



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**BIOMASSA E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA DE
CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) NO RIO
CURUÁ-UNA, PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

BRUNO SIMI

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO MARTINELLI FILHO(UFPA)

COORIENTADORA: MSc. BRENDA NATASHA SOUZA COSTA

BELÉM

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

**BIOMASSA E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA DE
CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) NO RIO
CURUÁ-UNA, PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

BRUNO SIMI

**Como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em
OCEANOGRAFIA**

Data de aprovação: 11/07/2019

Banca examinadora:

José E. Martinelli Filho

Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho – Orientador

Doutor em Oceanografia

Jussara Moretto Martinelli-Lemos

Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli-Lemos

Doutora em Ciências Biológicas

Alysson Leite

MSc. Alysson Antônio da Costa Leite

Mestre em Biodiversidade e Conservação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S588b Simi, Bruno
Biomassa e produção secundária de cladocera (crustacea:
branchiopoda) no rio curuá-una, Pará / Bruno Simi. — 2019.
vii,35 f. : il.
- Orientador(a): Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho
Coorientador(a): Profª. MSc. Brenda Natasha Souza Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de
Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do
Pará, Belém, 2019.
1. Reservatório. 2. Usina Hidrelétrica. 3. Zooplâncton. 4.
Amazônia. I. Título.

CDD 551.4607

DEDICATÓRIA

*Ao retrato do amor divino,
A mãe trabalhadora e cansada, com uma expressão grave e meiga.
Marcia do Socorro de Sousa Vasconcelos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao pai celestial pela permissão de cumprir minha missão nesse plano, aos orixás que regem as forças que iluminaram minhas ideias. Os guias, Tóia Mariana, José Tupinambá, Zé Raimundo, Barão de goré, Martin pescador, Rei das ervas, Exú Tranca rua, Exú Veludo, Zé Pilintra, e erês que trabalharam de forma incansável ao meu lado até este momento.

Agradeço à Dra Márcia que me vestiu, alimentou e é o maior exemplo de garra e perseverança. Meus irmãos Aldileuza, Augusto, Camille, Lucas, João Paulo, Ana Cristina, Ana Paula, José Dirceu e Ana Beatriz, Priscilla, avó Maria Helena, tias Rosa e Cristina, que sempre estiveram ao meu lado. Meu finado avô Benedito, meu tio padrinho Marcos e pai José Augusto que sempre tiveram bons conselhos e exemplos para somar na formação do meu caráter.

Agradeço toda a equipe docente da Faculdade de Oceanografia da Universidade Federal do Pará, em sua missão diária de formar novos oceanógrafos. Meus orientadores José Eduardo Martinelli Filho e Brenda Natasha Costa Souza, pela paciência e perseverança na realização deste trabalho. Assim como todos os meus colegas de laboratório que acompanharam essa trajetória.

Agradeço ao zelador Héltore Jardim pela profunda e sincera dedicação. Minha namorada, Luana Brito Negrão que sempre está disposta a ver o meu melhor e estar ao meu lado. Aos meus amigos Caroline Serrão Tamires Santos, Andrei Almeida Guerreiro, Lucas Assis, Lucas Meireles, Yara Ferreira Delmotte, Marília Vasconcelos Martins, Juliana Vasconcelos Martins, Vinícius Augusto Melo, Thomás Nei Soto Banha, Taynã de Lima Magalhães, Rachel de Freitas Pinheiro Pinto, Jade Rebeka Ramos, Haymee Ferreira e Thuareag Monteiro.

