



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
PRÓ-REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA – PPGE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO - PPGE

IARA BEZERRA DE OLIVEIRA

**CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO
BACTERIOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA**

CAMPINA GRANDE, PB

SETEMBRO DE 2014

IARA BEZERRA DE OLIVEIRA

**CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO
BACTERIOPLÂNTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, junto a Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Luciana de Oliveira Vidal

CAMPINA GRANDE, PB
SETEMBRO DE 2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica.
Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

O48c Oliveira, Iara Bezerra de.
Controle da dinâmica Botton-up e Top-down do Bacterioplâncton em reservatórios de região semiárida [manuscrito] / Iara Bezerra de Oliveira. – 2014.
56p. : il.

Digitado
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2014.
“Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa”.
“Co-Orientação: Profa Dra Luciana de Oliveira Vidal, Universidade Federal de Juiz de Fora”.
1. Bactérias. 2. Fitoplâncton. 3. Zooplâncton. 4. Interações Tróficas. I. Título.

21. ed. CCD 577.7

IARA BEZERRA DE OLIVEIRA

**CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO
BACTERIOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA**

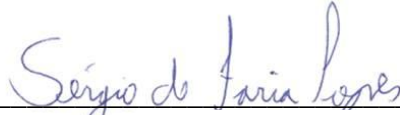
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, junto a Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 26/06/2014.

Comissão examinadora:



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
(Orientador – UEPB)



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
(Examinador interno – UEPB)



Prof. Dr. Luiz Sodré Neto
(Examinador externo - UFCG)

Dedico este trabalho a Sebastião Siqueira de Oliveira e Marlene Bezerra de Oliveira, por me amarem e dedicarem tudo que tinham para me tornar quem sou. E ao meu lindo e amado filho, a luz de minha vida, Gabriel, que torna todo o meu fardo muito mais leve e meus dias mais felizes.

Amo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade, por me amar e me iluminar mesmo quando não sou merecedora, está ao meu lado e me inspira nessa difícil jornada, mostrando o caminho de amor e luz.

Agradeço aos meus pais e familiares que sempre estiveram torcendo e vibrando com minhas vitórias e chorando com minhas derrotas.

Ao meu admirado orientador, professor Etham, que sempre esteve ao meu lado, desde o começo de minha vida acadêmica, me dando a oportunidade de ingressar no mundo da pesquisa e principalmente acreditando e incentivando quando muitos me viraram a cara. Admirado pelo seu respeito às pessoas e pela sua humildade. Sou muito grata e feliz por ter uma pessoa admirável ao meu lado que sempre posso contar. Jamais esqueci a frase (“Você vê em mim uma bolsa de iniciação científica e eu vejo em você um futuro doutor”), que me disse no primeiro contato.

A minha co-orientadora professora Luciana Vidal, pelo apoio, e por ter aberto as portas da UFJF para minha ida à Juiz de Fora, MG, onde fui muito bem recebida. Agradeço a ela pela paciência na orientação e pelos cuidados e preocupação.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Ecologia e Conservação, em especial a professora Thelma Dias e a professora Joseline Molozzi, coordenadoras do programa, que estiveram ao nosso lado, nos orientando e buscando o melhor para nosso desenvolvimento acadêmico.

Aos professores que contribuíram efetivamente em nossa formação através de aulas motivadoras que não só transmitiram o conhecimento, mas transmitiram amor, dedicação, humildade e paciência (em especial aos professores de fora, Marcos Callisto, Manoel Graça, Luiz Hepp e Fabiana Schneck que me marcaram com suas aulas de disponibilidade e humildade para com conosco).

Ao professor Luiz Sodré pela sua disponibilidade em contribuir para esta banca, um pesquisador admirável, que com certeza irá fazer grandes contribuições.

Ao professor Ênio Wocyli pela sua disponibilidade e contribuição para esta banca com seu vasto conhecimento ecológico.

Aos meus colegas do Leaq: Maria José (minha querida amiga Shakira), Dianne, Paulo, Evaldo, Morgana (minha confidente), Virginia, Carlinda, Lígia, Cíntia, Rafaela, Isabelly, Gustavo, Leandro, Raiane, Camila, Flávia, Jany e Rosa (estas duas que fazem parte dessa jornada desde o início), por todo o

companheirismo durante esse tempo. Aos meus queridos, que já fizeram parte desse círculo: Gil, Paty, Neto, Raquel, Eline, Alessandra, Aluska, Klívia, Gaby, Daniel, saudades!!!

A querida Danielle Jovem que se mostrou uma pessoa amável e disponível e que me ajudou bastante nessa etapa, muito Obrigada!!!

A minha querida irmã Iolanda, a qual amo, e agradeço pela amizade pela paciência e pelo meu lindo sobrinho, Davi, que é uma luz que amo muito!

Aos meus pais, Marlene e Sebastião, que são minhas vidas, só nós e Deus sabemos o quanto foi difícil essa jornada, mas obrigada por sempre estarem ao meu lado!

Ao meu lindo e amado Gabriel, o anjo que Deus me deu, que com seu sorriso lindo e inocente me faz acreditar que tudo vale a pena, pois é pensando nesse amor que luto e ultrapasso as barreiras do dia-a-dia, você é, e sempre será a grande motivação e inspiração de minha vida. Te amo, meu amorzinho!!!!

I presume that the numerous lower pelagic animals persist on the infusoria, which are known to abound in the open ocean: but on what, in the clear blue water, do these infusoria subsist?

(Charles Darwin)

RESUMO

Diversos são os fatores que influenciam a abundância e biomassa bacterioplanctônica e suas interações no plâncton, dentre eles, os componentes inorgânicos e orgânicos, além da competição com o fitoplâncton e a predação pelo zooplâncton. Desse modo, o objetivo geral desta dissertação é compreender a dinâmica do controle *top-down* e *bottom-up* na estrutura da comunidade bacterioplanctônica em ecossistemas aquáticos localizados na região semiárida. Para isso, foram analisados: i) o controle ascendente (*Bottom-up*) através dos nutrientes orgânicos e inorgânicos direcionadores da biomassa da comunidade bacterioplanctônica; ii) o controle por predação (*Top-down*) e a competição em reservatórios do semiárido através da relação entre as comunidades fitoplânctônica, bacterioplanctônica e zooplânctônica. A amostragem foi realizada nos reservatórios de Poções e Camalaú, ambos inseridos no alto curso do rio Paraíba, semiárido brasileiro. Foram realizadas coletas com intervalos quinzenais em dois períodos hidrológicos no ano de 2012: abril (período de menor volume hídrico) e junho (período de maior volume hídrico). Em cada reservatório as coletas ocorreram em duas estações: estação 1 - próxima à entrada do principal tributário (rio Paraíba) e estação 2 - próxima ao talude do reservatório e, em cada estação, foram coletadas amostras de água, para análises físicas e químicas e do bacterioplâncton, além da realização de medidas de produtividade primária do fitoplâncton. As amostras do zooplâncton foram coletadas pela filtragem de 25 litros de água, em rede de plâncton. O estado trófico é um fator importante para determinar a dinâmica e o controle da comunidade bacterioplanctônica em reservatórios da região semiárida, onde, em reservatórios considerados eutróficos, ocorre um controle do tipo combinado (*Bottom-up* e *Top-down*), enquanto em reservatórios com menor grau de trofia (Camalaú) quem determina a biomassa da comunidade bacteriana é o efeito *bottom-up*. O conjunto de dados mostra que existe uma correlação positiva entre a biomassa de bactérias livres e a concentração de fósforo total ($r^2=0,14$; $p<0,05$), nitrogênio total ($r^2=0,10$; $p<0,05$) e produção primária líquida ($r^2=0,14$; $p<0,05$) nos dois reservatórios estudados. Porém, para os reservatórios com menor grau de trofia a produção primária líquida apresenta uma forte correlação negativa ($r^2 = -0,54$; $p <0,05$). Os grupos zooplânctônicos, Rotífera e Cladocera, apresentaram uma forte correlação negativa com a biomassa do bacterioplâncton nos reservatórios da região semiárida ($r^2 = -0,45$; $p<0,05$). Podemos concluir que as relações entre as bactérias, fitoplâncton e zooplâncton são fortes nos sistemas tropicais, mas dependentes do tipo de ecossistema aquático e seu estado trófico. O fitoplâncton parece influenciar na dinâmica bacteriana através da excreção de carbono orgânico, e o zooplâncton através da

predação direta. Em geral, fatores locais como disponibilidade de carbono orgânico, nutrientes e presença de predadores são suficientes para determinar a estrutura da cadeia trófica microbiana em sistemas de região semiárida.

Palavras-chave: Bactérias. Fitoplâncton. Zooplâncton. Interações tróficas.

ABSTRACT

There are several factors that influence the abundance and biomass bacterioplankton and their interactions in the plankton, among them, the inorganic and organic components, apart from the competition with phytoplankton and zooplankton predation by. Thus, the overall goal of this dissertation is to understand the dynamics of top-down and *bottom-up* control in bacterioplankton community structure in aquatic ecosystems located in the semiarid region. To this, were examined: i) the upward control (*bottom-up*) via the drivers of organic and inorganic bacterioplankton community biomass nutrients; ii) control by predation (*top-down*) and the competition in the semi-arid reservoirs through the relationship between communities (phytoplankton, bacterioplankton, zooplankton). Data were collected in the reservoir Poções and Camalaú, both located on the upper course of river Paraíba, Brazil. With fortnightly collections were conducted in two hydrological periods in 2012: April (dry season in the region) and June (rainy season in the region). In each shell collections occurred at two stations: Station 1- near the entrance of the main tributary (river Paraíba) and Station 2- next to the embankment of the reservoir and, at each station, water samples were collected for physical and chemical analysis and bacterioplankton, besides the realization of measures of primary productivity of phytoplankton. Zooplankton samples were collected by filtering 25 liters of water, plankton net. The data set shows that there is a positive correlation between the biomass of bacteria free and total phosphorus concentration ($r^2=0,14$; $p < 0,05$), total nitrogen ($r^2 = 0,10$; $p < 0,05$) and net primary production ($r^2 = 0,14$; $p < 0,05$) in the studied reservoirs. However, for shells with lower trophic level showed a strong negative correlation ($r^2 = -0,54$; $p < 0,05$). The zooplankton groups, Rotifera and Cladocera showed a strong negative correlation with the biomass of bacterioplankton in the reservoirs of the semiarid region ($r^2 = -0,45$; $p < 0,05$). The trophic status is an important factor in determining the dynamics and control of bacterioplankton community in the semiarid region reservoirs factor, where in eutrophic reservoirs considered a contole of combined (*Bottom -up* and *Top -down*) while on vessels with lesser degree occurs trophic who determines the biomass of the bacterial community is the *bottom- up* effect. We can conclude that the relationship between bacteria, phytoplankton and zooplankton in tropical systems are strong, but dependent on the type of aquatic system and its trophic state. Phytoplankton influences on bacterial dynamics through excretion of organic carbon and zooplankton through direct predation. In general, local factors

such as availability of organic carbon, nutrients and presence of predators are sufficient to determine the structure of the microbial food web in the semiarid region systems.

Keywords: Bacteria. Phytoplankton. Zooplankton. Trophic interactions.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1 Ecologia do plâncton.....	15
1.2 Caracterização do bacterioplâncton.....	15
1.3 Bacterioplâncton na cadeia trófica.....	16
1.4 O Elo microbiano.....	17
1.5 Carbono.....	18
1.5 Biomassa.....	19
1.6 Interações planctônicas.....	19
1.7 Competição entre bacterioplâncton e fitoplâncton.....	21
1.8 Predação do bacterioplâncton pelo zooplâncton.....	22
2. OBJETIVOS	24
3. PERGUNTA E HIPÓTESE	25
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
5. CAPÍTULO I: CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO BACTERIOPLÂNTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA	32
6. REFERÊNCIAS	52

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: O Elo microbiano.....	18
Figura 2: Localização dos reservatórios Poções e Camalaú na bacia do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil. Localização das estações e zonas de amostragem e respectivos códigos (sendo: Lit 1= Litorânea na estação 1 e Lim 1 = limnética na estação 1; Lit 2 = Litorânea na estação 2 e Lim 2 = limnética na estação 2).....	37
Figura 3: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplanctônica e os IET1 (Índice de Carlson) ($R^2=0,20$) e IET2 (Índice da CETESB) ($R^2=0,15$) dos reservatórios em estudo.	44
Figura 4: Distribuição das amostras de biomassa do bacterioplâncton para os reservatórios de Camalaú e Poções no espaço bidimensional mediante escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). A partir das distâncias euclidianas com valor de stress igual a 0,12.....	44
Figura 5: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplanctônica e o fósforo total ($R^2=0,14$), nitrogênio total ($R^2=0,18$) e produção primária líquida ($R^2=0,14$), dos reservatórios em estudo.....	46
Figura 6: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplanctônica e fósforo total ($R^2=0,17$), nitrogênio total ($R^2=0,40$) e produção primária ($R^2= -0,54$) líquida do reservatório de Camalaú e fósforo total ($R^2=0,14$), nitrogênio total ($R^2=0,18$) e produção primária líquida ($R^2=0,16$) do reservatório de Poções.....	47
Figura 7: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplanctônica e a biomassa de Rotífera ($R^2= -0,45$) dos reservatórios em estudo.....	48
Figura 8: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplanctônica e a biomassa de Rotífera ($R^2= -0,18$) e Cladocera ($R^2= -0,10$) do reservatório de Camalaú e Rotífera ($R^2= -0,61$) e Cladocera ($R^2=0,25$) do reservatório de Poções.....	48
Tabela1: Variáveis abióticas com média e desvio padrão dos reservatórios de Camalaú e Poções nos períodos de Abril e Junho de 2012.....	42
Tabela 2: Resultados da análise PERMANOVA para biomassa bacterioplanctônica. Análise de variação entre reservatórios (Camalaú e Poções).....	43
Tabela 3: Valores de biomassa para o bacterioplâncton (BAC), os principais grupos zooplanctônicos: Rotífera (ROT), Cladocera (CLA) e Copepoda (COP) e os valores da produção primária líquida (PPL) dos reservatório de Poções e Camalaú, nos períodos de Abril e Junho de 2012.....	45

Tabela 4: Média e desvio padrão dos valores de biomassa para o bacterioplâncton, os Principais grupos zooplanctônicos: Rotífera, Cladocera e Copepoda e os valores da produção primária líquida do reservatório de Poções e Camalaú nos períodos de Abril e Junho de 2012.....46

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Ecologia do Plâncton

O plâncton foi descoberto por J. Johannes Muller no século XIV, ao filtrar água do mar através de uma fina rede de malha. As primeiras descobertas sobre o plâncton consideravam-no como sendo o conjunto de organismos que não dispõem de movimentos próprios capazes de se opor aos movimentos da água (ESTEVES, 1998). Sabe-se que o plâncton é constituído por uma comunidade de organismos com poder limitado de locomoção, sendo ou não transportado passivamente pelas correntes ou movimentos de água e pode ser classificado em diferentes critérios, como tamanho, habitat, tempo de permanência no ambiente pelágico e outros (PEREIRA e SOARES-GOMES, 2002). Uma das formas de se classificar o plâncton é pelo tamanho, sendo denominado de mesoplâncton (de 200 μm a 2.000 μm), microplâncton, entre 20 μm e 200 μm ; nanoplâncton, de 2,0 μm a 20 μm e Picoplâncton, entre 0,2 μm a 2,0 μm (DUSSART, 1965; SIEBURTH *et al.*, 1978).

