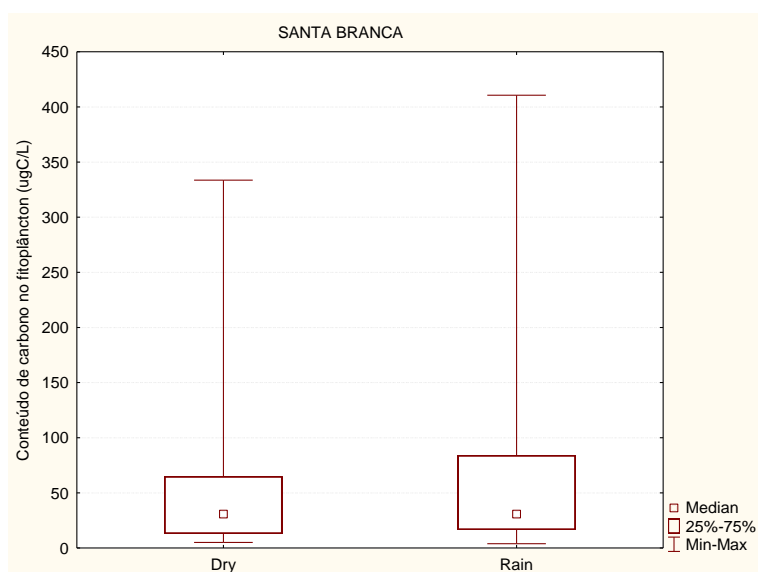


Figura 41: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Santa Branca entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

#### 4.9.2. Conteúdo em carbono na comunidade zooplancônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $4,70\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral SB3 na estiagem de 2011 a um máximo de  $802,81\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral SB2 na estiagem de 2012. Os grupos mais representativos em todo o período foram Copepoda e Cladocera com predomínio de Copepoda (Fig.42).

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton do reservatório de Santa Branca (Fig. 43) não apresentou diferença estatisticamente significativa de acordo com a análise de Kruskal-Wallis ( $p=0,9918$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.44), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença estatística significativa ( $p=0,629726$ ).

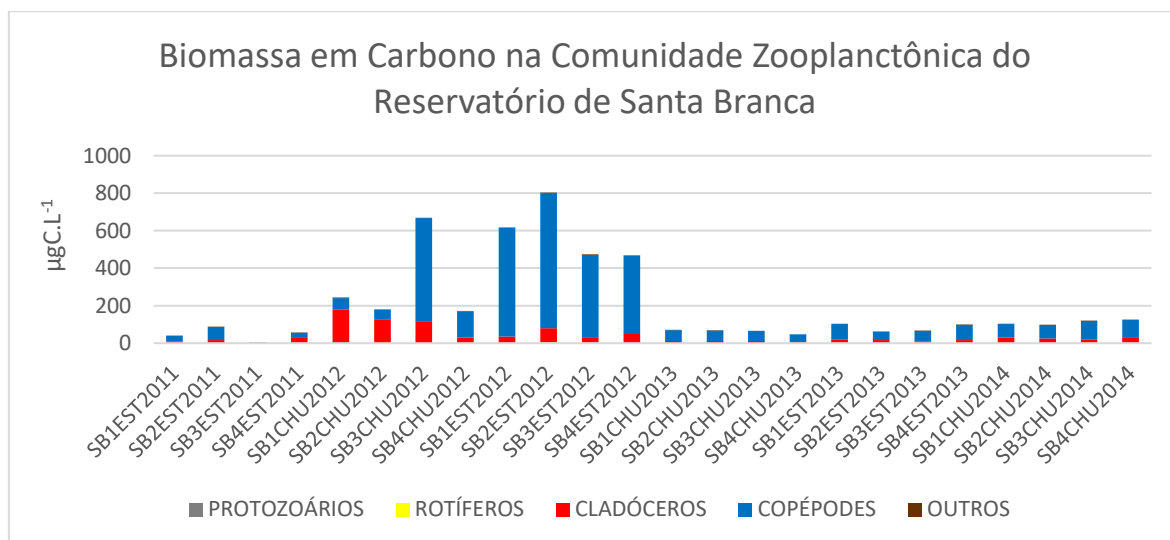


Figura 42: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

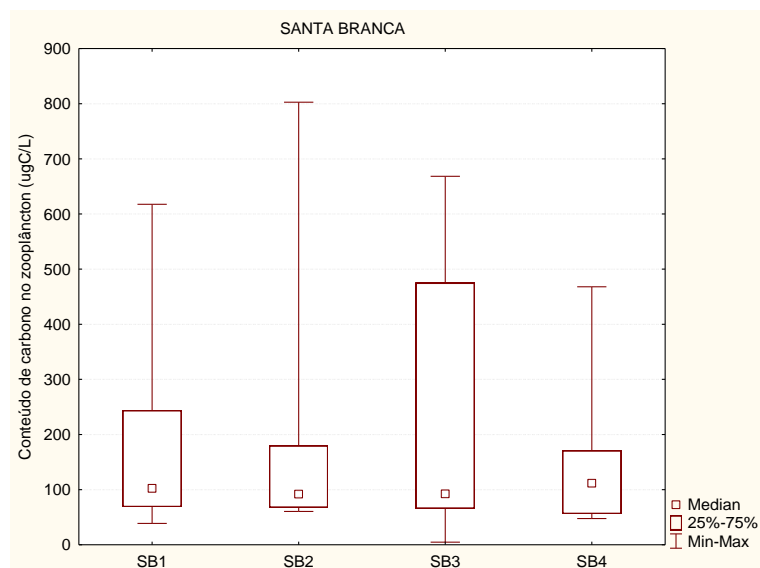


Figura 43: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santa Branca entre os pontos de coleta.

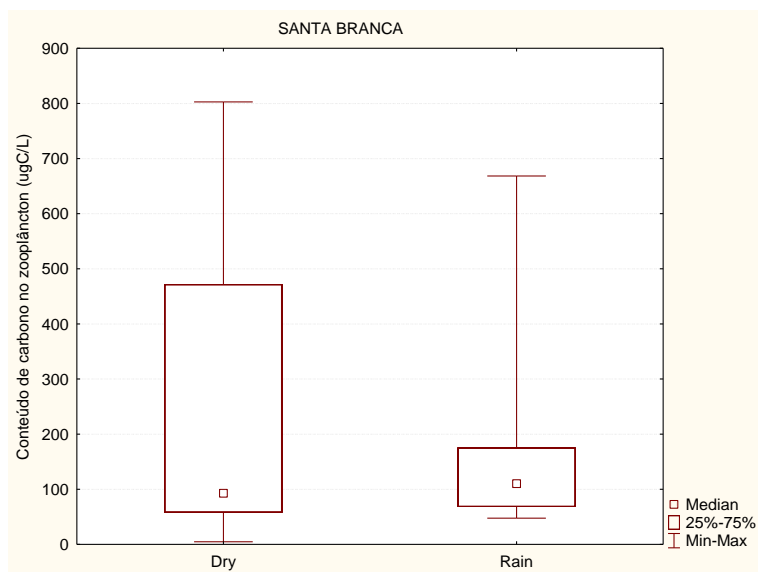


Figura 44: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Santa Branca entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

## 5.0. RESERVATÓRIO DE ILHA DOS POMBOS

### 5.1. Conteúdo em carbono na comunidade fitoplanctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no fitoplâncton variou de um mínimo de  $2,55\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral IP1 na estiagem de 2013 a um máximo de  $155,15\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral IP2 no período de chuva de 2013. De acordo com a figura 45, os grupos mais representativos na estiagem do ano de 2011 foram Bacillariophyceae e Zygnematophyceae. O período chuvoso do ano de 2012 os grupos com maiores percentuais de biomassa foram: Cyanophyceae, Cryptophyceae e Bacillariophyceae. Chlorophyceae foi a categoria mais representativa na estiagem de 2012. O período chuvoso de 2013 apresentou Cyanophyceae e Cryptophyceae com os maiores percentuais de biomassa. Cyanophyceae e Bacillariophyceae foram os grupos mais representativos do período de estiagem de 2013. No ano de 2014, no período chuvoso os grupos que predominaram em termos de biomassa foram Chlorophyceae, Cyanophyceae e Cryptophyceae.