RESUMO

O zooplâncton de águas continentais apresenta alta capacidade de resposta frente a modificações ambientais devido ao dinamismo das comunidades, por reflexo das elevadas taxas de reprodução e perda. Um grande esforço em estudos de comunidades do zooplâncton tem sido realizado a fim de entender seu papel, uma vez que estão inseridos em diversos compartimentos da cadeia trófica. A densidade, biomassa e produção foram estimadas para compreender a importância dos cladóceros em ecossistemas continentais amazônicos. As coletas ocorreram durante o ano de 2015, nas estações de seca e de chuva, em oito pontos à montante e à jusante do reservatório da represa de Curuá-Una (Santarém, Pará). Amostras de plâncton foram coletadas através de arrastos verticais com malha de 60µm e fixadas em solução tamponada de formaldeído a 4%. Para as análises quantitativas, foram contadas em subamostras com o valor mínimo de 150 indivíduos. O cálculo da biomassa e produção secundária foi feito de forma indireta, através de equações de regressão da relação peso/comprimento disponíveis na literatura. Análises estatísticas uni- e multivariadas foram testadas para verificar a importância da sazonalidade, variação espacial e outras variáveis ambientais sobre a biomassa e produção de Cladocera. Um total de 19 táxons foram identificados. O período chuvoso teve as espécies *Bosmina hagmanni*, *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma birgei* e *Holopedium amazonicum* como dominantes. O período seco apresentou maiores densidades, tendo *Alona yara*, *Bosmina hagmanni*, *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma birgei* e *Moina micrura* como espécies dominantes. A densidade de Cladocera variou entre 0,07 org/m³ a 4972,69 org/m³ com média e desvio de 509,67 ± 1285,91 e apresentou correspondência com a profundidade, temperatura, concentração de clorofila-*a*, fósforo e oxigênio dissolvido enquanto a biomassa e produção secundária corresponderam com as mesmas variáveis, exceto pela concentração de fósforo. Foi observado que a comunidade de Cladocera provavelmente já está adaptada à presença do reservatório, uma vez que apenas *H. amazonicum* e *D. birgei* foram indicadores de diferenças na sazonalidade e entre os compartimentos do reservatório.

Palavras-chaves: Reservatório; Usina Hidrelétrica; Zooplâncton; Amazônia

ABSTRACT

Zooplankton from freshwater environments have a high adaptation capacity to environmental changes due to its fast Community dynamics as a consequence for the accelerated death and reproduction rates. A great effort on the study of zooplanktonic communities was carried to understand its important roles, since it is presented in different trophic compartments. Density, biomass and yield were estimated to understand the importance of cladocerans in Amazonian continental ecosystems in order to understand the importance of cladocerans in Amazonian aquatic ecosystems, several ecological variables were analyzed. Sampling was performed during 2015, at both dry and rainy seasons, at eight sampling stations distributed upstream and downstream the Curuá-Una reservoir, located at Santarém municipality, Pará state. Plankton samples were collected by vertical tows by 60 μm mesh net and preserved by a neutralized 4% formaldehyde solution. For the quantitative analysis, a minimum of 150 individuals were counted. Biomass and secondary production were indirectly calculated, through length/weight regressions available at the literature. Univariate and multivariate statistical analysis were performed in order to verify the importance of seasonality, sampling station location and other variables for the biomass and production of cladocerans. A total of 19 taxa were identified: the rainy period was dominated by *Bosmina hagmanni*, *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma birgei* and *Holopedium*, while the dry season was dominated by *Alona yara*, *Bosmina hagmanni*, *Bosminopsis deitersi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma birgei* and *Moina micrura*. Cladocerans density was between 0.1 and 4972.7 org/m³ with a mean of 509.7 ± 1285.9 org/m³ and was correlated with depth, temperature, concentrations of phosphorus, chlorophyll-*a*, dissolved oxygen while biomass and production were correlated with 4 variables. The cladoceran Community is probably already adapted to the reservoir and river compartmentation, since only *H. amazonicum* and *D. birgei* were considered ecological indicators of seasonality and compartmentation.

Keywords: Reservoir; Hydroelectric power plant; Zooplankton; Amazon.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------|----|
| DEDICATÓRIA..... | iv |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 2 |
| 2. OBJETIVO..... | 4 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 4 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 5 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 5 |
| 3.2 AMOSTRAGEM..... | 6 |
| 3.3 ANÁLISES LABORATORIAIS..... | 7 |
| 3.4 ZOOPLÂNCTON..... | 7 |
| 3.5 ESTATÍSTICA..... | 10 |
| 4. RESULTADOS..... | 10 |
| 4.1 PARÂMETROS ABIÓTICOS..... | 10 |
| 4.2 BIOMASSA E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA..... | 15 |
| 4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS..... | 17 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 24 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 26 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 27 |

1. INTRODUÇÃO

O zooplâncton é composto de metazoários e protistas heterotróficos de pequeno porte, variando geralmente entre 20 e 2.000 µm de comprimento e suas estratégias alimentares, reprodutivas e morfológicas são diversas (Pennak 1957, Santos *et al.* 2010). Quando em águas continentais, seus nichos ecológicos também são variados e de ampla distribuição no ecossistema aquático. A capacidade de adaptação, elevadas taxas reprodutivas e curto ciclo de vida, tem como resultado a alta variabilidade espacial e temporal nos ambientes (Allan 1976, Santos *et al.* 2010).