A comunidade planctônica é constituída por fitoplâncton, bacterioplâncton, zooplâncton e protozooplâncton, entre outros (PEREIRA e GOMES-SOARES, 2002). A importância do plâncton é atribuída à produção primária pelo fitoplâncton, ao papel do zooplâncton, na ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (ESTEVES, 1998) e à atividade decompositora do bacterioplâncton (CORLISS, 2002). A importância das bactérias no fluxo energético na cadeia alimentar através do elo microbiano (AZAM *et al.*, 1983).

1.2 Caracterização do Bacterioplâncton

As bactérias são microrganismos procariontes encontrados nos mais diversos habitats da Terra, sendo numericamente abundantes nos sistemas aquáticos continentais e marinhos (ESTEVES, 1998). A definição de microrganismos é arbitrária, sendo empregada para caracterizar grupos de organismos que não são visíveis a olho nu. A maioria das células bacterianas possui o tamanho entre 0,2-2 μm (picoplâncton), porém algumas são menores que 0,2 μm (fentoplâncton) e outras conseguem chegar ao tamanho do nanoplâncton (2-20 μm). Apesar do pequeno tamanho, elas são amplamente diversas em sua morfologia, metabolismo, genética e função ecológica (SINGEE, 2005). Os microrganismos tem importante participação na manutenção dos processos biológicos e ecológicos, como fotossíntese, remineralização de matéria orgânica e ciclos biogeoquímicos (SHERR e SHERR, 1999).

Diversos fatores controlam a comunidade bacteriana nos sistemas aquáticos. A qualidade do substrato orgânico, por exemplo, atua diretamente no crescimento e na respiração bacteriana (DEL GIORGIO e COLE, 1998). Associado ao substrato orgânico, a disponibilidade de nutrientes inorgânicos também influencia no crescimento e nas interações do bacterioplâncton (CURRIE, 1990). A temperatura é outro fator que regula diretamente o metabolismo bacteriano, sendo que altas temperaturas estimulam o crescimento desta comunidade (WHITE *et al.*, 1991). Além destes, a predação por protozoários e metazoários (PACE *et al.*, 1990) a infecção viral (FUHRMAN, 1999) e a competição com o fitoplâncton tem influência sobre o desenvolvimento da comunidade bacteriana.

1.3 Bacterioplâncton na Cadeia Trófica

O conceito de cadeia trófica é um dos mais fundamentais em ecologia (ELTON, 1927). Contudo, o papel dos microrganismos dentro da organização trófica foi reconhecido inicialmente com o trabalho de Lindeman (1942), hoje, são conhecidos diferentes caminhos de participação bacteriana no ciclo do carbono e dos nutrientes: produção de biomassa (produção secundária), composição da cadeia trófica microbiana, decomposição e remineralização dos nutrientes.

Até a década de 1970, o componente microbiano raramente era incluído nos estudos ecológicos de ambientes aquáticos. Avanços tecnológicos e o desenvolvimento de novas metodologias contribuíram para que um novo enfoque sobre a participação de microrganismos dentro da cadeia alimentar fosse instituído. O fato mais significativo foi o estabelecimento da alça microbiana como parte da cadeia alimentar tradicional. Nesse processo as bactérias heterotróficas passaram a ser consideradas o elo da cadeia alimentar na transferência de carbono orgânico para níveis tróficos superiores, pois utilizam a matéria orgânica dissolvida como fonte de energia e carbono, que é então incorporado a biomassa bacteriana, posteriormente consumida por flagelados heterotróficos, os quais também se alimentam de microrganismos fototróficos de mesma classe de tamanho que as bactérias (0,3 a 1,0 μ m), como algumas cianobactérias. Flagelados autotróficos e heterotróficos são, por sua vez, predados por componentes do microzooplâncton e a transferência da matéria orgânica segue a cadeia alimentar clássica.

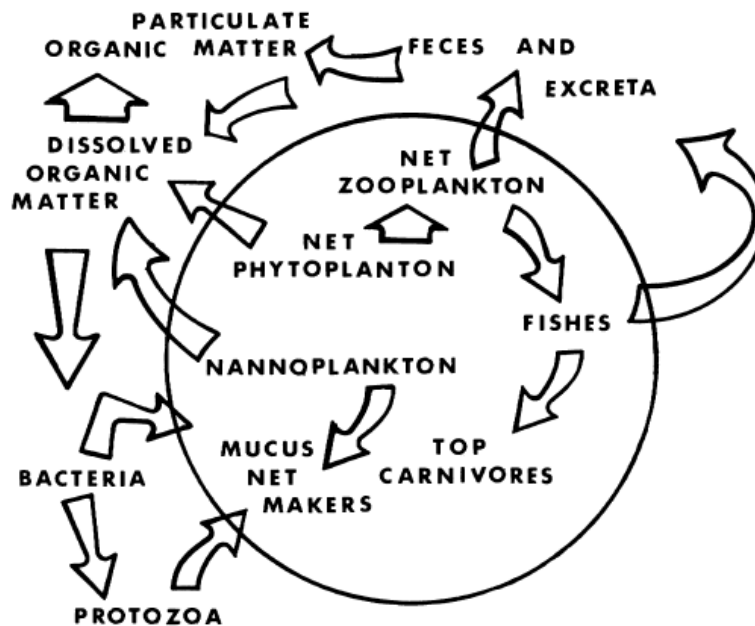
1.4 O Elo microbiano

A inclusão das bactérias na cadeia trófica microbiana foi primeiramente proposta por Pomeroy (1974) e, posteriormente, desenvolvida por Azam *et al.* (1983). Ambos propuseram a existência de múltiplos níveis tróficos (bactérias, flagelados e ciliados) na comunidade microbiana e delinearão importantes implicações para a cadeia trófica e os ciclos biogeoquímicos. Esta estrutura trófica foi denominada como alça microbiana (AZAM *et al.*, 1983) e enfatiza o papel das bactérias na absorção e recuperação da matéria orgânica dissolvida e na transferência para níveis superiores.

O elo microbiano estabelece que a reciclagem da matéria orgânica dissolvida, pelas bactérias, permite que o carbono potencialmente perdido seja reintroduzido na rede alimentar. Assim, o carbono orgânico dissolvido liberado pelo fitoplâncton é assimilado pelas bactérias e canalizado para níveis tróficos mais altos através, por exemplo, de flagelados bacterívoros (AZAM *et al.*, 1983). Estas importantes concepções levaram ao aprofundamento dos mecanismos funcionais envolvidos nas complexas redes alimentares microbianas.

A alça microbiana é considerada em muitos sistemas como o principal caminho para o fluxo de energia (WEISSE, 1989; CONTNER e BIDDANDA, 2002), mas em outros o papel desta via para a transferência trófica tem sido questionada. Tal fato deve-se a utilização da matéria orgânica terrestre (alóctone) como subsídio principalmente para a respiração bacteriana, sendo apenas uma pequena parte do carbono bacteriano transferido ao longo da cadeia trófica (COLE *et al.*, 2006) (Figura 1).

Figura 1: O Elo microbiano.



FONTE: POMEROY (1974:502)

1.5 Carbono

Estima-se que o total de carbono celular dos procariontes em todo globo terrestre seja de 3,5 a 5,5 x 10¹⁷ g, correspondendo a cerca de 60% do carbono estimado para plantas (WHITMAN *et al.*, 1998), o que mostra a importância dos microrganismos no ciclo e estoque deste elemento nos ecossistemas. A eficiência com que as bactérias convertem a matéria orgânica para a biomassa informa a quantidade de carbono que pode passar através delas para níveis tróficos superiores. Esta eficiência é resultado do balanço entre a produção e a respiração bacteriana, variando extremamente entre os sistemas aquáticos. Geralmente, uma fração muito pequena (< 30%) da matéria orgânica é convertida para biomassa bacteriana, considerando quase todas as fontes de carbono (DEL GIORGIO e COLE, 1998; AMADO *et al.*, 2013). Entretanto, quando considerado a matéria orgânica excretada pelo fitoplâncton os valores de eficiência bacteriana podem ser superiores a 50% (COLE *et al.*, 1988; DEL GIORGIO e COLE, 1998).

A produção bacteriana é subsidiada pela matéria orgânica dissolvida autóctone e alóctone. Todavia, as bactérias utilizam preferencialmente a matéria orgânica originada do fitoplâncton (autóctone) para produção de biomassa (KRITZBERG *et al.*, 2005). Tal fato ocorre porque as moléculas fixadas pelo fitoplâncton são menos refratárias do que aquelas

provenientes do ambiente terrestre (alóctone), ou seja, implicam em baixo custo energético. Consideram-se como moléculas refratárias aquelas mais complexas e de maior peso molecular, cuja decomposição é lenta; como moléculas semi-lábeis as que são remineralizadas em meses ou anos e, como moléculas lábeis as que retornam ao sistema em horas ou dias (CARLSON e DUCKLOW, 1995). Em alguns sistemas, moléculas refratárias, como as substâncias húmicas, podem ser importantes fontes de energia para as bactérias (AMADO *et al.*, 2006, VIDAL *et al.*, 2011), mas parte considerável do que é absorvido por elas é perdido na respiração microbiana (FARJALLA *et al.*, 2001).

1.6 Biomassa

A biomassa da existência permanente (expressa como peso seco total ou o teor calórico total dos organismos presentes em qualquer momento) que pode ser suportada numa cadeia alimentar por uma corrente de energia constante depende, em parte considerável, da dimensão dos organismos individuais. Quanto menores são os organismos, maior é o seu metabolismo por grama (ou por caloria) de biomassa. Em consequência quanto menor for o organismo, menor é a biomassa que pode ser suportada no ecossistema ao um dado nível trófico. Inversamente quanto maior for o organismo, tanto maior será a biomassa da existência do conjunto. Assim, o volume das bactérias presentes em qualquer momento será muito menor do que a existência de peixe ou de mamíferos, mesmo que seja a mesma utilização de energia por ambos os grupos. (ODUM, 2004). As bactérias planctônicas incorporaram matéria orgânica dissolvida a sua biomassa, que é consumida pela maior número de organismos de outros níveis tróficos, tais como protozoários, rotíferos e cladóceros. A estimativa da biomassa bacteriana é importante, a fim de avaliar o estoque de matéria e energia disponível através da comunidade bacteriana (MACCORD *et al.*, 2013).

1.7 Interação planctônicas

As interações planctônicas dirigem todo fluxo de energia dentro da cadeia trófica microbiana, sendo que o bacterioplâncton é o principal componente de muitas destas interações. A interação entre as bactérias e o fitoplâncton tornou-se foco de muitos estudos após a introdução do termo “fiosfera” (COLE, 1982). Análogo ao termo rizosfera em ambientes terrestres, ele considera o ambiente ao redor da alga em que outros microrganismos podem ser influenciados por produtos fitoplanctônicos. As bactérias utilizam

preferencialmente a matéria orgânica proveniente do fitoplâncton (KRITZBERG *et al.*, 2005), ocasionando uma positiva relação entre estas comunidades (COLE *et al.*, 1988; JEPPESEN *et al.*, 1997; SARMENTO *et al.*, 2008; ROLAND *et al.*, 2010). Esta relação pode ser influenciada pela entrada de carbono alóctone no sistema, competição por nutrientes (BRETT *et al.*, 1999) e predação.

Baseado em resultados de um simples modelo da cadeia trófica microbiana, Sanders *et al.* (1992) estabeleceram que em alguns sistemas a relação de predação é mais importante no controle da abundância bacteriana do que a limitação dos nutrientes. A comunidade microbiana envolve um arranjo de procariontes e eucariontes autotróficos, heterotróficos e mixotróficos que juntos compreendem a cadeia trófica microbiana (SHERR e SHERR, 2007). Águas mais quentes são caracterizadas pela dominância de zooplâncton pequeno e alta abundância de rotíferos, ciliados e nanoflagelados, o que ocasiona o aumento da predação sobre o bacterioplâncton (CRISMAN e BEAVER, 1990). Em alguns sistemas ciliados são extremamente abundantes e podem ser potenciais reguladores da comunidade bacteriana (ZINGEL *et al.*, 2006). O virioplâncton é um importante componente dos sistemas aquáticos e também interage com as bactérias, causando sua lise celular. Estima-se que entre 10 e 20% das bactérias heterotróficas podem sofrer lise celular diariamente nos sistemas aquáticos (CONTRELL e SUTTLE, 1995). Os vírus também influenciam o crescimento bacteriano através da liberação de carbono orgânico dissolvido, que ocorre durante o rompimento das células (FUHRMAN, 1999).

Além do carbono orgânico dissolvido, outros nutrientes como o nitrogênio e fósforo, têm se mostrado importantes como limitantes ao crescimento bacteriano, caracterizando um controle “*Bottom-Up*” (TZARAS e PICK, 1994; FARJALLA, 2001), enquanto que entre os mecanismos bióticos, destacam-se a predação e a infecção por vírus, ambos denominados como controle “*Top-Down*” (FELIP *et al.*, 1996). A competição entre as comunidades bacteriana e fitoplanctônica por nutrientes, controle lateral, é relatada como um fator importante na regulação do metabolismo bacteriano, já que o fitoplâncton é considerado como um importante assimilador de nutrientes (TOOLAN *et al.*, 1991), passando essas substâncias para níveis tróficos superiores da cadeia trófica, entretanto há relatos de dependência entre estas comunidades através da produção de carbono orgânico dissolvido liberado pelo fitoplâncton.