A variação espacial do conteúdo de carbono no fitoplâncton no reservatório de Ilha dos Pombos (Fig. 46) não apresentou diferença estatisticamente significativa de acordo com a análise de Mann-Whitney ( $p=0,309524$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.47), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença estatística significativa ( $p=0,393939$ ).

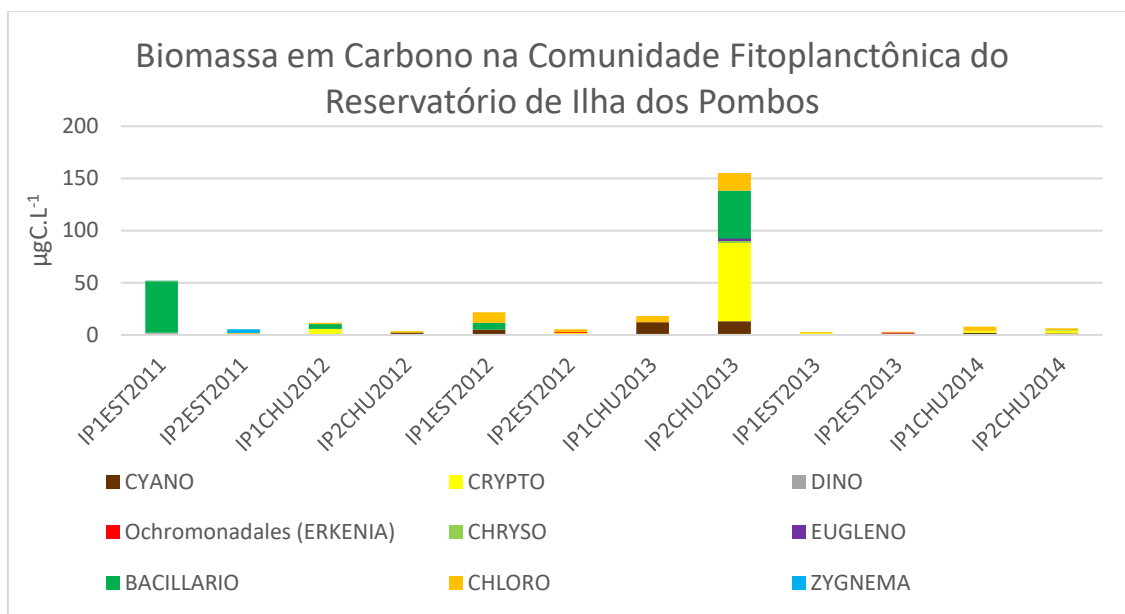


Figura 45: Biomassa do fitoplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZYGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

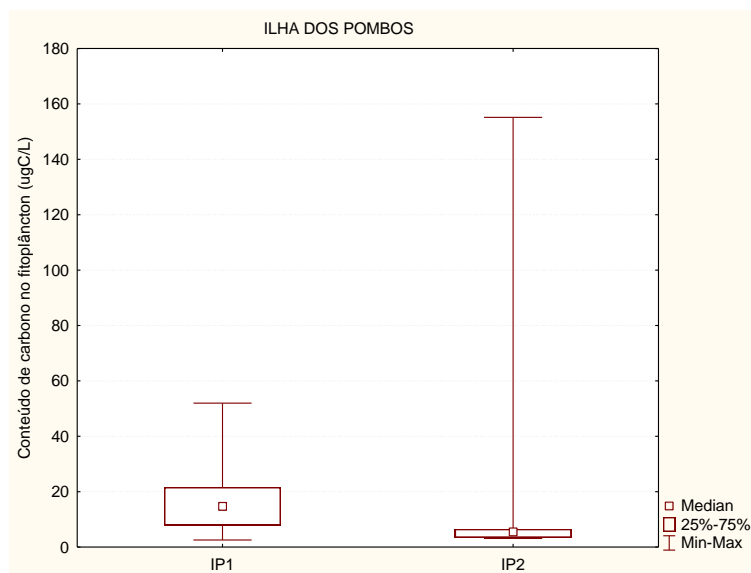


Figura 46: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ilha dos Pombos entre os pontos de coleta.

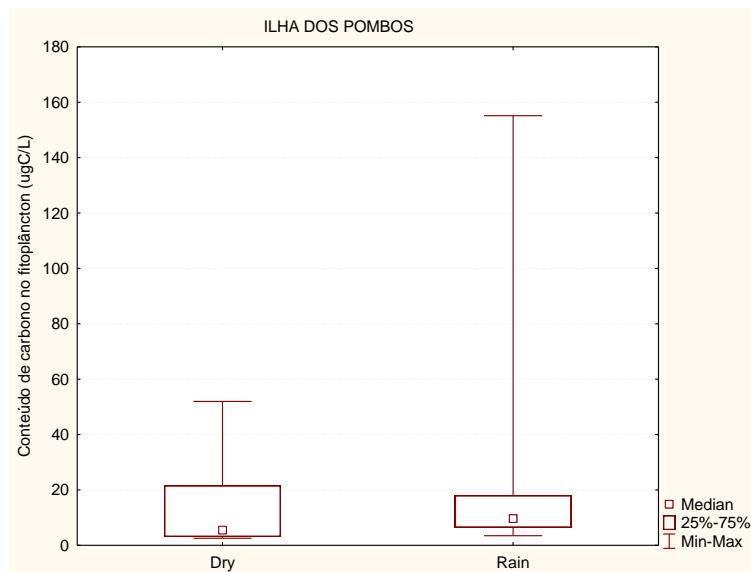


Figura 47: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no fitoplâncton do reservatório de Ilha dos Pombos entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

## 5.2. Conteúdo em carbono na comunidade zooplânctônica

Neste reservatório o conteúdo de carbono no zooplâncton variou de um mínimo de  $0,04\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral IP1 na estiagem de 2013 a um máximo de  $1,46\mu\text{gC.L}^{-1}$  no ponto amostral IP1 na estiagem de 2011. De acordo com a figura 48 as categorias mais representativas nos períodos estudados foram: grupo outros, Copepoda e Cladocera.

A variação espacial do conteúdo de carbono no zooplâncton no reservatório de Ilha dos Pombos (Fig. 49) não apresentou diferença significativa de acordo com a análise de Mann-Whitney ( $p=0,818182$ ). O mesmo se deu para a variação do conteúdo de carbono entre os períodos (Fig.50), que de acordo com a análise de Mann-Whitney não indicou diferença significativa ( $p=0,588745$ ).