Um grande esforço em estudos dessas comunidades tem sido realizado visando entender o papel de determinados táxons, uma vez que estão inseridos em um importante componente da cadeia trófica desses ambientes (Melão, Rocha 2006). Microcrustáceos da superordem Cladocera são conhecidos como pulgas d'água, devido sua locomoção através de “saltos” na coluna d'água. Esses indivíduos representam um dos grupos mais característicos do plâncton de água doce. São abundantes em ambientes lênticos como lagos, reservatórios e viveiros e exercem importante papel na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (Esteves 2011).

Diversos inventários da composição de zooplâncton dos rios da Bacia Amazônica estão disponíveis. Os principais estudos estão voltados aos rios Amazonas e Negro (e.x. Robertson & Hardy 1984, Waichman *et al.* 2002). Em rios de água claras, como o Rio Xingu, também existe um relevante registro sobre zooplâncton nos rios Trombetas, Tapajós e Nhamundá (ex., Koste 1972, 1974 a, b, Bozelli 1994). Os estudos mais recentes sobre a composição zooplânctônica foram realizados no Rio Xingu: Brito *et al.* (2015), mostraram um *check-list* com as espécies zooplânctônicas, enquanto Matsumura-Tundisi *et al.* (2015), abordou a estrutura da comunidade. Ghidini & Santos-Silva (2009) estudaram a biomassa de quatro espécies no lago Tupé, no estado do Amazonas. Maia-Barbosa & Bozelli (2005) determinaram equações de regressão para obtenção do peso seco em 5 espécies de Cladocera do Lago Batata, Pará.

Estudos relacionados à biomassa e produção secundária contribuem para a compreensão da dinâmica trófica do ecossistema aquático, suas relações de equilíbrio e transferências de energia em populações naturais. São importantes também na dinâmica populacional e estudos da cadeia alimentar (Vijverberg 1989). A biomassa é a medida mais acurada e realista em relação à densidade em ambientes aquáticos, enquanto a

produção secundária reflete melhor a contribuição relativa do fluxo de energia de cada espécie na comunidade (Santos *et al.* 2010). Apesar da importância desses atributos para a ecologia dos sistemas aquáticos, a grande maioria dos trabalhos sobre zooplâncton de águas continentais abordam apenas a composição e estrutura das comunidades (Ghidini & Santos-Silva 2009).

Os Cladocera destacam-se como consumidores primários nas redes tróficas pelo hábito filtrador e de herbivoria, existindo também espécies atuantes em outras tramas tróficas como as bacterívoras (Nandini & Sarma 2005). São um importante componente do plâncton de ambientes límnicos, pois são responsáveis por cerca de 45 a 91% da produção secundária do ambiente (Pederson *et al.* 1976).

Ações antrópicas decorrentes do crescimento da população humana tem frequentemente causado degradação dos corpos hídricos (Goulart, Callisto 2003; Primack, Rodrigues 2001). Tais impactos promovem a perda de habitat e consequente perda da biodiversidade (Cunha *et al.* 2013).