1.8 Competição entre bacterioplâncton e fitoplâncton

A competição com o fitoplâncton por nutrientes ajuda a controlar a comunidade bacteriana nos sistemas aquáticos. De maneira similar ao fitoplâncton, as bactérias utilizam nutrientes inorgânicos dissolvidos na água e sedimento para complementar os requerimentos nutricionais (COVENEY e WETZEL, 1988). Esse fato é mais evidente quando o substrato utilizado possui baixo valor nutritivo, como por exemplo, quando a fonte de carbono é formada por compostos refratários com elevada relação C:N (BEGON *et al.*, 1996). Assim, como as bactérias respondem aos mesmos fatores que o fitoplâncton, parte da relação entre as duas comunidades pode ser explicada por fatores independentes que covariam e que estimulam a atividade de ambas às comunidades.

Como mencionado anteriormente, a força de interação entre as bactérias e o fitoplâncton varia com a importância das fontes de carbono autóctone e alóctone, e com a disponibilidade de nutrientes nos sistemas. Relações fortes e positivas geralmente são encontradas em sistemas com alta produtividade, onde o carbono disponível para as bactérias é principalmente autóctone (DEL GIORGIO *et al.*, 1997), enquanto que relações fracas têm sido encontradas em sistemas menos produtivos.

Em sistemas com grande carga de material alóctone (DEL GIORGIO e PETERS, 1994; FINDLAY *et al.*, 1991), a matéria orgânica alóctone é uma fonte de energia alternativa para as bactérias que enfraquece a relação entre esta comunidade e o fitoplâncton e possibilita que a respiração bacteriana exceda a produção fitoplanctônica (KARLSSON *et al.*, 2002). Contudo, a relação positiva entre bactérias e fitoplâncton não é necessariamente resultado da dependência bacteriana pelo carbono fitoplanctônico. Além disso, em alguns sistemas, a grande carga de nutrientes (nitrogênio e fósforo) pode estimular o crescimento de ambas as comunidades (BRETT *et al.*, 1999; CURRIE, 1990), resultando em uma covariação de crescimento. Em ambientes caracterizados por baixas concentrações de nutrientes, as bactérias e o fitoplâncton podem competir, acarretando uma relação negativa entre eles (CARR *et al.*, 2005).

1.9 Predação do bacterioplâncton pelo zooplâncton

Além de fitoplâncton e zooplâncton, o bacterioplâncton constitui um dos principais componentes de comunidades planctônicas de água doce. Os estudos sobre as interações de bacterioplâncton com as outras componentes planctônicas inicialmente focadas na relação algas e bactérias (COLE, 1982), mas nos últimos anos tornou-se cada vez mais evidente que compreender o crescimento e atividade bacteriana em habitats aquáticos também requer o conhecimento de interações zooplâncton-bacterioplâncton. A influência mais direta do zooplâncton sobre as bactérias é certamente pastando elas. Como efeito, o pastoreio pode ser considerado como um dos predominantes fatores de perda para das populações bacterianas aquáticas. Na água do mar (SHERR e SHERR, 1984; FENCHEL, 1986), assim como em ambientes de água doce (BORAAS, 1986; GIIDE, 1986), a maioria das perdas deste pastoreio parecem ser devido à microprotozoa a invés do que o "clássico" crustáceo-zooplâncton. No entanto, pelo menos, em ambientes de água doce algumas espécies de crustáceos também devem ser consideradas como potenciais predadores de bactérias porque o aparelho de filtragem de certos Cladóceros demonstrou ser suficientemente fino para reter as bactérias (GELLER e MULLER, 1981; BRENDENBERGER, 1985; DEMOTT, 1985). Isto é confirmado por vários estudos de campo onde as perdas consideráveis bacterianas devido ao pastejo por Cladóceros (BORSHEIM e OLSEN, 1984; RIEMANN e BOSSELMANN, 1984; RIEMANN, 1985; BJORNSEN *et al.*, 1986). Além dessas interações diretas de pastagem, o zooplâncton pode influenciar indiretamente as bactérias especialmente pelo pastoreio de fitoplâncton. Isto deve ser esperado porque uma considerável quantidade de carbono das algas pode ser liberado para o meio ambiente durante a pastagem das algas, devido a "descuido" na alimentação, na excreção e na defecação (LAMPERT, 1978; OLSEN *et al.*, 1986). Contribuindo, assim, para um adicional fornecimento de carbono para as bactérias, assim, indiretamente podem estimular o crescimento bacteriano. No entanto, além de algumas indicações a partir de estudos de campo (RIEMANN *et al.*, 1986; SIMEK, 1986), ainda há pouco conhecimento sobre a verdadeira relevância desse processo para as populações bacterianas.

Os rotíferos são considerados organismos oportunistas, principalmente por causa de sua alta tolerância a mudanças em condições ambientais e sua alta taxa reprodutiva (ALLAN, 1976). Sua estratégia de alimentação consiste de filtragem de água e capturar a presa da coroa

de cílios. A seleção de presas sendo dependente do tamanho da partícula. Este tipo de alimentação pode ser classificado como generalistas ou especialistas (GILBERT e BOGDAN, 1984), dependendo da extensão na seleção de partículas alimentar. A seleção de partículas está relacionada, entre outros fatores, ao grande diversificação morfológica do aparelho bucal. (ARNDT, 1993) consideram que as bactérias, heterotróficos flagelados e pequenos ciliados constituem uma grande parte dos recursos alimentares que podem ser utilizados por rotíferos. Branco e Senna (1996) e Caleffi (1998) demonstraram a importância das bactérias e fitoplâncton como recurso alimentar para rotíferos em reservatórios. Também, o OmsWilms (1997) enfatizou a importância de bactérias como um recurso alimentar para rotíferos, e destacou a relação entre o tamanho das células e com as espécies de rotíferos que consumi-los. Assim, rotíferos desempenham um importante papel na transferência de energia nas cadeias tróficas e a reciclagem de nutrientes. As variações espaciais e sazonais na oferta de alimentos pode afetar a distribuição de rotíferos. (SANDERS *et al.*, 1989).

Dentro deste contexto, estudar a estrutura trófica e o papel das bactérias nos sistemas aquáticos tornou-se foco de muitos estudos após a introdução do conceito da alça microbiana (AZAM *et al.*, 1983, SHERR e SHERR, 2007). Sabe-se que o bacterioplâncton desempenha importantes funções no plâncton, principalmente, na ciclagem e estoque de carbono nos ecossistemas (DEL GIORGIO *et al.*, 1997), variando sua importância de acordo com a concentração de nutrientes, temperatura e qualidade da matéria orgânica. Contudo, a magnitude da contribuição bacteriana para transferência de energia ao longo da cadeia trófica é ainda incerta (COLE *et al.*, 2006). Além disso, a maior parte dos estudos sobre a ecologia do bacterioplâncton foi desenvolvida em sistemas temperados, nos quais se espera uma relevante influência da temperatura sobre esta comunidade (JEPPESEN *et al.*, 1997; APPLE *et al.*, 2008). Em ecossistemas tropicais, as elevadas temperaturas, associada à limitação por nutrientes e exposição à radiação são fatores que devem ser levados em consideração na explicação das baixas eficiências nos trópicos (AMADO *et al.*, 2013).

2. OBJETIVOS

Geral:

Compreender a dinâmica do controle *Top-down* e *Botton-up* na estrutura da comunidade bacterioplanctônica em ecossistemas aquáticos localizados na região semiárida.

Objetivos específicos:

- i) Relacionar os nutrientes orgânicos e inorgânicos direcionadores da biomassa da comunidade bacterioplantônica com o controle ascendente (*Botton-up*);
- ii) Compreender as relações entre as comunidades (fitoplâncton, bacterioplâncton, zooplâncton) com a predação (*Top-down*), em reservatórios do semiárido.

3. PERGUNTA E HIPÓTESE

Pergunta

i) A comunidade bacterioplânctonica em reservatórios de regiões semiáridas são direcionados pela dinâmica do controle *Top-Down* ou *Bottom-up*?

Hipótese:

Os nutrientes orgânicos e inorgânicos são determinantes para um controle ascendente (*Bottom-up*), enquanto que os predadores são responsáveis por um controle descendente (*Top-Down*) da comunidade bacterioplânctônica em reservatórios da região semiárida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J. D. Life history patterns in zooplankton. *The American Naturalist*. 110: p.165–181, 1976.
- AMADO, A. M. et al. Complementary pathways on dissolved organic carbon removal pathways in clear-water Amazonian ecosystems: photochemical degradation and bacterial uptake. *FEMS Microbiology Ecology*, v. 56, n.1, p. 8-7, 2006.
- AMADO, A. M. et al. Tropical freshwater ecosystems have lower bacterial growth efficiency than temperate ones. *Frontiers in Microbiology*, v. 4, p. 167, 2013.
- APPLE, J. K. Temperature, salinity, nutrients and covariation of bacterial production and chlorophyll-a in estuarine ecosystems. *Journal of Coastal Research*, v. 55, p. 59-75, 2008.
- ARNDT, H. Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) a review. *Hydrobiologia*. v. 255, p. 231–246, 1993.
- AZAM, F. et al. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecological Progress*, v. 10, p. 257-263, 1983.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C. R. *Ecologia: Indivíduos, Populações e Comunidades*. 3ª Ed. Blackwell Science, reino Unido: Oxford, 1996.
- BJORNSEN, P. K., J. P. et al. A field technique for the determination of zooplankton grazing on natural bacterioplankton. *Freshwater Biology* . v.16, p. 245 -253, 1986.
- BORAAS, M. E. Relationship between densities and sizes of phagotrophic microflagellates and cyanobacteria in Lake Michigan. *Int. Congr. Ecol., Syracuse, New York*, v. 10, p. 96, 1986.
- BORSHEIM, K. Y.; Y. OLSEN. Grazing activities by *Daphnia pulex* on natural populations of bacteria and algae. *Verh. Int. Ver. Limnol.* v. 22, p. 644-648, 1984.
- BRANCO, C. W. C.; P. A. C. SENNA. Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. *Hydrobiologia*. v. 337; p. 171–181, 1996.
- BRENDELBERGER, H. Filter mesh-size and retention efficiency for small particles: comparative studies with Cladocera. *Archiv für Hydrobiologie–Monographische Beiträge*. v. 21 p. 135-146, 1985.
- BRETT, M. et al. Nutrient control of bacterioplankton and phytoplankton dynamics. *Aquatic Ecology*, v. 33, p. 135-145, 1999.
- CALEFFI, S. Guarapiranga Reservoir: study of the zooplankton community and aspects of its eutrophication. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, Verhandlungen*. v. 26, p. 189–1903, 1988.
- CARLSON, C. A.; DUCKLOW, H. W. Growth of bacterioplankton and consumption of dissolved organic carbon in the Sargasso Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 10, p. 69-85, 1995.

- CARR, G. M.; MORIN, A.; CHAMBERS, P. A. Bacteria and algae in stream periphyton along a nutrient gradient. *Freshwater Biology*, v. 50, p. 1337-1350, 2005.
- COLE, J. J. et al. Differential support of lake food webs by three types of terrestrial organic carbon. *Ecology Letters*, v. 9, p. 558-568, 2006.
- COLE, J. J. Interactions between bacteria and algae in aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 13, p. 291-314, 1982.
- COLE, J. J.; FINDLAY, S.; PACE, M. L. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems - a cross-system overview. *Marine Ecological Progress*, v. 43, p. 1-10, 1988.
- CORLISS, J.O. Biodiversity and biocomplexity of the protists and an overview of their significant roles in maintenance of our biosphere. *Acta Protozoologica*, v.41, p.199-219, 2002.
- COTNER, J. B.; BIDDANDA, B. A. Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems. *Ecosystems*, v. 5, p. 105–121, 2002.
- COTTRELL, M. T.; SUTTLE, C. A. Dynamics of a lytic virus infecting the photosynthetic marine picoflagellate *Micromonas pusilla*. *Limnology and Oceanography*, v. 40, n. 4, p. 730-739, 1995.
- COVENEY, M. F.; R. G. WETZEL. Experimental evaluation of conversion factors for the ³H thymidine incorporation assay of bacterial secondary productivity. *Appl. Environ. Microbiol.* v. 54, p. 2018–2026, 1988.
- CRISMAN, T. L.; BEAVER, J. R. Applicability of planktonic biomanipulation for managing eutrophication in the subtropics. *Hydrobiologia*, v. 200, p. 177-185, 1990.
- CURRIE, D. J. Large-scale variability and interactions among phytoplankton, bacterioplankton, and phosphorus. *Limnology and Oceanography*, v. 35, p. 1437-1455, 1990.
- DEL GIORGIO, P. A.; COLE, J. J. Bacterial growth efficiency in natural aquatic systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 29, p. 503–541, 1998.
- DEL GIORGIO, P. A.; COLE, J. J.; CIMBLERIS, A. Respiration rates in bacteria exceed phytoplankton production in unproductive aquatic systems. *Nature*, v. 385, p. 148-151, 1997.
- DEL GIORGIO, P. A.; PETERS, R. H. Patterns in planktonic P:R ratios in lakes: Influence of lake trophic and dissolved organic carbon. *Limnology and Oceanography*, v. 39, n. 4, p. 772-787, 1994.
- DEMOTT, W. R. Relations between filter mesh-size, feeding mode, and capture efficiency for cladocerans feeding on ultrafine particles. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* v. 21, p.125–134, 1985.
- DUSSART, B.H. Les different categories de plancton. *Hydrobiologia*, v. 26, p.72-74, 1965.
- ELTON, C. S. *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, 1927.
- ESTEVEZ, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Interciência. 602p.
- FARJALLA, V. F. et al. Bacterial density and biomass, and relations with abiotic factors, in 14 coastal lagoons of Rio de Janeiro State. *Oecologia Brasiliensis*, v. 9, p. 65-76, 2001.