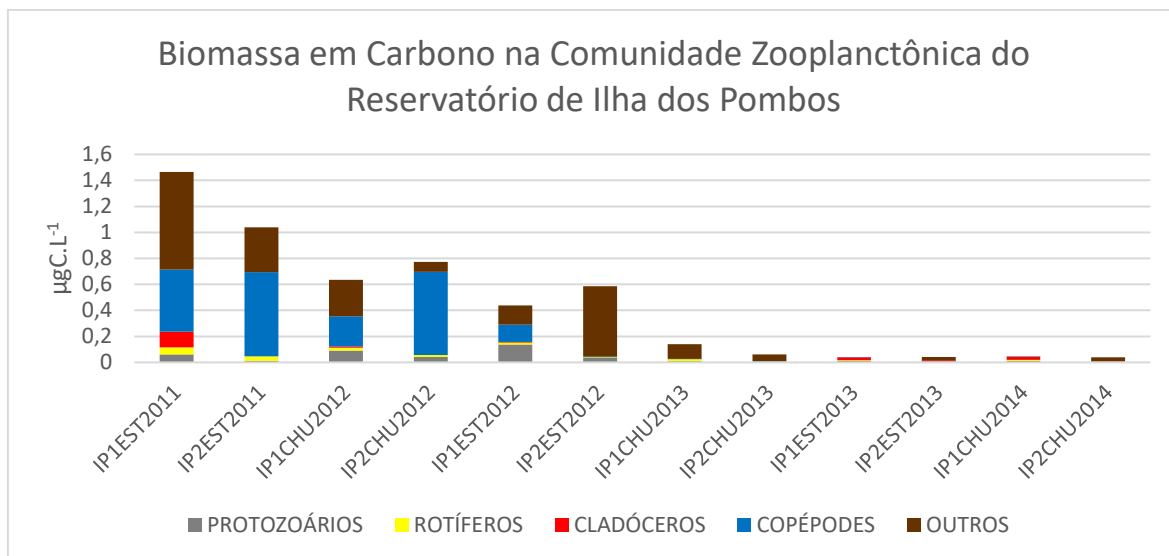


Figura 48: Biomassa do zooplâncton em carbono dos grupos principais por ponto e período amostral.

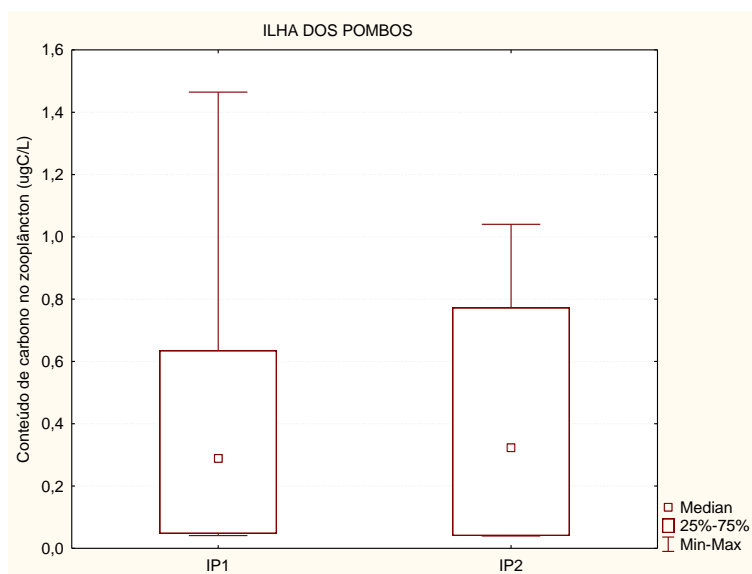


Figura 49: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ilha dos Pombos entre os pontos de coleta.

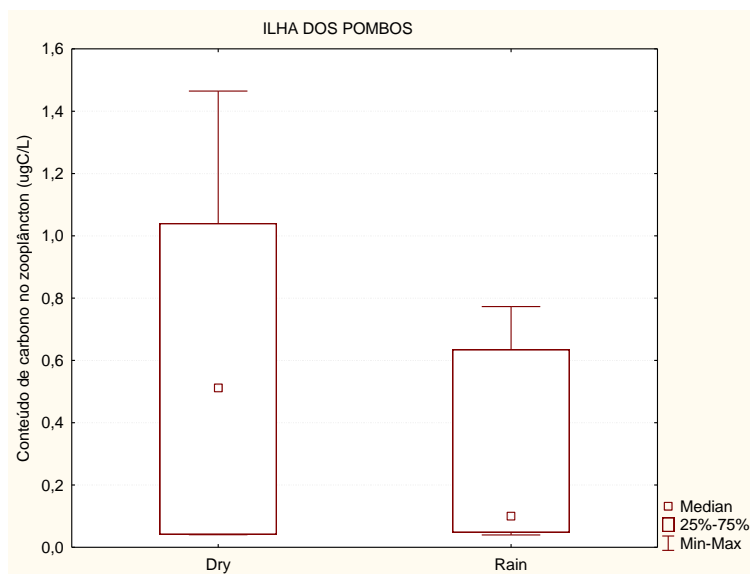


Figura 50: Gráfico apresentando a mediana, quartis, mínimo e máximo dos valores de carbono no zooplâncton do reservatório de Ilha dos Pombos entre os períodos de chuva e de seca Rain=chuva; Dry=seca.

## 6.0. RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE OS SETE RESERVATÓRIOS

### 6.1. Biomassa em carbono do fitoplâncton e do zooplâncton

As maiores biomassas médias na comunidade fitoplanctônica em todo período de estudo (figura 51) ocorreram nos reservatórios que tem maior tempo de retenção, que são os de Ribeirão das Lajes e Santa Branca. Entretanto, estes dois reservatórios se diferenciaram quanto a composição de grupos fitoplanctônicos: os grupos com maior representatividade no reservatório de Santa Branca foram Cryptophyceae e Dinophyceae, já em Ribeirão das Lajes, os grupos mais representativos em termos de biomassa foram Cyanophyceae, Dinophyceae e Bacillariophyceae.

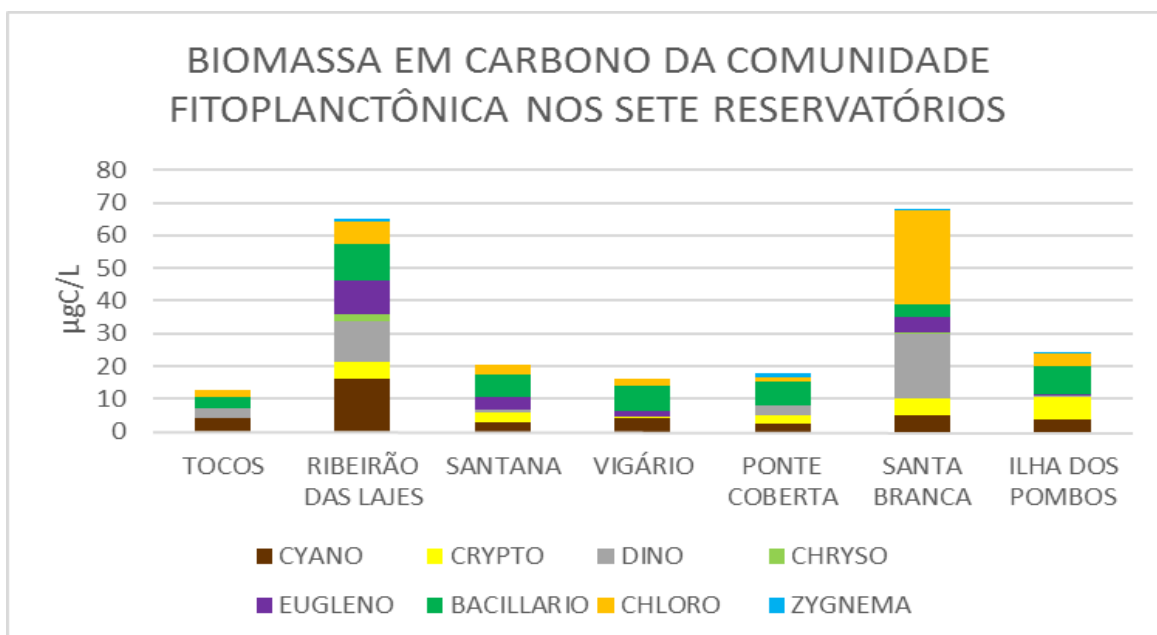


Figura 51: Valores médios de biomassa em carbono no período de estudo das principais categorias taxonômicas por reservatório (CYANO – Cyanophyceae; DINO – Dinophyceae; CHRYSO – Chrysophyceae; BACILLARIO – Bacillariophyceae; ZIGNEMA – Zygnematophyceae; CRYPTO – Cryptophyceae; EUGLENO – Euglenophyceae; CHLORO – Chlorophyceae).