Neste âmbito, a área correspondente ao reservatório da Usina Hidrelétrica (U.H.E.) de Curuá-una constitui um potencial objeto de estudo, à medida que se faz necessário a gestão integrada de seus múltiplos usos, bem como a conciliação entre o funcionamento limnológico do sistema e o controle dos impactos gerados (Tundisi, 2007). O enfoque de trabalhos anteriores limitou-se a levantamento de espécies, estrutura de comunidade e a grandes empreendimentos. O presente trabalho visou diminuir a carência de estudos mais específicos em relação às comunidades zooplanctônicas influenciadas por empreendimentos menores. Foi averiguada a possível influência da variabilidade sazonal e espacial sobre a estrutura da assembleia. Observou-se a existência de espécies indicadoras desses parâmetros quando testadas as estimativas dos atributos populacionais como a densidade, biomassa e produção secundária.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar a densidade, biomassa e produção secundária de espécies da subordem Cladocera ao longo de um trecho do rio Curuá-Una, sobre influência do reservatório de Curuá-una e sua variação no período seco e chuvoso do ano de 2015.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a composição, abundância e riqueza da comunidade de Cladocera durante os períodos seco e chuvoso em amostragem realizada no ano de 2015;
- Estimar a biomassa dos organismos através de equações de regressão;
- Estimar a produção secundária através de modelos empíricos;
- Verificar possíveis influências de variáveis ambientais e da sazonalidade sobre as variáveis biológicas da comunidade de Cladocera;
- Verificar a existência de espécies indicadoras em relação a sazonalidade e aos compartimentos (jusante e montante).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A hidrelétrica de Curuá-Una foi instalada em 1975 no rio Curuá-Una e o reservatório está localizado a 70 km ao sul Santarém, na bacia do rio Tapajós, afluente da margem direita do rio Amazonas (Figura 1). A palavra Curuá-Una tem sua origem no Tupi-Guarani e significa “rio Escuro”. A U.H.E. Curuá-Una dista cerca de 850 km, em linha reta a oeste, de Belém, a capital do estado do Pará. A estimativa de geração de energia era de cerca de 185,566 MWh, utilizando cerca de 3,47 bilhões de m³ por ano (Celpa, 1975). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como “Ami”. A média anual de temperatura é em torno de 25,5°C e a pluviosidade gira em torno de 1800mm, sendo que a ocorrência de chuvas se concentra entre janeiro e maio (Alvares *et al.*, 2013). O clima da região oriental da Amazônia é caracterizado por duas estações, uma muito chuvosa no período de fevereiro a maio, outra pouco chuvosa ou seca, entre junho e outubro. Suas fontes de umidade advêm da região tropical do Oceano Atlântico. O transporte de umidade ocorre de leste para oeste durante todo o ano. As estimativas para reciclagem de precipitação por meio da evapotranspiração alcançam cerca de 33% durante a estação mais chuvosa, decaindo até a estação menos chuvosa (Satyamurty *et al.* 2013).