- FELIP, M. et al. Highly active microbial communities in the ice and snow cover of high mountain lakes. *Applied Environmental Microbiology*, v.61, p. 2394–2401, 1995.
- FENCHEL, T. The ecology of heterotrophic microflagellates. *Adv. in Microbial Ecol.* v. 9, p. 57-97, 1986.
- FINDLAY, S. et al. Weak-coupling of bacterial and algal production in a heterotrophic ecosystem - the Hudson River Estuary. *Limnology and Oceanography*, v. 36, p. 268-278, 1991.
- FUHRMAN, J. A. Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature*, v. 399, p. 541-548, 1999.
- GELLER, W.; MÜLLER H. The filtration apparatus of Cladocera: filter mesh-sizes and their implication on food selectivity. *Oecologia*. v. 49, p. 316–321, 1981.
- GILBERT, J. J.; K. G. BOGDAN. Rotifer grazing: in situ studies on selectivity and rates. In Meyers, D. G. & J. R. Strickler (eds), *Trophic Interactions Within Aquatic Ecosystems. AAAS Selected Symposium*. v. 85: 97–133, 1984.
- GIUDE, H. Loss processes influencing growth of planktonic bacterial populations in Lake Constance. *J. Plankton Res.* v. 8, p. 795- 810, 1986.
- JEPPESEN, E.; ERLANDSEN, M.; SONDERGAARD, M. Can simple empirical equations describe the seasonal dynamics of bacterioplankton in lakes: an eight-year study in shallow hypertrophic and biologically highly dynamic Lake Sobygaard, Denmark. *Microbial Ecology*, v. 34, p. 11-26, 1997.
- KARLSSON, J.; JANSSON, M.; JONSSON, A. Similar relationships between pelagic primary and bacterial production in clearwater and humic lakes. *Ecology*, v. 83, n. 10, p. 2902-2910, 2002.
- KRITZBERG, E. M. et al. Does autochthonous primary production drive variability in bacterial metabolism and growth efficiency in lakes dominated by terrestrial C inputs? *Aquatic Microbial Ecology*, v. 38, p. 103 - 111, 2005.
- LAMPERT, W. Release of dissolved organic carbon by grazing zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* v. 23, p. 195-218, 1978.
- LINDEMAN, R. L. The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecology*, v. 23, n. 4, 399-417, 1942.
- MACCORD F. et al. Regulation of bacterioplankton density and biomass in tropical shallow coastal lagoons. *Acta Limnologica Brasiliensia*. v.25, n. 3, p. 224-234, 2013.
- ODUM, E. P. *Fundamentos de Ecologia*. 6ª edição. Rio de Janeiro. Fundação Calouste Gulbenkian. 2004. 927p.
- OLSEN, Y.; VARUM M. M.; JENSEN A. Some characteristics of the carbon compounds released by *Daphnia*. *J. Plankton Res.* v. 8, p. 505-518, 1986.
- OOMSWILMS, A. L. Are bacteria an important food source for rotifers in eutrophic lakes? *Journal of Plankton Research*. v. 19, p. 1125–1141, 1997.

- PACE, M. L.; MCMANUS, G. B.; FINDLAY, S. E. G. Planktonic community structure determines the fate of bacterial production in a temperate lake. *Limnology and Oceanography*, v. 35, p. 795-808, 1990.
- PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A., 2002. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 382 p.
- POMEROY, L. R. The ocean food web a changing paradigm. *Bioscience*, v. 24, p. 499-504, 1974.
- RIEMANN, B. Potential importance of fish predation and zooplankton grazing on natural populations of freshwater bacteria. *Appl. Environm. Microbiol.* 50: 187-193, 1985.
- RIEMANN, B., N. O. G. et al. Zooplankton induced changes in dissolved free aminoacids and in production rates of freshwater bacteria. *Microbial Ecology*. v. 12, p. 247-258, 1986.
- RIEMANN, B.; S. BOSSELMANN. *Daphnia* grazing on natural populations of bacteria. *Verh. int. Ver. Limnol.* v. 22, p. 795-799, 1984.
- ROLAND, F. et al. Relationships between pelagic bacteria and phytoplankton abundances in contrasting tropical freshwaters. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 60, p. 261-272, 2010.
- SANDERS, R. W., K. G. et al. Seasonal patterns of activity by flagellates, ciliates, rotifers and cladocerans in a freshwater planktonic community. *Limnology and Oceanography* v. 34, p. 673-687, 1989.
- SANDERS, R. W.; CARON, D. A.; BERNINGER, U-G. Relationships between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and freshwaters: an inter-ecosystem comparison. *Marine Ecology Progress Series*, v. 86, n. 3, p.1-14, 1992.
- SARMENTO, H. et al. Abundance and distribution of picoplankton in tropical, oligotrophic Lake Kivu, eastern Africa. *Freshwater Biology*, v. 53, p. 756-771, 2008.
- SHERR, B.; SHERR E. B.; NEWELL S. Y. Abundance and productivity of heterotrophic nanoplankton in Georgia coastal waters. *J. of Plankton Res.* v. 6, p.195-202, 1984.
- SHERR, E., SHERR, B.. Understanding roles of microbes in marine pelagic food webs: a brief history. *Advances in Microbial Ecology of the Oceans*. p.1-24, 2007.
- SHERR, E.B.; SHERR, B.F. L-Glucosaminidase activity in marine microbes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 28, 111-119, 1999.
- SIEBURTH, J.McN.; SMETACEK V.; LENZ J. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.* v. 23 (6): p. 1256-1263, 1978.
- SIMEK, K. Bacterial activity in a reservoir determined by autoradiography and its relationships to phyto-and zooplankton. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* v. 71, p. 593-61, 1986.
- SINGEE, D. C. *Freshwater Microbiology*. Manchester: John Wiley e Sons, hichester, 2005.
- TOOLAN, T.; WEHR J. D.; FINDLAY S. Inorganic phosphorus stimulation of bacterioplankton production in a Meso-Eutrophic Lake. *Appl. Environ. Microb.* v. 57, p.2074-2078, 1991.

TZARAS, A.; PICK F. R. The relations between bacterial and heterotrophic flagellate abundance in oligotrophic to mesotrophic temperate lakes. *Mar.Microb. Food Webs.*, v.8, p. 347-355, 1994.

VIDAL, L. O. et al. Carbon and phosphorus regulating bacterial metabolism in oligotrophic boreal lakes. *Journal of Plankton Research*, v. 33, p. 1747-1756, 2011.

WEISSE, T. The microbial loop in the Red Sea: dynamics of pelagic bacteria and heterotrophic nanoflagellates. *Marine Ecological Progress Series*, v. 55, p. 241-250, 1989.

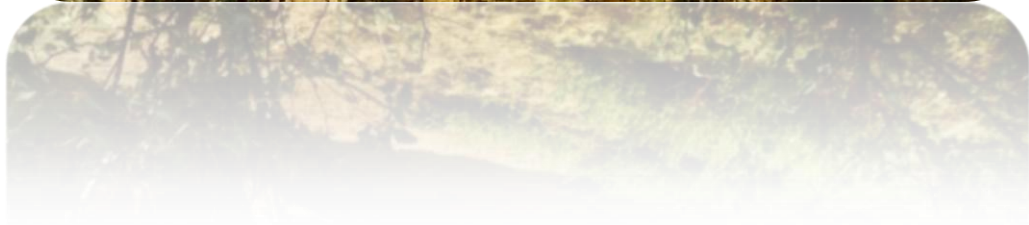
WHITE, P. A. et al. The effect of temperature and algal biomass on bacterial production and specific growth-rate in fresh-water and marine habitats. *Microbial Ecology*, v. 21, p. 99-118, 1991.

WHITMAN, W.B.; COLEMAN, D.C.; WIEBE, W.J. *Prokaryotes: The Unseen Majority*. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 95, p. 6578-6583, 1998.

ZINGEL, P. et al. Ciliates are dominant grazers on pico-and nanoplankton in a shallow, naturally highly eutrophic lake. *Microbial Ecology*, v. 53, p. 134-142, 2006.

CAPÍTULO:

**CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO
BACTERIOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – PPGEC

Manuscrito a ser submetido à Hydrobiologia

**CONTROLE DA DINÂMICA BOTTOM-UP E TOP-DOWN DO
BACTERIOPLÂNTON EM RESERVATÓRIOS DE REGIÃO SEMIÁRIDA**

OLIVEIRA, I. B. a*; VIDAL, L.O.b; AZEVÊDO, D.J.S. a; BARBOSA, J.E.L. c.

aPós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB – Brasil.

bDepartamento de Biologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil.

c. Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB – Brasil.

RESUMO

Os nutrientes, além da competição e da predação, são capazes de controlar a comunidade bacterioplânctônica, em ecossistemas aquáticos continentais. No entanto, pouco se sabe sobre o funcionamento e a dinâmica do controle dessa comunidade em ecossistemas aquáticos da região semiárida. Assim, buscamos compreender a importância do controle da dinâmica *bottom-up* e *top-down* para o bacterioplâncton, em ecossistemas do semiárido. Os dados foram coletados nos reservatórios de Camalaú e Poções, Paraíba, Brasil. A amostragem realizou-se em duas estações, a jusante e montante do reservatório. Os resultados mostram que o estado trófico é um fator importante para determinar a dinâmica e o controle da comunidade bacterioplânctônica em reservatórios da região semiárida. Nos reservatórios considerados eutróficos, ocorre um controle do tipo combinado (*Bottom-up* e *Top-down*), enquanto em reservatórios com menor grau de trofia quem determina a biomassa da comunidade bacteriana é o efeito *bottom-up*.

Palavras-chave: Estado trófico. Fitoplâncton. Zooplâncton. Nutrientes.

ABSTRACT

Nutrients, beyond competition and predation, are able to control the bacterioplankton community in freshwater ecosystems. However, little is known about the functioning and dynamics of that community control in aquatic ecosystems in semiarid region. Thus, we seek to understand the importance of the control of *bottom-up* and *top-down* dynamics for bacterioplankton in the Brazilian semi-arid tropical ecosystems. Data were collected in reservoirs Camalaú and Poções, Paraíba, Brazil. Sampling took place at two stations, upstream and downstream of the reservoir. The results show that the trophic status is an important factor to determine the dynamics and control of bacterioplankton community in the semiarid region reservoirs. Where considered eutrophic reservoirs, occur a control of combined (*Bottom-up and Top -down*) while reservoirs with lower trophic level that determines the biomass of the bacterial community is the *bottom-up* effect.

Keywords : Trophic state. Phytoplankton. Zooplankton. Nutrients

INTRODUÇÃO

O bacterioplâncton pode ser considerado como uma comunidade de grande importância na cadeia trófica por serem importantes produtores secundários de biomassa. As bactérias e protistas heterotróficos constituem o “elo microbiano”, que é um distinto e importante elemento da cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos (Azam et al., 1983). O elo microbiano estabelece que a reciclagem da matéria orgânica dissolvida, pelas bactérias, potencialmente perdido, seja reintroduzida na rede alimentar. Assim, o carbono orgânico dissolvido liberado pelo fitoplâncton é assimilado pelas bactérias e canalizado para níveis tróficos mais altos através, por exemplo, de flagelados bacterívoros (Azam et al., 1983). Além disso, muitas ligações diretas existem entre as algas, bactérias e outros microrganismos heterotróficos. Através destas numerosas vias, o carbono orgânico pode ser recuperado, muitas vezes em microrganismos de tamanhos maiores através do consumo destes por maior número de organismos (Azam et al., 1983).

As relações bióticas podem controlar a abundância das espécies e o desenvolvimento das comunidades (Libralato et al., 2006). Dentro de uma teia trófica este controle pode ocorrer de quatro maneiras: *top-down*, *bottom-up*, *wasp-waist* e controle combinado (Hunter & Price, 1992; Cury et al. 2000; Achá & Fontúrbel, 2003; Libralato et al., 2006). No controle *top-down* (de cima para baixo) os níveis tróficos mais altos determinam o tamanho efetivo dos níveis tróficos inferiores, através de efeitos diretos e indiretos das interações entre consumidores e recursos. Assim, a presença de carnívoros pode aumentar a produção primária ao controlar as populações de herbívoros. Este efeito indireto dentro de uma teia alimentar é conhecido como cascata trófica (Carpenter et al., 1985; Leibold et al., 1997; Pace et al., 1999; Persson 1999; Biggs et al., 2000; Power et al., 2000; Dyer & Letourneau, 2003; Moore et al., 2004). No controle *bottom-up* (de baixo para cima), é a base da teia alimentar (produtores ou detritos) que regula a produtividade e abundância dos níveis tróficos superiores. Dessa forma, o tamanho do nível trófico é determinado pela taxa de produção de seu alimento (Bundy & Pauly, 2001; Nielsen, 2001, Hunter, 2001; Bundy, 2004). Espécies de níveis tróficos intermediários podem desempenhar um controle denominado *wasp-waist*, em que alterações na sua abundância ocasionam efeitos em seus predadores e presas (Rice, 1995; Cury et al., 2000; Shannon et al., 2004; Hunt & McKinnell, 2006). Ainda, há comunidades que são determinadas por um controle combinado, ou seja, com influência tanto dos produtores como dos consumidores (Achá & Fontúrbel, 2003; Libralato et al., 2006).

A disponibilidade de nutrientes (“controle *Bottom-up*”) e a predação (“controle *Top-down*”) ou lise viral são os fatores importantes que regulamentam as comunidades bacterianas. Tradicionalmente, o carbono orgânico foi considerado o principal fator limitante do crescimento de espécies pelágicas de bactérias heterotróficas. No entanto, para estudos em ecossistemas tropicais e, tais comunidades têm mostrado que há também uma limitação da taxa de crescimento bacteriana por nutrientes (Farjalla et al. 2002; Vidal et al., 2011). Nesse sentido, a disponibilidade de substratos e o forrageio de predadores são duas forças importantes cuja interação altera a estrutura e função dessas comunidades (Corno & Jurgens, 2008). Pace & Cole (1994) e Thingstag & Lignell (1997) indicaram que o metabolismo bacteriano é principalmente afetado pelo suprimento de substratos, enquanto que os números bacterianos e a biomassa são controlados pelos predadores.