As maiores biomassas médias na comunidade zooplanctônica em todo período de estudo (figura 52) ocorreram também nos reservatórios de Ribeirão das Lajes e Santa Branca, ambos com maior representatividade da categoria Copepoda. Entretanto, constata-se que o valor médio de biomassa no reservatório de Santa Branca foi bem mais elevado.

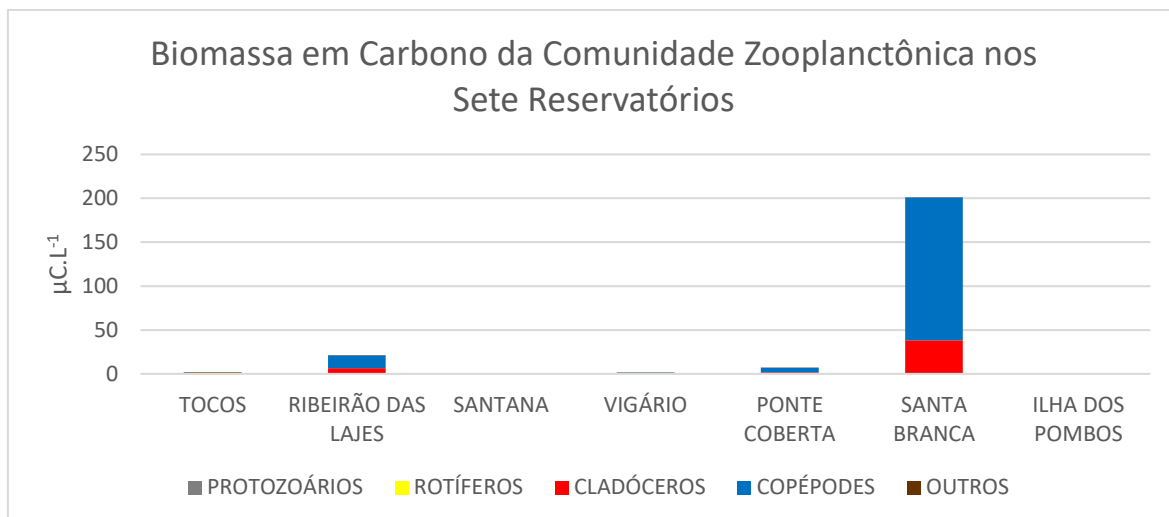


Figura 52: Valores médios de biomassa em carbono no período de estudo das principais categorias taxonômicas por reservatório.

## 6.2. Análises de similaridade por agrupamento

A análise de agrupamento (figura 53), realizada a partir dos dados hidrológicos e morfométricos de cada reservatório, indicou o reservatório de Ribeirão das Lajes como o mais distinto dentre os sete reservatórios estudados provavelmente devido ao alto tempo de retenção. Os reservatórios de Santana, Vigário e Ponte Coberta demonstraram ser mais similares. A análise de agrupamento (figura 54) realizada a partir dos dados indicadores de trofia (nutrientes e condutividade elétrica) demonstrou a formação de dois grupos mais similares e concordou com o resultado para o estado trófico. Um primeiro grupo com os reservatórios de Santa Branca, Ribeirão das Lajes e Tocos (mesotróficos) e um segundo grupo, com os reservatórios de Santana, Vigário, Ilha dos Pombos Ponte Coberta (eutróficos).

## ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

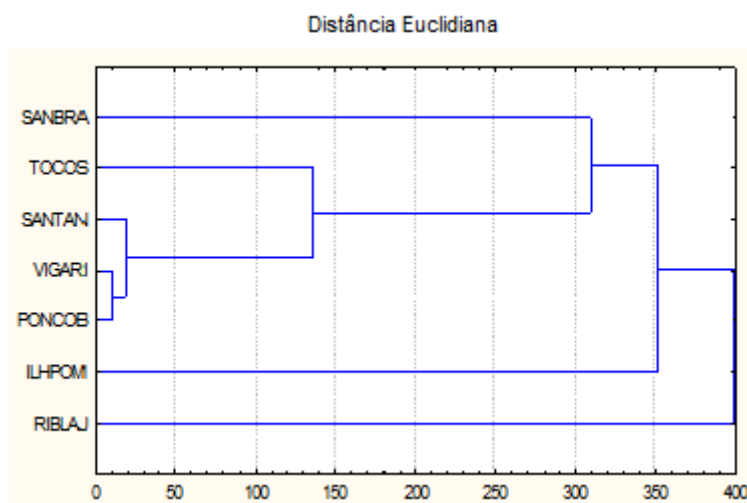


Figura 53: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com dados hidrológicos e morfométricos (área, profundidades média e máxima, área superficial, volume total, volume útil, vazão e tempo de retenção) em todo período de estudo.

## ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

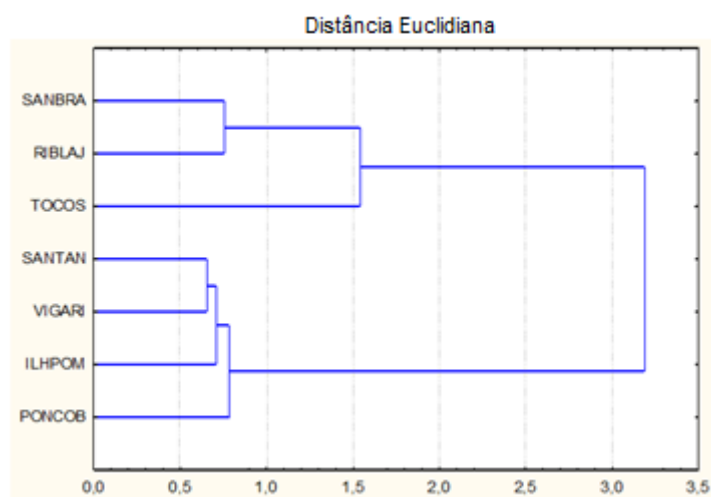


Figura 54: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com características de trofia (nutrientes e Secchi) de todo período de estudo.

Já a análise de agrupamento considerando-se a biomassa fitoplanctônica (Fig. 55), destaca os reservatórios com maiores tempos de retenção dos demais. Pode-se observar, entretanto, que os reservatórios de Santa Branca e Ribeirão das Lajes são mais semelhantes em termos de características de trofia do que em termos de biomassa do

fitoplâncton. O mesmo para os reservatórios de Santana e Vigário. O agrupamento considerando-se a biomassa zooplancônica (Fig.56) separa o reservatório de Santa Branca dos demais.

### ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

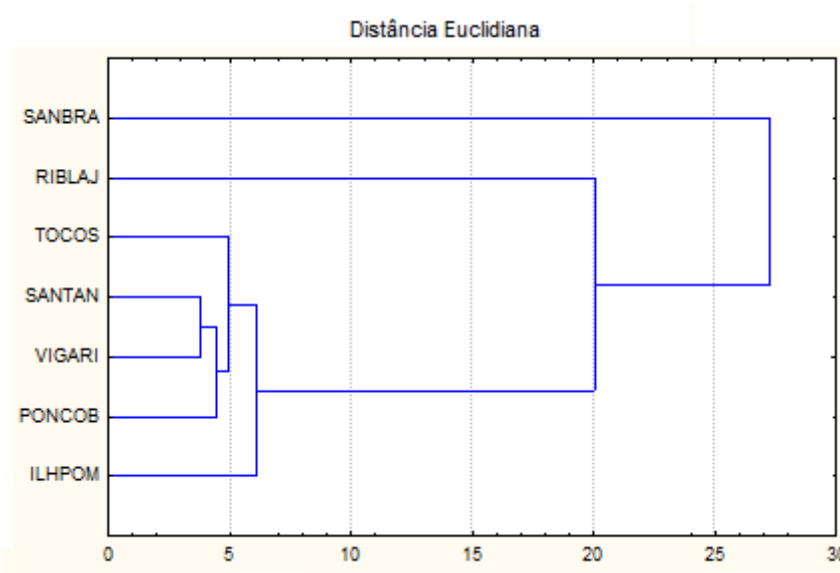


Figura 55: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com biomassa fitoplanctônica (em termos de carbono) de todo período de estudo.

### ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

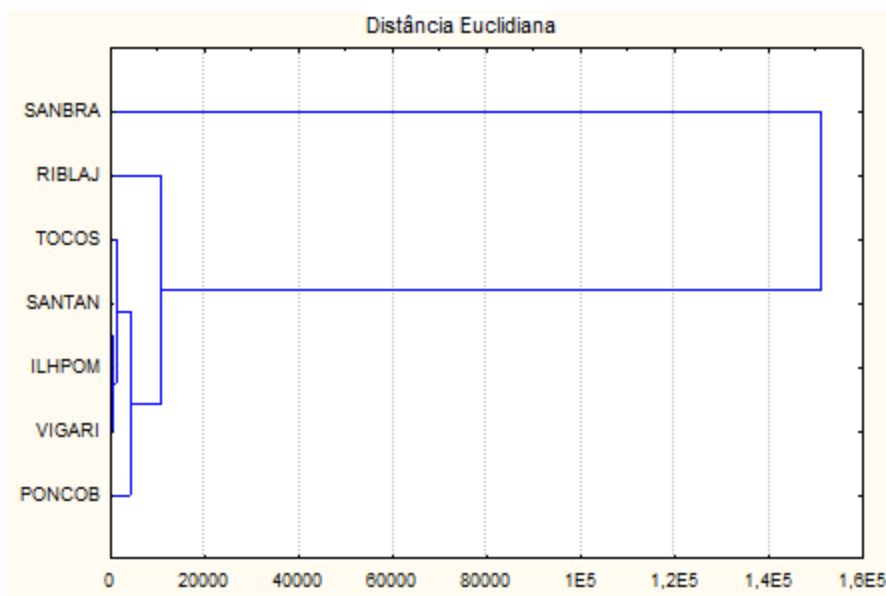


Figura 56: Análise de Agrupamento: dendrograma com os reservatórios agrupados de acordo com biomassa zooplancônica (em termos de carbono) de todo período de estudo.

### 6.3. Análise de ordenação: componentes principais

A análise dos componentes principais (figura 57) concentrou fatores responsáveis por 64% da variabilidade total dos dados. O fator 1, que explicou 52% da variação dos dados, foi relacionado de maneira positiva e significativa com nitrato, turbidez, condutividade elétrica e vazão e de maneira negativa e significativa com a transparência pelo disco de Secchi e tempo de retenção. Estas últimas variáveis se relacionaram positivamente com a biomassa zooplancônica. Pode-se notar ainda que os nutrientes, turbidez, condutividade elétrica e fluxo relacionam-se positivamente entre si. O fator 2, que explicou 12 % da variabilidade dos dados, teve como principal variável constituinte a temperatura da água. Nota-se que a biomassa fitoplanctônica mostrou-se mais associada a este eixo e diretamente relacionada aos valores de clorofila-*a* mensurados.

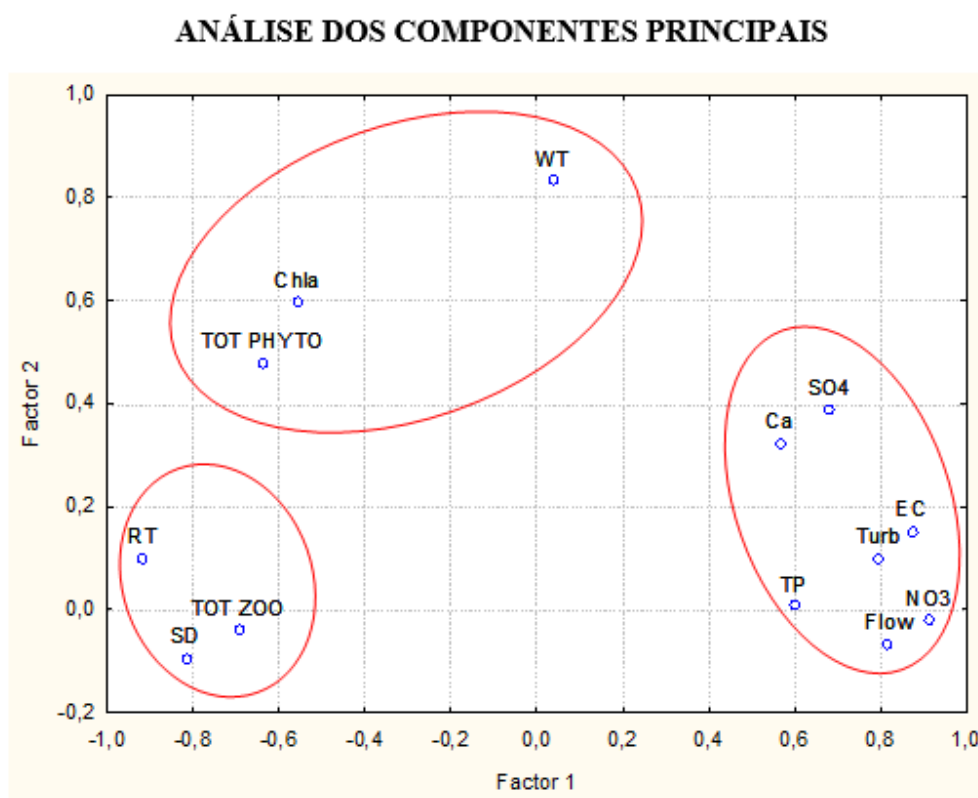


Figura 57: Análise dos Componentes Principais do conteúdo em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica e variáveis limnológicas com maior correlação dos sete reservatórios estudados ( SD= Disco de Secchi;TOT ZOO= conteúdo em carbono na comunidade zooplanctônica;TOT PHYTO= conteúdo em carbono na comunidade fitoplanctônica; Chla= Clorofila;WT=Temperatura da água; Ca=  $\text{Ca}^{2+}$ ;SO4=  $\text{SO}_4^{2-}$  ;NO3=  $\text{NO}_3^-$  ;TP= fósforo total;Turb= turbidez;Flow=fluxo;EC=condutividade elétrica;RT=tempo de retenção)

## 7. DISCUSSÃO

No presente estudo os reservatórios classificados com os menores graus de trofia (Tocos, Ribeirão das Lajes e Santa Branca) não apresentaram as menores biomassas em carbono na comunidade planctônica. Já os reservatórios com maiores tempo de retenção (Ribeirão das Lajes e Santa Branca) apresentaram os maiores valores de biomassa em carbono para as comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

O tempo de retenção é um fator que influencia a carga de nutrientes (Schindler, 2006) e interfere diretamente na manutenção, ou não, das comunidades planctônicas na coluna d'água (Callieri *et al.*, 1999; Havens *et al.*, 2007; MacDonagh *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2011). Um dos aspectos relacionados a um maior tempo de retenção é que incrementa a transparência da coluna d'água. Esse incremento na transparência da coluna d'água favorece o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica pela maior disponibilidade de luz (Kennedy, 1999). Outro aspecto relacionado ao maior tempo de retenção é que ele favorece o desenvolvimento dos organismos do zooplâncton que apresentam maiores tempos de geração, e, que correspondem também, aos grupos que mais contribuem com a representatividade em termos de biomassa (microcrustáceos) devido ao seus maiores tamanhos corporais.