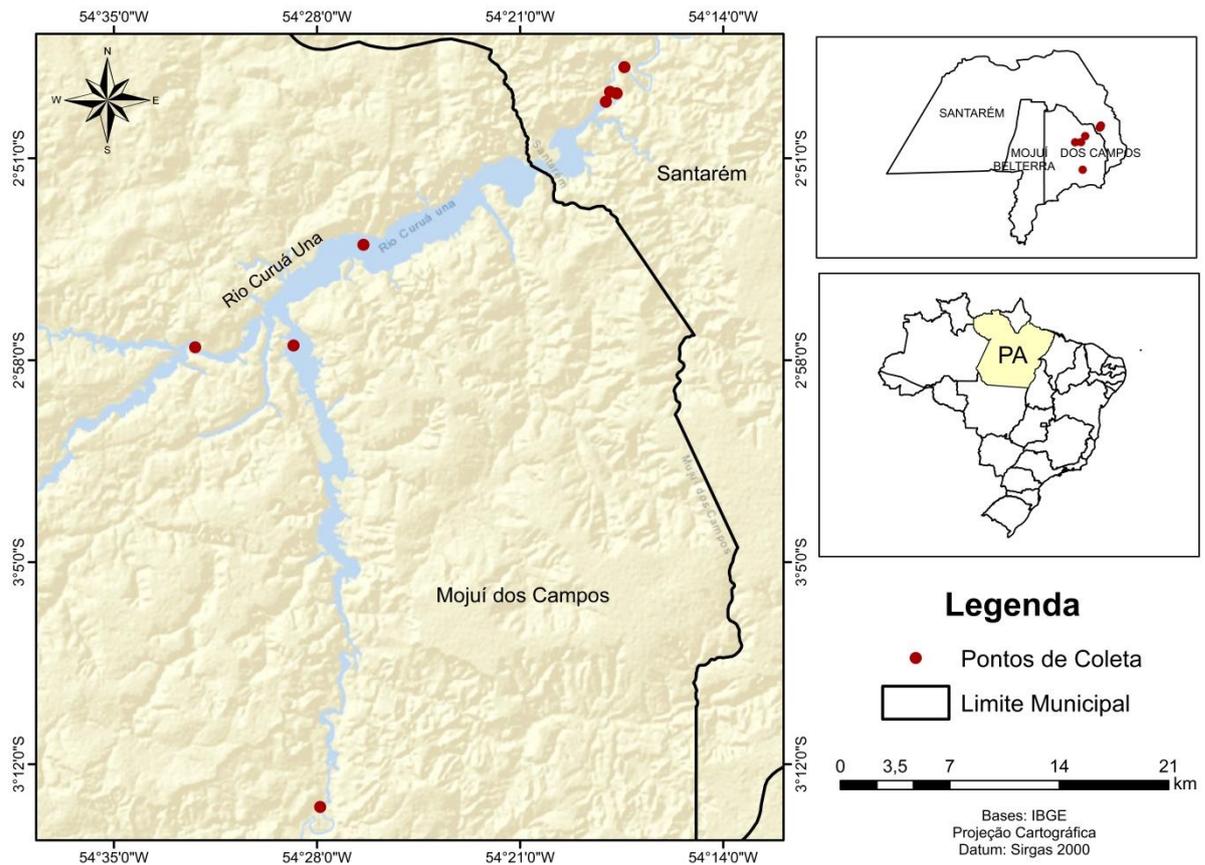


Figura 1: Mapa da área de estudo (Rio Curuá-Una) e distribuição dos pontos de coleta das amostragens realizadas durante os meses de março e setembro de 2015.

3.2 AMOSTRAGEM

O zooplâncton foi coletado em oito estações divididas à montante e jusante do reservatório de Curuá-una (Figura 1). Foram realizadas uma coleta em março, caracterizando o período chuvoso e outra em de setembro de 2015, caracterizando o período seco. As amostras foram obtidas através de arrastos verticais, com o auxílio de rede de plâncton cônica com abertura de malha de 60 μm . Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em potes de polietileno e fixadas em solução de formaldeído neutralizado com tetraborato de sódio e concentração final de 4% e armazenadas no escuro, para evitar despigmentação.

Paralelamente à amostragem biológica, a transparência, foi tomada com auxílio do disco de Secchi ($f = 30 \text{ cm}$). Com uma sonda digital multiparâmetros, foram mensurados os valores de temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica ($\mu\text{s/cm}$) e nitrato (mg/L). O pH foi medido com auxílio de um pH-metro de alta precisão ($\pm 0,01$; Hanna 8417). Para todas as variáveis, foram

utilizadas as médias das três profundidades de coleta (superfície, meio e fundo), uma vez que o plâncton foi coletado por arrastos verticais.

3.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras de água foram encaminhadas para Laboratório de Química Analítica e Ambiental (LAQUANAM) da Universidade Federal do Pará, onde foram realizadas as análises de concentração de clorofila-*a* ($\mu\text{g/L}$) por espectrofotômetro (Strickland & Parson, 1968) e Fosfato ($\mu\text{g/L}$) pelo método colorimétrico.

O índice de estado trófico (IET) foi calculado à montante segundo Lamparelli (2004) para ambientes lênticos e à jusante segundo Alves *et al.* (2011) para ambiente lóticos modificado de Lamparelli (2004). Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios são: ultraoligotrófico ($\text{IET} \leq 47$), oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$), mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$), eutrófico ($59 < \text{IET} \leq 63$), supereutrófico ($63 < \text{IET} \leq 67$) e hipereutrófico ($\text{IET} > 67$).

Os valores de vazão natural e turbinada para a usina hidrelétrica de Curuá-Una foram obtidas através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios, no site da Agência Nacional de Águas (ANA 2015). Foram somados esses valores e calculada a média mensal. O tempo de residência foi obtido através da seguinte fórmula.

$$\text{Tr} = \text{V} / 86400 \times \text{Q}$$

Onde Tr = Tempo de residência (dias); V = volume do reservatório (m^3); Q = vazão média mensal ($\text{m}^3.\text{s}$) e 86400 = fator de conversão de segundos.

3.4 ZOOPLÂNCTON

Os Cladocera (Branchiopoda: Cladocera) foram identificados ao menor nível taxonômico possível (gênero e espécie). A taxonomia dos organismos foi feita com o auxílio de bibliografia especializada (e.x. Elmoor-Loureiro, 1997, Thorp & Corvich, 2001; Gazulha, 2012). Cada amostra teve seu conteúdo despejado em uma proveta de 1 litro para obtenção de seu volume. Foi retirada uma alíquota de 1ml do total da amostra para as análises quantitativa dos Cladocera. As alíquotas de 1mL foram repetidas até a contagem de um mínimo de 150 indivíduos, após esse total é feita novamente a contagem de alíquotas adicionais para evitar a subestimativa de espécies com baixa frequência nas primeiras análises (adaptado de Boltovskoy 1981). O número de organismos de cada táxon foi multiplicado por 100 e dividido pelo total analisado em

porcentagem, para a estimativa de abundância total na amostra. A densidade (D , org/m³) foi estimada dividindo o valor de abundância pelo valor em m³ de água filtrada pela rede (por sua vez calculada pela multiplicação da área da boca da rede pela profundidade e número de arrastos). As medições dos indivíduos foram por meio de microscópio ótico com aumento de 100x e um retículo micrometrado acoplado na lente ocular. Os indivíduos foram analisados na câmara de Sedwick Rafter segundo Maia-Barbosa & Bozelli (2005), através da mensuração do eixo central de cada indivíduo.