Estudos mostram que a densidade e biomassa bacteriana variam com os diferentes estados tróficos (Santos et al., 2012). Observa-se que há um aumento na densidade e biomassa bacteriana com o aumento do estado trófico do ambiente, podendo ser considerado uma resposta à disponibilidade de nutrientes do ecossistema. Neste cenário, Gasol et al. (2002) acrescentam que comunidades bacterianas são fortemente controladas pela pressão de predação (*top-down*) em ambientes oligotróficos, todavia, à medida que a produtividade aumenta, o controle *bottom-up* assume o papel na regulação da comunidade. Tal relação remete à evidência de *trade-off*, entre a resistência à predação e a habilidade competitiva, explicando tais padrões de interação (Hahn & Hofle, 2001).

Os reservatórios da região do semiárido nordestino apresentam altos valores de biomassa bacterioplancônica, isso alerta para a necessidade de um frequente monitoramento dos ecossistemas aquáticos na região, onde a qualidade da água é afetada pela ocorrência de seca. Comunidades ribeirinhas do semiárido nordestino sofrem com o problema da falta de água de rios e reservatórios da região, devido aos longos períodos anuais de seca (Sodré Neto, 2008). Nas regiões semiáridas e áridas ocorre forte contaminação de recursos hídricos e os corpos aquáticos superficiais encontram-se poluídos e eutrofizados. (Soares et al., 2001).

Compreender a dinâmica dessa comunidade bacteriana, e disponibilidade de recursos nesses ecossistemas podem fornecer elementos que ajudem no gerenciamento dos recursos hídricos, através da aplicação direta desse conhecimento associada a processos ou como subsídios na interpretação de resultados de simulações de ecossistemas com modelos ecológicos. Desse modo, o presente estudo tem como objetivo compreender quais fatores ecológicos controla a biomassa da comunidade bacteriana, levando em consideração a

dinâmica do controle *bottom-up* e *top-down*, além da importância do elo microbiano para ecossistemas do semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo corresponde a dois reservatórios (Poções e Camalaú) pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, numa área compreendida entre as latitudes 6°51'31'' e 8°26'21'' Sul e as longitudes 34°48'35'' e 37°2'15'' Oeste de Greenwich. O rio Paraíba é a segunda maior bacia do Estado da Paraíba, sendo composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e regiões do alto, médio e baixo curso do rio Paraíba (Paraíba, 2007).

O clima predominante na região, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geigero, é do tipo semiárido quente com estação seca atingindo um período que compreende de 9 a 10 meses e precipitações médias em torno de 400 mm ao ano. As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22°C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais de 28 a 31°C entre os meses de novembro e dezembro (AESAs, 2010).

O reservatório Poções é o primeiro a integrar a cascata de reservatório. A barragem do reservatório Poções está situada no riacho Mulungu, no município de Monteiro, aproximadamente 15 km a jusante da sede municipal. Localiza-se na sub-bacia do alto Paraíba (7°53'38"S e 37°0'30"W) e apresenta uma capacidade de acumulação de 29.657.210 m³, formando um espelho d'água de 773,41 ha drenando uma área de 656 km². A finalidade principal do reservatório é o aproveitamento do potencial hídrico para irrigação. Este reservatório apenas é utilizado para abastecimento desta cidade quando os níveis de acumulação de águas do reservatório Cordeiro (localizado na cidade do Congo) tornam-se críticos. São desenvolvidas atividades como irrigação, dessedentação de rebanhos e lazer. (AESAs, 2013).

O reservatório Camalaú está situado no município de Camalaú, no Cariri Ocidental (7°53'33.94''S e 36°50'39.16''W), localizado a 565 m de altitude, com capacidade máxima de acumulação de 48.107.240 m³ e possui um espelho d'água de 19.457.18 m² e apresentam como principal finalidade de uso o abastecimento e irrigação sendo também desenvolvidas atividades como irrigação, dessedentação de rebanhos e lazer (AESAs, 2013).

Estações e períodos de amostragem

As amostragens foram realizadas quinzenalmente, durante os meses de Abril (período de menor volume no reservatório) e Junho (período de maior volume no reservatório) do ano de 2012, em duas estações de coleta ao longo do eixo longitudinal de ambos os reservatórios, uma localizada na região próxima a entrada do principal tributário (rio Paraíba) e outra na região de barragem, próxima ao talude do reservatório, zona litorânea e zona limnética, respectivamente. Em cada estação amostral foram realizadas duas coletas (ponto 1 e 2) em dois pontos distintos e aleatórios. Na zona litorânea as coletas se deram na sub-superfície da água (± 30 cm da lâmina de água), e na zona limnética foram delimitadas três profundidades da coluna d'água: sub-superfície, 1% de incidência luminosa e zona afótica. As amostras de água para análises físicas, químicas e biológicas foram coletadas com auxílio de uma garrafa de Van Dorn (Figura 2).

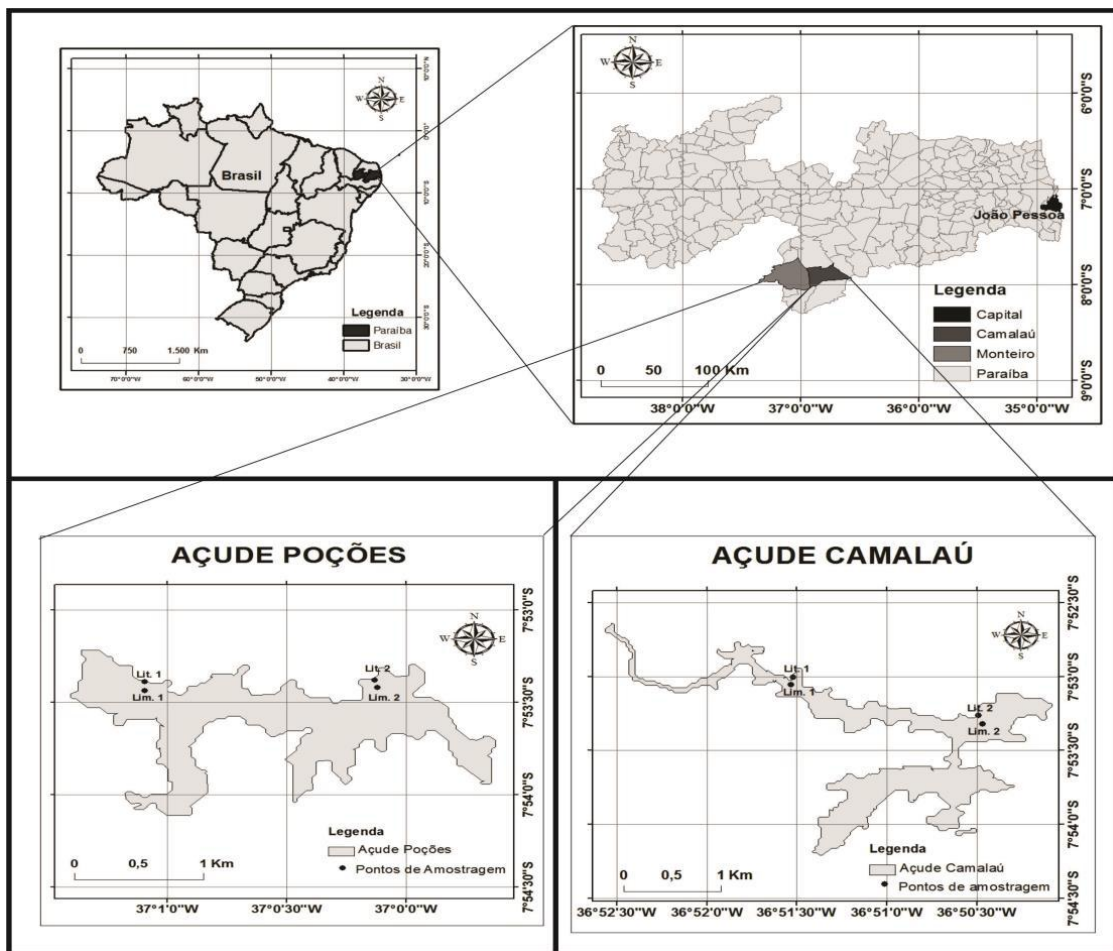


Figura 2: Localização dos reservatórios Poçoões e Camalaú na bacia do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil. Localização das estações e zonas de amostragem e respectivos códigos (sendo: Lit 1= Litorânea na estação 1 e Lim 1 = limnética na estação 1; Lit 2 = Litorânea na estação 2 e Lim 2 = limnética na estação 2).

Fatores físicos e químicos da água

As análises físicas da água foram realizadas *in situ*, utilizando o multi-analisador (Horiba/ U-50), onde foram medidas as seguintes variáveis: temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), percentual de saturação do oxigênio (%), sólidos totais dissolvidos (g/L), potencial de oxi-redox e salinidade (ppm). A transparência da água foi estimada pela extinção do disco de Secchi e a zona eufótica foi calculada como 2,7 vezes a transparência da água. As amostras de água foram coletadas nas zonas litorâneas e limnética e conduzidas a laboratório onde foram realizadas as análises químicas da água: concentrações de fósforo total ($\mu\text{g/L}$); fosfato solúvel reativo ($\mu\text{g/L}$); nitrogênio total ($\mu\text{g/L}$); íon amônio ($\mu\text{g/L}$), nitrato ($\mu\text{g/L}$) e nitrito ($\mu\text{g/L}$), foram determinadas de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater” (APHA, 1992) e a concentração da clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$) através da extração do pigmento em acetona 90% (Lorenzen, 1967) .

Produção primária fitoplanctônica

A produtividade primária do fitoplâncton foi estimada com base na técnica dos frascos claros e escuros (Gaarder & Gran, 1927) e determinação do oxigênio dissolvido de acordo com os procedimentos descritos por Winkler (1888), o período de incubação compreendeu cerca de 3h (com realização do experimento entre 09-12:00h). Na zona litorânea os frascos foram dispostos a 30 cm de profundidade, enquanto na zona limnética, os frascos foram dispostos em profundidade de acordo como a incidência luminosa na coluna d’água. A estimativa da produtividade foi calculada com base em equações propostas por Vollenweider (1974) modificadas por Roland et al. (2005).

$$(1) \text{ PPL } (\text{mgC}/ \text{m}^3/ \text{h}^{-1}) = (\text{FC}-\text{FR} \times 375,36)/ \text{TI}$$

$$(2) \text{ PPB } (\text{mgC}/ \text{m}^3/ \text{h}^{-1}) = (\text{FC}-\text{FE} \times 375,36)/ \text{TI}$$

$$(3) \text{ RC}(\text{mgC}/ \text{m}^3/ \text{h}^{-1}) = (\text{FR}-\text{FE} \times 375,36)/ \text{TI}$$

Onde:

FC= concentração de oxigênio após período de incubação, sem impedimento da luz para a produção (frasco claro).

FE= concentração de oxigênio após período de incubação, com impedimento da luz para a produção (frasco escuro).

FR= concentração de oxigênio antes do período de incubação (frasco de referência).

RC= concentração do oxigênio atual (estimativa da respiração das comunidades).

375,36= constante correspondente à conversão do oxigênio em carbono.

TI= Tempo de incubação.

Bacterioplâncton

A comunidade bacteriana foi avaliada pela densidade e biomassa através contagem direta em microscopia de epifluorescência (Olympus BX60) a partir de amostras fixadas com formal a 5% de concentração final. As células foram coradas com o fluorocromo DAPI (Porter & Feig, 1980) e as densidades foram transformadas em biomassa de acordo com Massana et al. (1997), através de analisador de imagem acoplado ao microscópio.

Zooplâncton

As amostras da comunidade zooplanctônica foram obtidas a partir da filtragem em rede de plâncton com malha de 68 μ m, de um volume correspondente a 25L de água coletados com auxílio de Garrafa de van Dorn em todos os sites de amostragem. As alíquotas foram fixadas com formol a 4% glicosado. Os indivíduos foram identificados ao menor nível taxonômico possível (Ruttner-Kolisko, 1974; Koste, 1978; Reid, 1985; Elmoor-Loureiro, 1997) e contados em lâmina de Sedgwick-Rafter (capacidade de 1 mL) até que o coeficiente de variação das espécies mais abundantes seja inferior a 20%. Para estimar a biomassa de microcrustáceos (copépodos e cladóceros), quando possível, 30 indivíduos das espécies mais abundantes foram medidos aleatoriamente e, posteriormente, calculada a estimativa usando regressões relacionando peso seco e comprimento corporal (Bottrell et al., 1976). Para rotíferos, fórmulas geométricas aproximadas foram utilizadas para estimar o biovolume (Ruttner-Kolisko, 1977; Pinto-Coelho, 2004). O peso fresco de cada indivíduo foi estimado a partir do biovolume, assumindo que 106 μ m³ corresponde a 1 μ g de peso fresco e o peso seco estimado como sendo 10% do peso úmido (Pace & Orcutt, 1981).

Índice de Estado Trófico

A classificação do estado trófico (IET1) foi obtida a partir do índice proposto por Carlson (1977), modificado por Toledo et al. (1983), e a IET2 pelo índice proposto pela Sociedade Brasileira de Agência de Tecnologia Ambiental (CETESB, 2000). Cada um desses índices inclui subíndices, a partir do qual obtemos um valor final para a classificação do estado trófico.

IET1 é calculado como mostra a seguir (eq.1):

$$IET1 = IET(S) + 2 \times [IET(PT) + IET(PO_4) + IET(Cla)/7] \quad (\text{eq.1})$$

Abaixo segue as equações para os sub-índices:

$$IET(S) = 10 \times (6 - (0.64 + \ln S)/\ln 2) \quad (\text{eq. 2})$$

$$IET(PT) = 10 \times (6 - (\ln(80.32/PT)/\ln 2)) \quad (\text{eq. 3})$$

$$IET(PO_4) = 10 \times (6 - (\ln(21.67/PO_4)/\ln 2)) \quad (\text{eq.4})$$

$$IET(Cla) = 10 \times (6 - (2.04 - 0.695 \ln Cla)/\ln 2) \quad (\text{eq. 5})$$

IET2 é calculado como mostra a seguir:

$$IET2 = [IET(PT) + IET(Cla)]/2 \quad (\text{eq. 6})$$

Abaixo segue as equações para os sub-índices:

$$IET(PT) = 10 \times (6 - ((1.77 - 0.42) \times \ln(PT)/\ln 2)) \quad (\text{eq. 7})$$

$$IET(Cla) = 10 \times (6 - (0.92 - 0.34) \times \ln(Cla)/\ln 2) \quad (\text{eq. 8})$$

Onde: S: medida do disco de Secchi;

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

Cla: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

No IET1, os valores no intervalo 0-44 correspondem a ambientes oligotróficos, 44-54 , a mesotróficas ambientes e > 54 , para ambientes eutróficos. No IET2, os valores entre 0 e 23

correspondem aos ambientes ultraoligotróficos, 22-44 , para ambientes oligotróficos, 44-54 , mesotróficos, 54-74, para ambientes eutróficos e >74, para ambientes hipereutróficos e menos salinas.