Os reservatórios classificados como eutróficos no presente estudo (Santana, Vigário, Ponte Coberta e Ilha dos Pombos) apresentaram menores tempos de retenção e condições de maior turbulência o que não favorece um maior desenvolvimento da comunidade planctônica, e, conseqüentemente, nesses reservatórios foram encontrados os mais baixos valores de biomassa em carbono nas comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

Considerando os fatores ambientais com importante influência sobre a biomassa planctônica, foi ressaltada a importância da temperatura da água como um dos elementos que mais influenciaram a biomassa do fitoplâncton. Esta influência, já foi também verificada em diversos trabalhos em reservatórios de regiões tropicais (Soares *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2015). As variações na temperatura da água determinarão os processos de mistura das camadas de água o que gera ressuspensão de nutrientes, e afeta diretamente a biomassa fitoplanctônica. Já com relação à biomassa na comunidade zooplanctônica, a transparência da água e o tempo de retenção foram os fatores mais influentes, ressaltando



a importância maior de aspectos físicos para a estruturação dessas comunidades do que aspectos químicos.

Apesar da importância do estudo da biomassa planctônica, os dados disponíveis na literatura a respeito do conteúdo em carbono na comunidade planctônica são maiores em relação às regiões temperadas (Auer *et al.*, Gaedke & Kamjunke, 2006; Havens *et al.*, 2007) do que em relação aos ambientes aquáticos tropicais (Silva *et al.*, 2014; Rosa, 2008) e subtropicais (Work *et al.*, 2005; Pirlot *et al.*, 2005; Havens *et al.*, 2007).

De uma forma geral não houve diferenças significativas entre os períodos quanto ao conteúdo de carbono no fitoplâncton. A exceção foi apresentada pela biomassa da comunidade fitoplanctônica do Reservatório de Santana onde, provavelmente, pela influência do Rio Paraíba do Sul, no período chuvoso, houve um incremento de nutrientes e matéria orgânica refletindo na biomassa fitoplanctônica.

As categorias com maior representatividade na comunidade fitoplanctônica para a biomassa em termos de carbono nos sete reservatórios, de uma forma geral, foram Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae e Cryptophyceae, com um destaque para o reservatório de Ribeirão das Lajes que apresentou o grupo Dinophyceae como um dos mais representativos. Os mesmos grupos (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae e Cryptophyceae) foram os mais representativos nos ambientes estudados por Silva *et al.* (2014). A maior representatividade da categoria Dinophyceae pode ter ocorrido em função do zooplâncton não conseguir predação eficiente desse grupo. Sob este aspecto, o carbono fitoplanctônico no reservatório de Santa Branca, foi diferenciado pode ter uma maior representatividade dos grupos de Chlorophyceae e Bacillariophyceae.

Os valores de biomassa em carbono na comunidade fitoplanctônica encontrados no presente estudo para o reservatório Ribeirão das Lajes (entre  $14\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e  $158\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ) assemelharam-se aos valores encontrados por Rangel *et al.* (2012) para o reservatório de Corumbá (entre  $0\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e  $163\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ). Já no reservatório de Santa Branca os valores da biomassa em carbono no fitoplâncton (entre  $3,9\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e  $410\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ) assemelharam-se aos encontrados no estudo de Silva *et al.* (2014) para o grupo de reservatórios com baixo tempo de retenção (entre  $0,05\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e  $377,10\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ). Para os demais reservatórios do presente estudo (Tocos, Santana, Vigário, Ponte Coberta e Ilha dos Pombos) os valores foram inferiores aos encontrados nos estudos de Rangel *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2014).

Nos sete reservatórios, as categorias que mais contribuíram com a biomassa em carbono do zooplâncton foram Copepoda, Cladocera e o grupo outros (exceto no período chuvoso de 2013 no Reservatório de Tocos em que o grupo com maior representatividade na biomassa foi Rotifera e no reservatório de Santana em que houve uma alternância com os grupos Rotifera e Protozoa). A característica mais lótica do reservatório de Santana desfavoreceu o grupo dos microcrustáceos, e, provavelmente por isso a maior representatividade na biomassa dos grupos Rotifera e Protozoa. Outros estudos também apresentaram maior representatividade dos grupos Copepoda e Cladocera na comunidade zooplanctônica em termos de conteúdo em carbono (Callieri *et al.*, 1999; Rosa, 2008).

Os valores de biomassa em carbono na comunidade zooplanctônica no reservatório de Ribeirão das Lajes (entre 0,01  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e 125,86  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ) apresentaram uma variação semelhante a encontrada no estudo de Rangel *et al.* (2012) (entre 3  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e 184  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$  no reservatório de Mascarenhas de Moraes). No reservatório de Santa Branca os valores da biomassa em carbono (entre 4,70  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e 802,81  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ) apresentaram variação mais correspondente àquela encontrada no grupo de reservatórios mesotróficos com alto tempo de retenção no estudo de Silva *et al.* (2014) (entre 4,24  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$  e 594  $\mu\text{g.C.l}^{-1}$ ). Nos demais reservatórios (Tocos, Santana, Vigário, Ponte Coberta e Ilha dos Pombos) os valores encontrados foram inferiores aos encontrados por Silva *et al.* (2014) e Rangel *et al.* (2012). A diferença significativa do conteúdo de carbono no zooplâncton do Reservatório de Ponte Coberta, entre os pontos, pode ser explicada pela influência do Reservatório de Lajes que apresenta características de morfometria, tempo de retenção e estrutura da comunidade zooplanctônica mais distinta dos demais e propiciando melhores condições para o desenvolvimento da comunidade zooplanctônica.

Em termos comparativos, os reservatórios estudados demonstraram maior similaridade em termos de características de trofia do que em relação às suas características morfométricas e hidrológicas. Os reservatórios de Santa Branca e Ribeirão das Lajes foram os que apresentaram maior distinção quando comparada a biomassa fitoplactônica e zooplanctônica, provavelmente por terem apresentado os maiores valores de biomassa. Porém, a maior similaridade entre os reservatórios ocorre em relação a biomassa do fitoplâncton.

A diferenciação do reservatório de Santa Branca, em termos de uma maior biomassa de carbono do zooplâncton pode ser explicada pela diferenciação da

comunidade fitoplanctônica deste corpo d'água. A maior predominância de clorofíceas constituindo o carbono fitoplanctônico no Reservatório de Santa Branca pode ter contribuído para a constituição de uma melhor qualidade de alimento para o zooplâncton deste reservatório. A associação entre a biomassa do zooplâncton e a biomassa de clorofíceas, consideradas mais palatáveis para os organismos zooplanctônicos, já foi evidenciada por Eskinazi-Sant'Anna *et al.* (2013) em reservatórios do Nordeste do Brasil.

Em relação aos valores de clorofila-*a* encontrados no presente estudo estes parecem estar de acordo com os encontrados por Rangel *et al.* (2012) em reservatórios na região tropical - inferiores a  $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Ainda de acordo com o mesmo estudo, os valores de fósforo total variaram entre  $12,9 \mu\text{g.l}^{-1}$  e  $30 \mu\text{g.l}^{-1}$  e os de turbidez entre 1,1 NTU e 18,4 NTU. No presente estudo, os reservatórios classificados como eutróficos (Santana, Vigário, Ponte Coberta e Ilha dos Pombos) alcançaram valores médios de fósforo total e turbidez superiores aos encontrados por Rangel *et al.* (2012), em especial, no Reservatório de Ilha dos Pombos. Os maiores níveis de fósforo total e turbidez verificados no reservatório de Ilha dos Pombos podem ocorrer em função das atividades industriais, agricultura, pecuária e lançamento de efluentes não tratados que ocorrem na bacia de drenagem do Rio Paraíba do Sul, a montante deste reservatório.