Análise de dados

Todas as análises foram realizadas utilizando o software PRIMER+PERMANOVA 2006. A “Permutational Multivariate Analysis of Variance” (PERMANOVA) foi usada para detectar variações significativas nos padrões de distribuição da biomassa bacteriana entre sazonalidade, zonas, semanas, reservatórios e estações. Foram selecionados cinco fatores fixos: zona (dois níveis: litorânea e limnética); reservatório (dois níveis: Poções e Camalaú); estação (dois níveis: estação 1 e estação 2) e sazonalidade (dois níveis: cheia e seca). O grau de significância foi investigado a partir de 999 permutações com nível de significância com $\alpha \leq 0,05$. Os dados ambientais foram previamente transformados em $\log x + 1$ e os dados de biomassa em raiz quadrada. A Distribuição das amostras de biomassa do bacterioplâncton para os reservatórios foram realizadas no espaço bidimensional mediante “Non-metric Multidimensional Scaling” (nMDS), a partir das distâncias euclidianas. A biomassa da comunidade bacterioplanctônica foi avaliada por uma série de correlações bivariadas entre fatores abióticos e biológicos. Os dados foram plotados em gráficos de correlações bivariadas (Draftsman Plot) com o respectivo Coeficiente de Determinação (r^2). Foi adotado o nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

Caracterização Limnológica

O ano de 2012 para região, no que diz respeito ao índice pluviométrico, foi considerado atípico, caracterizado por um índice pluviométrico menor que o normal, o que provocou anomalias na distribuição de chuvas da região. Durante os períodos de coleta os índices pluviométricos foram diferenciados nas regiões onde estão situados os reservatórios. No mês de Abril para a região do reservatório Poções foram registrados volumes acumulados 5,6 mm e para a região do reservatório Camalaú não houve registro de chuvas. Durante o mês de Junho ocorreu os maiores índices pluviométricos, sendo 19,0 mm para a região do reservatório Poções e 15,3 mm para a região de Camalaú. Apesar dos maiores índices

pluviométricos terem ocorrido durante o mês de Junho, os maiores volumes nos reservatórios ocorreram durante o mês de Abril, sendo no reservatório Poções 12.657.210m³ (42,4% da capacidade máxima) e no reservatório Camalaú 23.894.517m³ (49,7% da capacidade máxima), enquanto que no mês de Junho os volumes passaram a 11.092.275m³ (37,2% da capacidade máxima) e 22.123.615m³ (46% da capacidade máxima), respectivamente (AESA, 2013).

Durante todo o período de estudo, as águas dos reservatórios foram consideradas alcalinas (8,29-9,47) e com elevados valores de temperatura (25,0-27,13 °C). O reservatório de Poções apresentou altos valores de turbidez (176,49 NTU), assim também como as concentrações de clorofila (128,23 mg/L) e fósforo total (273,27 mg/L). Altas concentrações de nitrogênio total (531,17-1.585,53 mg/L) foram encontrados em ambos os reservatórios.

Tabela1: Variáveis abióticas com média e desvio padrão dos reservatórios de Camalaú e Poções nos períodos de Abril e Junho de 2012.

Variáveis	CAMALAU		POÇÕES	
	Abril	Junho	Abril	Junho
Profundidade	3,85±2,98	2,73±1,83	2,94±1,71	2,73±1,83
Secchi (m)	1,18±0,52	1,34± 0,53	0,42±0,02	0,35±0,05
Temperatura(°C)	26,82±0,80	25,44±0,85	26,79±0,22	25,43±1,00
pH	8,69±0,39	9,07±0,45	8,97±0,12	9,20±0,12
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,72±0,01	0,75±0,02	1,03±0,01	1,02±0,08
Turbidez (NTU)	65,04±23,51	57,26±17,89	146,75±32,13	154,50±25,63
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,34±1,40	7,54±2,10	6,73±1,11	7,59±1,27
Salinidade (%)	0,04±0,01	0,04±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00
Clorofila-a	8,75±4,67	10,09±1,14	124,29±15,41	75,64±13,77
Fósforo total (µm/L)	42,38±16,60	149,91±19,88	212,51±113,73	243,28±9,31
Fósforo Solúvel Reativo (µm/L)	17,07±12,40	20,02±8,81	11,31±7,06	38,21±23,39
NitrogênioTotal (µm/L)	769,99±206,61	708,80±249,53	1569,32±132,27	1219,25±87,41
Íon Amônio (µm/L)	78,81±20,07	39,87±16,10	108,20±28,75	235,23±115,63
Nitrato (µm/L)	43,46±8,22	38,45±8,26	25,34±5,70	25,86±3,52
Nitrito (µm/L)	6,63±3,53	3,75±4,12	2,67±0,41	3,96±4,59
IET1	47,15±9,21	57,52±3,64	64,59±6,55	70,40±3,00
IET2	53,24±9,21	111,23±15,66	143,04±94,76	159,42±7,04

Através das análises de PERMANOVA (Tabela 2) foi possível verificar que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os reservatórios Camalaú e Poções. Não foram encontradas diferenças sazonais (seca, referente a abril de 2012 e cheia, junho de 2012) e espaciais significativas ($p > 0,05$) para biomassa do bacterioplâncton, entre as coletas realizadas (a cada 15 dias), entre as zonas amostradas, litorânea ou limnética (sub, 1% e máx.) e entre estações de amostragem (1 e 2).

Tabela 2: Resultados da análise PERMANOVA para biomassa bacterioplânctônica. Análise de variação entre reservatórios (Camalaú e Poções).

Fatores	DF	Pseudo- <i>f</i>	P(Perm)
Reservatório	1	12,374	0,003

Em relação à caracterização trófica, o IET1 mostrou que o reservatório Poções foi eutrófico em ambos os períodos de coleta. O reservatório Camalaú foi classificado como meso-eutrófico no período de maior volume hídrico, e como eutrófico no período de menor volume de água.

De acordo com o IET2, o reservatório Poções foi hipereutrófico ao longo do estudo, enquanto que o reservatório de Camalaú foi classificado como hipereutrófico apenas no período de maior volume de água. Este último reservatório foi classificada como meso-eutrófico durante o menor volume de água.

A relação entre a biomassa bacterioplânctônica e os IET mostram que há uma relação positiva, evidenciando que quanto maior o estado trófico do ecossistema maior será a biomassa de bactérias (Figura 3).

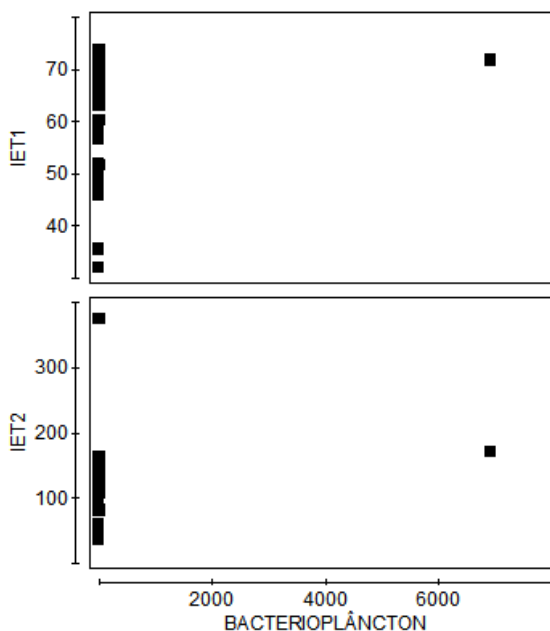


Figura 3: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplânctônica e os IET1 (Índice de Carlson) ($R^2=0,20$) e IET2 (Índice da CETESB) ($R^2=0,15$) dos reservatórios em estudo.

De acordo com a PERMANOVA há diferenças entre Camalaú e Poções no que diz respeito à biomassa do bacterioplâncton ($p < 0,05$). Portanto, o escalonamento multidimensional não-métrico mostra que houve um padrão evidente de ordenação das amostras em relação aos reservatórios com um valor de stress=0,12 (Figura 4).



Figura 4: Distribuição das amostras de biomassa do bacterioplâncton para os reservatórios de Camalaú e Poções no espaço bidimensional mediante escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS). A partir das distâncias euclidianas com valor de stress igual a 0,12.

Relações entre bacterioplâncton e os fatores direcionados do controle Top-down e Bottom-up

Os maiores valores de biomassa do Bacterioplâncton foram observados no reservatório de Poções no período de junho. Para a produção primária líquida o reservatório de Poções obteve valores bem superiores em relação ao reservatório de Camalaú (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de biomassa para o bacterioplâncton (BAC), os principais grupos zooplancônicos: Rotífera (ROT), Cladocera (CLA) e Copepoda (COP) e os valores da produção primária líquida (PPL) dos reservatório de Poções e Camalaú, nos períodos de Abril e Junho de 2012.

			BAC		PPL		CLA		COP		ROT		
Coleta	Zona	Ponto	Jun	Abr	Jun	Abr	Jun	Abr	Jun	Abr	Jun	Abr	
CAMALAU	1	lit	1	0.0091	0.0082	-12.1	100.1	24.40	4.64	213.35	2.34	1.40	5.93
			2	0.0094	0.0088	-263.2	38.7	53.31	6.54	357.38	0.00	3.13	6.74
	lim	1	0.0086	0.0086	-7.0	23.4	158.89	60.09	540.07	34.03	49.85	0.83	
		2	0.0086	0.0090	-35.0	-10.8	6.68	20.59	54.29	4.55	2.54	2.74	
	2	lit	1	0.0084	0.0088	61.9	-78.5	24.40	24.87	155.16	2.01	1.40	0.92
			2	0.0084	0.0098	-57.4	-54.6	12.30	0.00	109.30	0.00	1.31	0.00
lim	1	0.0081	0.0088	17.7	64.7	36.25	40.80	36.01	0.00	6.96	0.54		
	2	0.0092	0.0086	-11.5	111.4	20.99	17.34	52.01	0.00	2.58	2.57		
POÇÕES	1	lit	1	0.0092	0.0090	888.0	93.8	0.00	4.62	288.26	57.04	15.64	249.40
			2	0.0098	0.0098	305.9	181.4	0.00	0.00	151.29	49.05	54.03	79.50
		lim	1	0.0110	0.0100	34.7	-18.8	1.38	0.00	283.13	0.00	28.28	234.74
			2	0.0086	0.0104	1094.0	379.5	4.87	0.00	1335.0	0.00	174.69	74.10
	2	lit	1	0.0086	0.0104	1112.9	732.0	4.99	3.51	1832.9	0.00	177.60	15.83
			2	0.0100	0.0086	324.7	963.4	1.03	1.92	359.70	0.00	67.93	31.07
		lim	1	0.0094	0.0092	309.5	146.0	1.33	0.00	378.62	0.00	40.56	42.36
			2	0.0000	0.0086	390.0	156.4	1.38	0.00	276.00	0.00	48.00	23.76

Dentre os grupos zooplanctônicos estudados os que apresentaram maiores médias de biomassa, foram os Copepodas no período de junho para ambos os reservatórios estudados. O grupo dos Rotíferos apresentaram valores mais elevados para o reservatório de Poções, apresentando-se com um grupo bastante abundante em ambos os períodos (Tabela 4).

Tabela 4: Média e desvio padrão dos valores de biomassa para o bacterioplâncton, os principais grupos zooplanctônicos: Rotífera, Cladocera e Copepoda e os valores da produção primária líquida do reservatório de Poções e Camalaú nos períodos de Abril e Junho de 2012.

	CAMALAU		POÇÕES	
	Abril	Junho	Abril	Junho
BACTERIOPLÂNTON	0,0088±0,0005	0,0087±0,0004	0,0084±0,0034	0,0095± 0,0008
CLADOCERA	21,85±20,21	42,15±49,30	1,25±1,87	1,94±2,11
COPEPODA	5,36±11,69	189,69±177,28	60,58±130,73	641,58±662,54
ROTÍFERA	2,53±2,54	8,64±16,74	93,84±94,28	79,81±67,92
P. PRIMÁRIA	24,29±68,85	38,32±97,48	329,22±344,07	581,39±438,52

Foi observado correlação positiva entre a biomassa de bactérias livres e a concentração de fósforo total ($r^2=0,14$; $p<0,05$), nitrogênio total ($r^2=0,10$; $p<0,05$) e produção primária líquida ($r^2=0,14$; $p<0,05$) nos dois reservatórios estudados (Figura 5). Porém, quando analisados os dados correspondentes aos reservatórios Camalaú e Poções, separadamente, esta relação não se confirma para os dados de produção primária líquida que para o reservatório de

Camalaú apresenta uma forte correlação negativa ($r^2 = -0,54$; $p < 0,05$) (Figura 6). Dessa forma, a biomassa bacterioplânctônica dos reservatórios de Poções e Camalaú estão diretamente ligadas à disponibilidade de nutrientes no ecossistema.

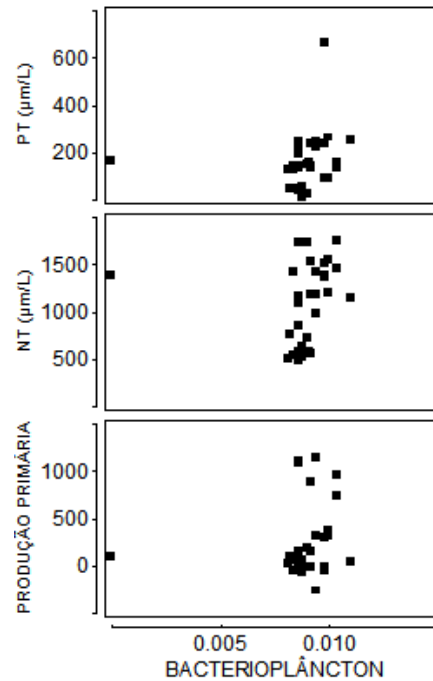


Figura 5: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplânctônica, fósforo total ($R^2=0,14$) nitrogênio total ($R^2=0,18$) e produção primária líquida ($R^2=0,14$), dos reservatórios em estudo.

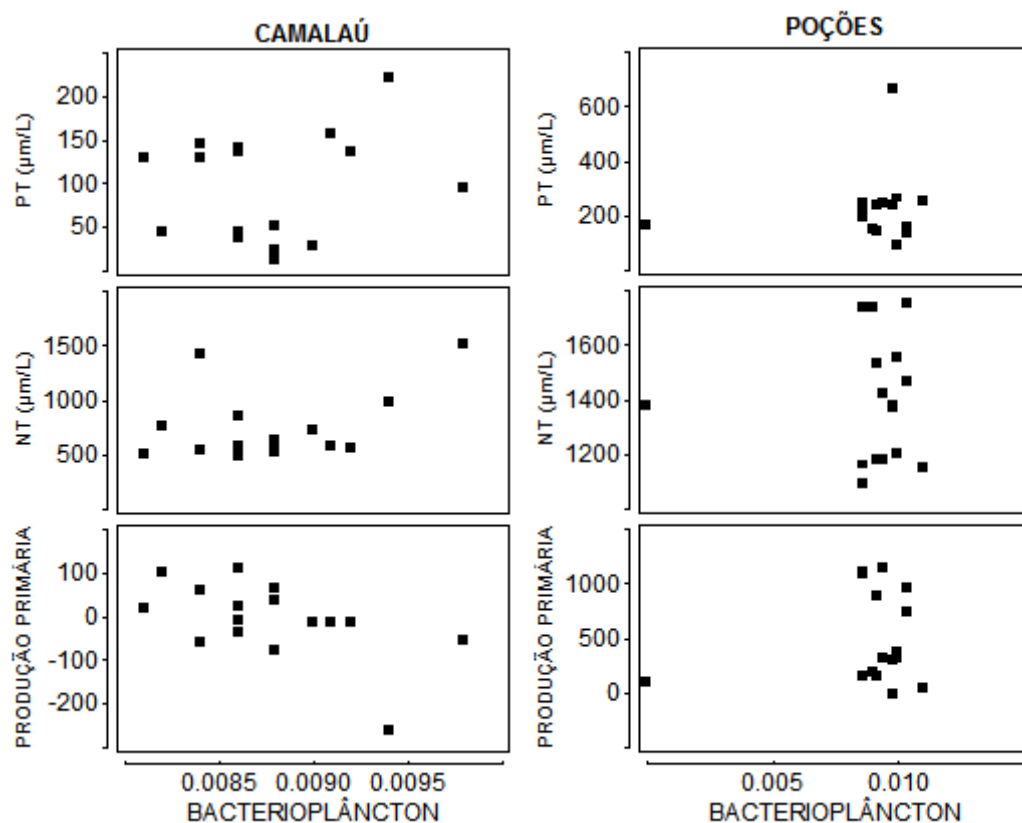


Figura 6: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplânctônica e fósforo total ($R^2=0,17$), nitrogênio total ($R^2=0,40$) e produção primária líquida do reservatório de Camalaú e fósforo total ($R^2=0,14$), nitrogênio total ($R^2=0,18$) e produção primária líquida ($R^2=0,16$) do reservatório de Poções.

Os grupos zooplânctônicos, Rotífera e Cladocera, apresentaram uma forte correlação negativa com a biomassa do bacterioplâncton quando ambos os reservatórios são considerados ($r^2 = -0,45$; $p < 0,05$) (Figura 7). O reservatório de Poções apresentou relação positiva significativa do bacterioplâncton apenas com o grupo zooplânctônico Cladocera ($r^2=0,25$; $p < 0,05$) (Figura 8). Outra relação importante foi a forte correlação negativa entre Rotífera e o bacterioplâncton para o reservatório de Poções ($r^2 = -0,61$; $p < 0,05$).

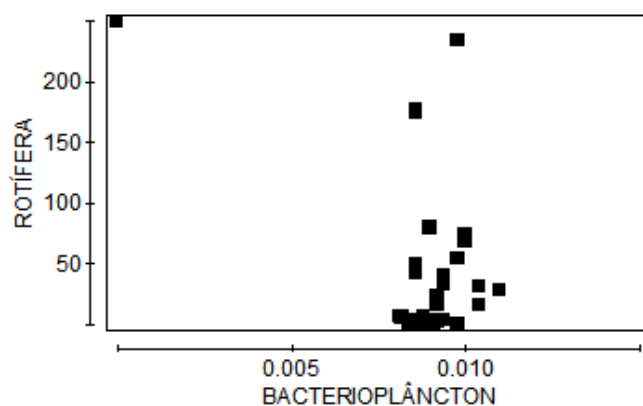


Figura 7: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplânctônica e a biomassa de Rotífera ($R^2 = -0,45$) dos reservatórios em estudo.

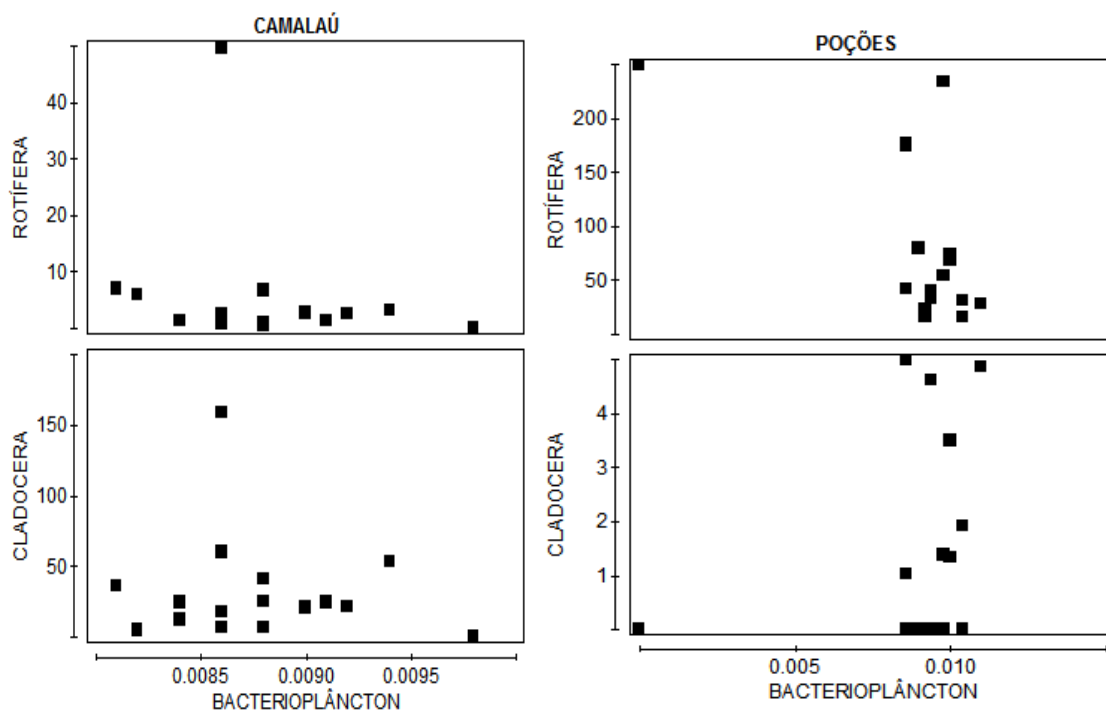


Figura 8: Draftsman Plot mostrando as correlações entre a biomassa bacterioplânctônica e a biomassa de Rotífera ($R^2 = -0,18$) e Cladocera ($R^2 = -0,10$) do reservatório de Camalaú e Rotífera ($R^2 = -0,61$) e Cladocera ($R^2 = 0,25$) do reservatório de Poções.

DISCUSSÃO

Diversos fatores controlam a comunidade bacteriana nos sistemas aquáticos. A qualidade do substrato orgânico, por exemplo, atua diretamente no crescimento e na respiração bacteriana (Del Giorgio & Cole, 1998). Associado ao substrato orgânico, a disponibilidade de nutrientes inorgânicos também influencia no crescimento e nas interações do bacterioplâncton (Currie, 1990). Os resultados do presente estudo mostraram que a biomassa da comunidade bacterioplânctônica apresentou diferenças significativas em relação

ao estado trófico dos ambientes estudados. Consequentemente, a densidade e biomassa da comunidade bacterioplânctônica no presente estudo, foram positivamente relacionadas com a classificação trófica dos reservatórios. Vários estudos indicam que, de maneira similar ao fitoplâncton, as bactérias utilizam nutrientes inorgânicos dissolvidos na água e sedimento para complementar os requerimentos nutricionais (Coveney & Wetzel, 1988; Wang et al., 1992). Esta relação é indicada pela relação positiva com os nutrientes dissolvidos, principalmente fósforo e nitrogênio (Carvalho et al., 2003; Palijan & Fuks, 2006).

O incremento no estado trófico do sistema com conseqüente aumento na concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo, permite que a comunidade bacteriana apresente aumento no crescimento e redução nos gastos energéticos de manutenção, resultando em aumento na eficiência na formação de biomassa.

Os reservatórios com menor grau de trofia (meso-eutrófico) apresentaram uma correlação positiva entre a biomassa bacterioplânctônica e nitrogênio total ($r^2=0,40$; $p<0,05$) e entre biomassa bacterioplânctônica e fósforo total ($r^2=0,17$; $p<0,05$). Por outro lado, a produção primária líquida obteve uma correlação negativa ($r^2= -0,54$; $p<0,05$) com as bactérias. Esta relação indica que a produção primária líquida, ou seja, a fonte de carbono autóctone, não contribui para o desenvolvimento da comunidade bacteriana, mas sim as fontes alóctones, fatores inorgânicos, como fósforo e nitrogênio. Estudos mostram que a força de interação entre as bactérias e o fitoplâncton varia com a importância das fontes de carbono autóctone e alóctone, e com a disponibilidade de nutrientes nos sistemas (Roland et al. 2010). Relações fortes e positivas geralmente são encontradas em sistemas com alta produtividade, onde o carbono disponível para as bactérias é principalmente autóctone (Del Giorgio et al., 1997, Roland et al. 2010), enquanto que relações fracas têm sido encontradas em sistemas menos produtivos. Em ambientes caracterizados por baixas concentrações de nutrientes, as bactérias e o fitoplâncton podem competir, acarretando uma relação negativa entre eles (Carr et al., 2005). A competição entre as comunidades bacteriana e fitoplanctônica por nutrientes, controle lateral, é relatada como um fator importante na regulação do metabolismo bacteriano, já que o fitoplâncton é considerado como um importante assimilador de nutrientes (Toolan et al., 1991).

Desse modo, para ecossistemas meso-eutróficos da região semiárida do Brasil, vemos que ocorre um efeito ascendente (*Bottom-up*), onde os nutrientes inorgânicos são quem determinam a biomassa da comunidade bacterioplânctônica. Reservatórios com menor carga de nutrientes possuem na sua composição fitoplanctônica a dominância de clorofíceas, assim,

as bactérias competem com o fitoplâncton por nutrientes inorgânicos como fósforo e nitrogênio, e acabam se sobressaindo, uma vez que, as cloríficas são fracas competidoras em relação aos demais grupos, como por exemplo, as cianofíceas, devido à presença de substâncias tóxicas.

Nos reservatórios considerados eutróficos (Poções) é possível observar que ocorre um controle na cadeia trófica de cima para baixo (*Top-down*), onde, o zooplâncton é quem exerce uma pressão sobre a comunidade bacterioplanctônica. Nesses reservatórios ocorre uma correlação negativa de rotíferas em relação à comunidade bacterioplanctônica ($r^2 = -0,61$; $p < 0,05$). No controle *top-down* (de cima para baixo) os níveis tróficos mais altos determinam o tamanho efetivo dos níveis tróficos inferiores, através de efeitos diretos e indiretos das interações entre consumidores e recursos. (Carpenter et al., 1985; Leibold et al., 1997; Pace et al., 1999; Persson 1999; Biggs et al., 2000; Power et al., 2000; Dyer & Letourneau, 2003; Moore et al., 2004).

Ao pastarem as bactérias os rotíferas “desviam” da cadeia trófica clássica, desse modo, o fluxo de energia na cadeia trófica segue uma rota alternativa, o elo microbiano. Estudos mostram que o elo microbiano é uma importante via de energia, especialmente em sistemas oligotróficos. Mas podemos constatar que o elo microbiano desempenha importante papel nos sistemas eutrofizados especialmente na região semiárida. A alça microbiana é considerada em muitos ecossistemas como o principal caminho para o fluxo de energia (Weisse, 1989, Contner & Biddanda 2002). O elo microbiano e sua efetiva contribuição se dão ao passo que o produto orgânico provindo do fitoplâncton serve de alimento para as bactérias, isso aumenta sua biomassa e por consequência aumenta os rotíferos que preferem se alimentar de bactérias, porque a composição fitoplanctônica apresenta maior abundância de cianobactérias, estas que são pouco lábeis, desse modo, quem sustenta a cadeia trófica em ecossistemas eutrofizados no trópico semiárido é o elo microbiano.

Em reservatórios eutrofizados a comunidade bacterioplanctônica responde de forma diferenciada, utilizando o carbono orgânico dissolvido, provindo do fitoplâncton, sendo está a principal via nutricional para as bactérias, pois, conforme aumenta a produção primária líquida aumenta a biomassa bacteriana ocorrendo uma correlação positiva ($r^2 = 0,16$; $p < 0,05$), evidenciando um controle *bottom-up*. No controle *bottom-up* (de baixo para cima), é a base de a teia alimentar (produtores ou detritos) que regula a produtividade e abundância dos níveis tróficos superiores. Dessa forma, o tamanho do nível trófico é determinado pela taxa de produção de seu alimento (Bundy & Pauly, 2001; Nielsen, 2001, Hunter, 2001; Bundy, 2004).