## 8.CONCLUSÕES

- As categorias com maior representatividade na comunidade fitoplanctônica para a biomassa em termos de carbono nos sete reservatórios, de uma forma geral, foram Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae e Cryptophyceae, com um destaque para o reservatório de Ribeirão das Lajes que apresentou o grupo Dinophyceae como um dos mais representativos. Nos sete reservatórios, as categorias que mais contribuíram com a biomassa em carbono do zooplâncton foram Copepoda, Cladocera e o grupo outros.
- Em termos comparativos, os reservatórios estudados demonstraram maior similaridade em termos de características de trofia do que em relação às suas características morfométricas e hidrológicas. Os reservatórios de Santa Branca e Ribeirão das Lajes foram os que apresentaram maior distinção quando comparada a biomassa fitoplactônica e zooplanctônica. A maior similaridade entre os reservatórios ocorreu em relação à biomassa do fitoplâncton.
- Considerando os fatores ambientais com importante influência sobre a biomassa planctônica, foi ressaltada a importância da temperatura da água como um dos elementos que mais influenciaram a biomassa do fitoplâncton.
- Com relação à biomassa na comunidade zooplanctônica, a transparência da água e o tempo de retenção foram os fatores mais influentes.
- Os reservatórios classificados com os menores graus de trofia não apresentaram as menores biomassas em carbono na comunidade planctônica – rejeitando a primeira hipótese deste trabalho.
- Os reservatórios com os maiores tempos de retenção (Santa Branca e Ribeirão das Lajes) apresentaram as maiores biomassas tanto para o fitoplâncton quanto para o zooplâncton - confirmando a segunda hipótese do presente estudo.

## 9.REFERÊNCIAS

- AKBULUT, N.E. 1998; Biomass analysis of dominant zooplanktonic organisms living in Lake Mogan (Turkey). **Tr. J. of Zoology**, v. 22, p.333-339.
- ARCIFA, M. S. 1984. Zooplankton composition of ten reservoirs in Southern Brazil. **Hydrobiologia**. v. 113, p.137-145.
- AUER, B., ELZER, U., ARNDT, H. 2004. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: influence of resource and predation. **J. Plankton Res.** v. 26, p.697–709.
- BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. 2004. **Amostragem em limnologia**. Rima, São Carlos-SP.
- BRANCO, C. W., ROCHA, M. I. A., PINTO, G. F., GÔMARA, G. A., & FILIPPO, R. D. 2002. Limnological features of Funil reservoir (RJ, Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, v.7, p.87-92.
- BRASIL, J., HUSZAR, V.L.M. 2011. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. **Oecologia Australis** v.15,n.4,p. 799-834.
- CALLIERI, C., PUGNETT, A., MANCA, M. 1999. Carbon partitioning in the food web of a high mountain lake: from bacteria to zooplankton. **J. Limnol.** v.58,p. 144–151.
- CETESB, 2013. Apêndice C índice de qualidade das águas. Acesso em Dezembro de 2015. Disponível em : <http://Aguasinteriores.Cetesb.Sp.Gov.Br/Wp-Content/Uploads/Sites/32/2013/11/Apêndice-C-Índices-De-Qualidade-Das-Águas-.PDF>.
- CISSEROS, R. O.; MANGAS, E. I. 1991. Zooplankton studies in tropical lake Lake Xolotlán, Nicaragua. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 24, p. 1167-1170.
- CONAMA, 2005. Conama resolução 357 de 17 de março de 2005. Acesso em fevereiro de 2016. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- DIAS, A.C.M.I.; BRANCO C.W.C.; LOPES, V.G. 2005. Estudo da dieta natural de peixes no reservatório de ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Sci. Biol. Sci. Maringá**, v. 27, n.4, p.355-364.
- DE MANUEL, J. ; JAUME, D. 1994. Zooplankton from reservoirs of the Guadalquivir River basin (Spain). **Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.** v.40, p.107-116.

- DOANE, D.P.; SEWARD, L.E. 2014. **Estatística aplicada à administração e economia**, 4.ed. AMGH Editora.
- DUMONT, H.J; VAN DE VELDE, I.; DUMONT. S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from de plankton, periphyton and benthos of continental waters. **Oecol. (Berl.)** v.19, p. 75-97.
- ELMOOR- LOUREIRO, L.M.A. 1997. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universa.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; MENEZES, R.; COSTA, I.S.; ARAÚJO, M.; PANOSSO, R.; ATTAYDE, J.L. 2013. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the brazilian semi-arid. **Braz. J. Biol** v.73.
- ESTEVES ,F.A. 2011. **Fundamentos de limnologia**.3ªed. Rio de Janeiro: Interciência
- ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. 2ªed. Rio de Janeiro: Interciência,
- ERIKSON, R.; HOOKER, E.; MEJIA, M. 1991. The dynamics of photosynthetic activity in Lake Xolotlán, Nicaragua. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 24,p.1163-1166.
- FENCHEL, T. 1988. Marine plankton food chains. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**,v. 19, p.19-38.
- FINLAY, B.J. 1982. Effects of seasonal anoxia on the community of benthic ciliated Protozoa in a productive lake. **Arch. Protistenk.** v.125, p. 215-222.
- GAEDKE, U., KAMJUNKE, N. 2006. Structural and functional properties of low-andhigh-diversity planktonic food webs. **J. Plankton Res.**v. 28,p.707–718.
- GATES, M.A; ROGERSON,A.; BERGER, J. 1982. Dry to wet biomass conversion constant for *tetrahymena ellioti* (ciliophora, protozoa).**Oecol.**v. 55, n.2, p.145-148.
- GHADOUANI, A.; PINELL-ALLOUL, B.; ZHANG, Y.; PREPAS, E.E. 1998. Relationship between zooplankton community structure and phytoplankton in two lime-treated eutrophichardwater lakes. **Freshw. Biol.** v.39, p. 775-790.
- GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F. 1985. Primary production in ten reservoirs in Southern Brazil. **Hydrobiologia**.v. 122, p. 81-88.
- HAIR, J.F. 2009. **Análise multivariada de dados** [recurso eletrônico].Porto Alegre:Bookman.

HAVENS, K., BEAVER, J., EAST, T. 2007. Plankton biomass partitioning in a eutrophic subtropical lake: comparison with results from temperate lake ecosystems. **J.Plankton Res.** v.29, p. 1087–1097.

HILLEBRAND, H.; DÜRSELEN, C.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.**, v. 35, p. 403–424.

KENNEDY, R.H. 1999. Reservoir design and operation : limnological implications and management opportunities. In: J.G. Tundisi; M. Straskraba, (eds) **Theoretical reservoir ecology and its applications**. International Institute of Ecology. p.1-28.

KOSTE, W. 1978. **Rotatoria. Die radertiere mitteleuropas**. II Tafelband ed. Berlin: Gebruder Borntrager.

LAMPARELLI, M. C. 2004. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M. 2005. Estrutura da comunidade zooplancônica em reservatórios in **Biocenose em reservatórios padrões espaciais e temporais** .São Carlos:Rima.

LATJA, R., SALONEN, K. 1978. Carbon analysis for the determination of individual biomass of planktonic animals. **Verh. Int. Verein .Limnol**, v.20, p. 2556–2560.

LEHMAN, J.T. 1980. Release and cycling of nutrients between planktonic algae and herbivores. **Limnol. and Ocean**.v. 25, n.4, p. 620-632.

LUND, J., KIPLING, C., LECREN, E. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimation by count. **Hydrobiologia** v.11, p.143–170.

MACDONAGH, M.E.; CASCO, M.A.; CLAPS, M.C. 2009. Plankton relationships under small water level fluctuations in a subtropical reservoir. **Aquat. Ecol.** v. 43, p. 371–381.

MARGALEF, R. 1983. **Limnologia**. Barcelona. Ediciones Omega S.A. v.332, p. 366-368.

MAKAREWICZ, J.C.; LIKENS, G.E. 1979. Structure and function of the zooplankton community of Mirror Lake, N.H. **Ecol. Monogr.** v.49, p.109-127.

MANCA, M.; COMOLI, P. 1999. Studies on zooplankton of Lago Paione Superiore. **J. Limnol.** v. 58, n.2, p. 131-135.

MATSUMURA- TUNDISI, T. 1999. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In R.Henry (Ed), Ecologia de reservatórios :estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu. **FAPESP e FUNDBIO**. p.41-54.

MATSUMURA- TUNDISI, T.; RIETZLER, A.C.; TUNDISI, J.G. 1989. Biomass (dry weight and carbon content) of plankton crustacea from Broa reservoir (São Carlos, SP,Brazil) and its fluctuation across one year. **Hydrobiol.** v.179, p. 229-236.

MOLISANI, M. M.; LACERDA, L.D.; KJERFVE, B. 2007. Estudo aponta impactos da transposição de bacias nas áreas que recebem a água. Um salto arriscado. Acesso em: Dezembro de 2015.Disponível em:  
[http://www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/produtos/020/20\\_molisanietal2007b.pdf](http://www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/produtos/020/20_molisanietal2007b.pdf).

MOLISANI, M.M. 2004.**Estimativa de carga e caracterização do transporte de mercúrio para a baía de sepetiba através da transposição das águas do rio paraíba do sul(Rio de Janeiro,Brasil)**.Tese de Doutorado em Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

NEL, 2011. **Estocagem de carbono, nitrogênio e fósforo nos reservatórios da light energia**.Relatório Técnico 2 Agosto de 2011.Núcleo de Estudos Limnológicos. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

NUSCH, E.A.; PALME, G. 1975. Biologische methoden für die praxis der gewässeruntersuchung. Bestimmung des chlorophyll a und phaeopigmentgehaltes in oberflächenwasser. **Gwf-Wasser/Abwasser** ,v.116p.562-565.

PAULI, H.R. 1989. A new method to estimate individual dry weights of rotifers. **Hydrobiol.**v.186/187, p. 355-361.

PIRLOT, S.;VANDERHEYDEN, J.; DESCY, J.P.; SERVAIS, P. 2005. Abundance and biomass of heterotrophic microorganisms in lake Tanganyika. **Freshw. Biol.** v.50, p.1219–1232.

POMEROY, L. R. 1974. The oceans food web, a changing paradigm. **BioScience**, v. 24,p. 499-504.

RANGEL,L. M.;SILVA,L.H.S.;ROSA,P.;ROLAND,F.;HUSZAR,V.L.M. 2012. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical hydroelectric reservoirs. **Hydrobiologia** ,v.693, p. 13-28

RAYMONT, J. E. G. 1983. Plankton and productivity in the oceans – Zooplankton. v.2 2. ed., New York: Pergamon Press.

REYNOLDS, C. S. 2006. **Ecology of phytoplankton**. Cambrigde: Cambrigde University Press.



ROCHA, O.; MATSUMARA-TUNDISI, T. 1984. Biomass and production of *Argyrodiaptomus furcatus*, a tropical calanoid copepod in broa reservoir, southern Brazil. **Hydrobiol.** v.113, p. 307-311.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHE, K. F. ; RIETZLER, A. C. 1999. Ecological theory applied to reservoir zooplankton. *in*: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. S. **Theoretical reservoir ecology and its application.** São Carlos, Iie - International Institute of Ecology. p.457-476.

ROCHA, O.; DUNCAN, A. 1985. The relationship between cell carbon and cell volume in freshwater algal species used in zooplanktonic studies. **J. Plankton Res.** v.7, p. 279–294.

ROCHA O.; SENDACZ, S.;MATSUMURA-TUNDISI, T. 1995. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: J.G . Tundisi;, C.E.M., Bicudo; Matsumura-Tundisi(Eds.)**Limnology in Brazil.** Rio de Janeiro ABC/SBL.

ROSA, P.G. 2008. **Comunidade zooplanctônica de cinco reservatórios tropicais do sistema Furnas S.A. (Brasil): abundância e biomassa em carbono.** (Juiz de Fora, MG). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1977. Suggestions for biomass calculation of planktonic rotifers. **Arch. Hydrobiol. Beih/Ergebn. Limnol.** v. 8, p.71-76.

SANTOS, R. M.; MOREIRA, R. A.; ROCHA, O. 2013. Composição e Abundância do Zooplâncton em um córrego urbano. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista**, v. 9, n.3.

SCHIMID-ARAYA, J.M.; ZUÑIGA, L.R. 1992. Zooplankton community structure in two Chilean reservoirs. **Archiv Für Hydrobiologie**, v.123, n. 3, p. 305-335.

SCHMIDT, G. W. 1973. Primary production of phytoplankton in a tropical flood-plain lake Central Amazonia, Lago Castanho, Amazonas, Brazil. **Amazoniana**, v.4, p. 379-404.

SCHINDLER, D.W. 2006. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. **Limnol. Oceanogr.**v. 51, p. 356–363.

SEGRS, H. 1995. The Lecanidae (Monogononta). In: H. J. F., Dumont (Ed). **Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world.** Leiden, Backhuys Publishers.

SENDACZ, S. 1984. A study of the zooplankton community of Billings Reservoir, São Paulo. **Hydrobiologia**, v.113, p. 121-127.

SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. 2006. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.66, n.1B, p.337-350.

SILVA, L.S.; HUSZAR, V.L.M.; MARINHO, M. M.; RANGEL, L.M.; BRASIL, J.; DOMINGUES, C. D.; BRANCO, C.W.C.; ROLAND, F. 2014. Drivers of phytoplankton, bacterioplankton, and zooplankton carbon biomass in tropical hydroelectric reservoirs. **Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters**, v. 48, p. 1-10.

SOARES, M. C. S; Marinho M. M.; Azevedo, M. O. F. S; BRANCO, C.W.C; HUSZAR, V. L. M. 2012. Eutrophication and retention time affecting spatial heterogeneity in a tropical reservoir. **Limnologia**, v. 42, p.197-203.

TALLING, J. F.; WOOD, R. B.; PROSSER, M. V.; BAXTER, R. M. 1973. The upper limit of photosynthetic productivity by phytoplankton: evidence from Ethiopian soda Lakes. **Freshwat. Biol.**, v.3, p. 53-76.

TELESH, I.V.; RAHKOLA, M.; VILJANEN, M. 1998. Carbon content of some freshwater rotifers. **Hydrobiol.** v.387/388, p. 355-360.

THORNTON, K.W. 1990. Sedimentary processes. In: K.W. Thornton.; B.L.; F.E. Payne (Ed). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: J. Wiley & Sons, p.43-69.

TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology**, v. 50, n. 4, p. 937-955.

TUNDISI, J.G. 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: R. Henry (Eds). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fapesp e Fundbio. p.22, 23 e 27.

UEHLINGER, V. 1964. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.** v. 17, p. 121-123.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitative phytoplankton –Methodik. **Mitteilungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**. v. 9, p.1-38.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, S.G.; JAHNS, H. M. 1995. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press.

WANG, L.; CAI, Q.; XU, Y.; KONG, L.; TAN, L.; ZHANG, M. 2011. Weekly dynamics of phytoplankton functional groups under high water level fluctuations in a subtropical reservoir-bay. **Aquat. Ecol.** v. 45, p.197-212.

WETZEL, R. G. 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.24, p.6-24.

WETZEL, R. G. 2001. **Limnology - lake and river ecosystems**. Academic Press.

WORK, K.; HAVENS, K.; SHARFSTEIN, B.; EAST, T. 2005. How important is bacterial carbon to planktonic grazers in a turbid, subtropical lake? **J. Plankton Res.**, v.27,p. 357–372.

WETZEL, R. G. 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.24, p.6-24.