Observa-se ainda, em sistemas eutrofizados um controle *Top-down*, pois os rotíferas controlam a comunidade bacterioplanctônica. Os rotíferos são os principais organismos que se alimentam de bactérias além também dos cladoceros exerceram uma pressão sobre a comunidade bacteriana (Del Giorgio et al 1997). Os rotíferos foram o grupo mais representativo em abundância no reservatório de Poções, o que é normalmente encontrado em ambientes eutróficos (Attayde & Bozelli, 1998;. Sousa et al, 2008). Estes organismos apresentam grande plasticidade trófica, e entre os táxons de fitoplâncton, eles podem fazer uso de espécies Chlorophyta como recursos preferenciais, que são comuns em ambientes oligo e mesotróficos. No entanto, eles também tem alta capacidade de crescimento e reprodução quando se alimentam de Cyanobacteria, freqüente em ecossistemas eutróficos (Xi et al, 2002,. Claps et al., 2011). Os rotíferos apresentaram a maior abundância em relação aos demais grupos zooplanctônicos e por apresentarem menor redução de espécies, demonstra maior resistência a condições eutróficas. (Jeppesen et al., 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado trófico mostra-se como um fator importante no controle da biomassa bacteriana em reservatórios do semiárido, uma vez que, os reservatórios em estudo apresentaram diferenças significativas na biomassa bacteriana em relação a disponibilidade de nutrientes.

Para os reservatórios com altas cargas de nutrientes foi observado que a produção primária líquida apresentou uma correlação positiva com a biomassa bacterioplanctônica, ocorrendo um efeito do tipo *botton-up*. Isto se deve a composição fitoplanctônica em reservatórios eutróficos composto principalmente por cianobactérias, as quais são pouco palatáveis para o zooplâncton. Sendo assim ocorre uma contribuição desses organismos de forma indireta para o bacterioplâncton através do carbono orgânico liberado por estes. Por outro lado, a biomassa de rotíferas apresentou uma relação negativa com o bacterioplâncton, apontando assim, pressão de predação do zooplâncton capaz de determinar a biomassa bacterioplanctonica (*Top-down*). Desse modo, a comunidade bacterioplanctônica em reservatórios eutrofizados é determinada por um controle combinado, ou seja, com influência tanto dos produtores como dos consumidores (Achá & Fonturbel, 2003; Libralato et al., 2006). Diferentemente, os reservatórios do trópico semiárido brasileiro, com menor grau de trofia, meso-eutroficos, é obsevado grande influência dos nutrientes alóctones, como fósforo e

nitrogênio, que contribuem efetivamente para o desenvolvimento da comunidade bacteriana, ou seja, controle do tipo *botton-up*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achá, D. C. & F. R. Fontúrbel, 2003. La diversidad de una comunidade está controlada por top-down, bottom-up o una combinación de estos? La revista 13:1-15.

AESA, 2010, 2013. Comitê do Rio Paraíba. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

APHA, 1992. AWWA and WPCF. Standard methods for the examination of waster and waster-water. 18 ed. New York, APHA/AWWA/WPCF. 1193.

Attayde, J. L. & R. L. Bozelli, 1998. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 1789-1797.

Azam, F., T. Fenchel, J. G. Field, J. S. Gray, L. A. Meyerreil & F. Thingstad, 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. Marine Ecology Progress Series 10: 257–263.

Biggs, B. J. F., S. N. Francoeur, A. D. Huryn, Y. Roger, C. J. Arbuckle & C. R. Townsend, 2000. Trophic cascades in streams: effects of nutrient enrichment on autotrophic and consumer benthic communities under two different fish predation regimes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57:1380-1394.

Bottrell, H.H., A. Duncan, Z. M. Gliwicz, E. Grygierek, A. Herzig & A. Hillbricht-Ilkowska, 1976. A review of some problems in zooplankton production studies: Contribution from the Plankton Ecology Group (IBP). Norwegian Journal of Zoology 24: 419–456.

Bundy, A. & D. Pauly, 2001. Selective harvesting by small scale fisheries: Ecosystem analysis or San Miguel Bay Philippines. Fishseries Research 53:263-281.

Bundy, A., 2004. Mass balance models of the eastern Scotian Shelf before and after the cod collapse and other ecosystem. Aquatic Science 106: 110–127.

Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography. 22: 361-369.

Carpenter, S. R., J. F. Kitchell & J. R. Hodgson, 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. Bioscience 35:634-639.

Carr, G. M., A. Morin, P. A. Chamber. 2005. Bacteria and algae in stream periphyton along a nutrient gradient. Freshwater Biology 50: 1337-1350.

Carvalho P., S. M. Thomaz & L. M. Bini. 2003. Effects of water level, abiotic and biotic factors on bacterioplankton abundance in lagoons of a tropical floodplain (Paraná River, Brazil). *Hydrobiologia* 510: 67-74.

CETESB - Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo, 2000. Proposta de Índices de Qualidade de Água para o Estado de São Paulo. Coletânea de Textos da Cetesb.

Cotner, J. B., B. A. Biddanda, 2002. Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems. *Ecosystems* 5: 105–121.

Claps, M. C., N. A. Gabellone, & H. H. Benítez, 2011. Seasonal Changes in the Vertical Distribution of Rotifers in a Eutrophic Shallow Lake with Contrasting States of Clear and Turbid Water. *Zoological Studies* 50: 454-465.

Corno J. & Jurgens M., 2008. Structural and functional patterns of bacterial communities in response to protist predation along an experimental productivity gradient. *Environ. Microbiol.* 10: 2857–2871.

Coveney, M. F., R. G. Wetzel. 1988. Experimental evaluation of conversion factors for the ³H thymidine incorporation assay of bacterial secondary productivity. *Appl. Environmental Microbiology*. 54: 2018–2026.

Cury, P., A. Bakun, R. J. M. Crawford, A. Jarre & R. A. Quinones, 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in waspwaist” ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57(3):603.

Del Giorgio, P. A. & J. J. Cole, 1988. Bacterial growth efficiency in natural aquatic systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 503–541.

Del Giorgio, P. A., J. Cole., J. Cimbleris. 1997. A. Respiration rates in bacteria exceed phytoplankton production in unproductive aquatic systems. *Nature* 385: 148-151.

Dyer, L. A & D. Letourneau, 2003. Top-down and bottom-up diversity cascades in detrital vs. living food webs. *Ecology Letters* 6:60-68.

Elmoor-Loureiro, L.M.A. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Brasília: Universo. UCB.

Farjalla, V. F., B. M. Faria & F. A. ESTEVES, 2002. The relationship between DOC and planktonic bacteria in tropical coastal lagoons. *Archiv fur Hydrobiologie* 56: 97-119.

Gaarder, T. & H. H. Gran, 1927. Investigation of the Production of Plankton in the Oslo Fjord. *Journal of Conservation Institute Exploration Marine* 42: 1-48.

Gasol, J. M., C. Pedros-Alio & D. Vaque, 2002. Regulation of bacterial assemblages in oligotrophic plankton systems: results from experimental and empirical approaches. *AntonieVan Leeuwenhoek* 81: 435-452.

- Hahn, M. W. & M. G. Hofle, 2001. Grazing of protozoa and its effect on population of aquatic bacteria. *FEMS microbiol Ecology* 35: 113-121.
- Hunt, Jr. G. L. & S. McKinnell, 2006. Interplay between top-down, bottom-up and waspwaist control in marine ecosystems. *Progress in Oceanography* 68:115-124.
- Hunter, M. D & P. W. Price, 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73:724–32.
- Hunter, M. D., 2001. Multiple approaches to estimating the relative importance of topdown and bottom-up forces on insect populations: Experiments, life tables, and timeseries analysis. *Basic Appl. Ecol.* 2: 295–309.
- Jeppesen, E., J. P. Jensen, M. Søndergaard, T. Lauridsen & F. Landkildehus, 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology* 45: 201-213.
- Koste, W., 1978. Rotatoria: Die Rädertiere MittelEuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. *Überordnung Monogonta. 2.* Berlin, Gebrüder Borntraeger. 637p.
- Leibold, M. A., J. M. Chase, J. B. Shurin & A. L. Downing, 1997. Species turnover and the regulation of trophic structure. *Annu. Rev. Ecol.* 28:467-94.
- Libralato, S., V. Christensen & D. Pauly, 2006. A method for identifying keystone species in food web models. *Ecol. Model.* 195:153-171.
- Lorenzen ,C. J., 1967. Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments: Baja California. *Deep-Sea Res.* 14: 735-745.
- Massana, R., A. E. Murray, C. M. Preston, & E. D. Delong, 1997. Vertical distribution and phylogenetic characterization of marine planktonic Archaea in the Santa Barbara channel. *Appl Environ Microbiol* 63:50–56.
- Moore, J. C., E. L. Berlow, D. C. Coleman, P. C. de Ruiter, Q. Dong, A. Hastings, N. Collins Johnson, K. S. Mc Cann, K. Melville, P. J. Morin, K. Nadelhoffer, A. D. Rosemond, D. M. Post, J. L. Sabo, K. M. Scow, M. J. Vanni & D. Wall, 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecol. Lett.* 7:584-600.
- Nielsen, K. J., 2001. Bottom-up and top-down forces in tide pools: Test of a food chain model in an intertidal community. *Ecol. Monogr.* 71:187–217.
- Pace M.L. & J. J. Cole, 1994. Comparative and experimental approaches to top-down and bottom-up regulation of bacteria. *Microb. Ecol.* 28: 181–193.
- Pace, M. L., J. J. Cole, S. R. Carpenter & J. F. Kitchell, 1999. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 14:483-488.
- Pace, M.L. & D. Orcutt, 1981. The relative importance of protozoans, rotifers and crustaceans in freshwater zooplankton community. *Limnology and Oceanography*, 26: 822-

830.

Palijan G. & D. Fuks, 2006. Alternation of factors affecting bacterioplankton abundance in the Danube River floodplain (Kopac̃ki Rit, Croatia). *Hydrobiologia* 560: 405-415.

Paraíba. Secretaria de Planejamento. Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa, SEPLAN, p.144 , 2007.

Persson, L., 1999. Trophic cascades: abiding heterogeneity and the trophic level concept at the end of the road. *Oikos* 85:385–397.

Pinto-Coelho, R. M., 2004. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação da biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais. In: Bicudo, E. M.; Bicudo, D. de C. (Eds). *Amostragem em limnologia*. São Carlos: RiMa: 149-165.

Porter, K. & Y.S. Feig, 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography* 25: 943-948.

Power, M. E., 2000. What enables trophic cascades? Commentary on Polis *et al.* *Trends Ecol. Evol.* 15:443-444.

Reid. J.W., 1985. Chave de Identificação e lista de referência bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bolm. Zool. Univ. S. Paulo* 9: 17 – 143.

Rice, J., 1995. Food web theory, marine food webs, and what climate change may do tonorthern marine fish populations. In: Beamish, R.J. (Ed.), *Climate Change and Northern Fish Populations*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 121:561-568.

Roland, F., D. César, M. Marinho. 2005. *Lições de Limnologia*. São Carlos. RIMA.532p.

Roland, F., L. M. Lobão, L. O. Vidal, E. Jeppesen, R. Paranhos & V. L. M. Huszar, 2010. Relationships between pelagic bacteria and phytoplankton abundances in contrasting tropical freshwaters. *Aquatic Microbial Ecology* 60: 261-272.

Ruttner-Kolisko A., 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 8: 71-76.

Ruttner-Kolisko, A., 1974. *Plankton Rotifers. Biology and taxonomy (Monogononta)*. *Buchhandlung Stuttgart: Schweizerbart'sche verlags*, p. 1-146.

Santos, M. L. M. N., L. Sodré-Neto, I. A. S. Costa & M. F. F. Araújo, 2012. Bacterioplâncton e variáveis abióticas como indicadores de qualidade da água de viveiros de camarão em região tropical (Nordeste, Brasil). *Boletim do Instituto de Pesca*.

Shannon, L. J., J. G. Field & C. L. Moloney, 2004. Simulating anchovy-sardine regime shifts in the southern Benguela ecosystem. *Ecological Modelling* 172: 269-281.

Soares, N. S. C., B. S. O. Ceballos, E. M. Oliveira & A. Konig, 2001. Distribuição Espaço temporal de bacterias indicadoras de contaminação e vírus num riacho do Trópico Semi-Árido. In: 21 Congresso Brasileiro de Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: ABES 1: 1-10.

Sodré Neto, L. & M. F. F. Araujo, 2008. Spatial and temporal fluctuations in bacterioplankton and correlated abiotic variables in eutrophic environments of the Brazilian semi-arid region. *Acta Limnologica Brasiliensia* 20: 325-331.

Sousa, W., J. L. Attayde, E. D. S. Rocha & E. M. Eskinazi-Sant'Anna, 2008. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research* 30: 699-708. Thingstag T. F. & R. Lignell, 1997. Theoretical models for the control of bacterial growth rate, abundance, diversity and carbon demand. *Aquat. Microb. Ecol.* 13: 19-27.

Thingstag, T. F. & R. Lignell, 1997. Theoretical models for the control of bacterial growth rate, abundance, diversity and carbon deman. *Aquatic microbioly ecology* 13: 19-27.

Toolan, T., J. D. Wehrn & S. Findlay, 1991. Inorganic phosphorus stimulation of bacterioplankton production in a Meso-Eutrophic Lake. *Appl. Environ. Microb* 57: 2074-2078.

Vidal, L. O., W. Graneli, C. B. Daniel, L. Heiberg, & F. Roland, 2011. Carbon and phosphorus regulating bacterial metabolism in oligotrophic boreal lakes. *Journal of Plankton Research* 33: 1747-1756.

Vollenweider, R.A., 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Oxford: Blackweel Scientific Publications Osney mead 225p.

Weisse, T., 1989. The microbial loop in the Red Sea: dynamics of pelagic bacteria and heterotrophic nanoflagellates. *Marine Ecological Progress Series* 55:241-250.

Winkler, L. W., 1888. Die Bestimmung des im Wasser Gelösten Sauerstoffs. *Ber. Dtch Chemie Gestamenn* 21: 2843-2354.

Xi, Y. L., G. Y. Liu & H. J. Jin, 2002. Population growth, body size, and egg size of two different strains of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera) fed different algae. *J. Freshw. Ecol.* 17: 185-190.