O peso seco (w) dos organismos foi obtido de forma indireta, através de equações de regressão comprimento/peso, levando em consideração comprimento (L)/(ln L), características alométricas de cada táxon (a) e fatores ambientais (b) (Mcauley, 1984). Quando a equação de regressão não correspondeu à espécie identificada, foi utilizada a equação para a espécie mais semelhante morfologicamente (Tabela 1). A biomassa foi calculada multiplicando a média do peso seco pela densidade em m³ de cada espécie:

$$B = \bar{w}.D$$

A produção secundária foi calculada através de estimativa indireta, utilizando a equação descrita por Stockwell & Johannsson (1997), onde o fator $a = -0,23$, o fator $b = -0,73$, N é a Densidade de organismos em m³, M é a média do peso seco e CF é o fator de correção de Sprugel (1983).

$$P = 10^{(a \cdot \log_{10} M + b)} \cdot CF \cdot M \cdot N$$

| Espécie | Equação utilizada | Autor/Ano | Originalmente descrita para | Localidade |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <i>Alona yara</i> | $29,65 * L^{3,48}$ | Dumont et al. / 1975 | <i>Alona retangula</i> | Bélgica |
| <i>Bosmina hagdmani</i> | $11,93 * L^{2,680}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>Bosmina hagdmani</i> | Lago Batata PA |
| <i>Bosminopsis brandorffi</i> | $6,098 * L^{2,221}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>Bosminopsis deitersi</i> | Lago Batata PA |
| <i>B. deitersi</i> | $6,098 * L^{2,221}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>B. deitersi</i> | Lago Batata PA |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> | $4,227 * L^{1,888}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>Ceriodaphnia cornuta</i> | Lago Batata PA |
| <i>C. laticaudata</i> | $4,227 * L^{1,888}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>C. cornuta</i> | Lago Batata PA |
| <i>Chydorus sphaericus</i> | $14,0793 + 1,9796 * \ln L$ | Culver et al. / 1985 | <i>Chydorus sphaericus</i> | Lago Ontário EUA |
| <i>Daphnia lumholtzi</i> | $6,5925 * L^{2,298}$ | Castilho & Arcifa / 2007 | <i>Daphnia ambigua</i> | Lago Monte Alegre SP |
| <i>Diaphanosoma birgei</i> | $5,222 * L^{1,738}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>Diaphanosoma birgei</i> | Lago Batata PA |
| <i>Diaphanosoma fluviatile</i> | $2,22 * \ln L + 1,140$ | Azevedo & dias / 2012 | <i>Diaphanosoma</i> sp. | Paraná / Mato grosso |
| <i>Holopedium amazonicum</i> | $5,3976 + 2,0555 * \ln L$ | Botrell et al. / 1976 | <i>Holopedium gibberum</i> | Reino Unido |
| <i>Kurzia polypina</i> | $1,70 * 10^{-4} * L^{1,39}$ | Dumont et al. / 1975 | <i>Alonella exigua</i> | Bélgica |
| <i>Macrothrix laticornis</i> | $3,177 * \ln L + 2,850$ | Azevedo & Dias / 2012 | <i>Macrothrix</i> sp. | Paraná / Mato Grosso |
| <i>Moina micrura</i> | $1,549 * \ln L + 0,149$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>Moina</i> sp. | Lago Batata PA |
| <i>M. minuta</i> | $1,161 * L^{1,549}$ | Maia & Bozelli / 2005 | <i>M. minuta</i> | Lago Batata PA |
| <i>Leydigia striatta</i> | $15,92 * L^{3,84}$ | Dumont et al. / 1975 | <i>Alona affinis</i> | Bélgica |
| <i>Macrothrix sioli</i> | $3,177 * \ln L + 2,850$ | Azevedo & Dias / 2012 | <i>Macrothrix</i> sp. | Paraná / Mato Grosso |

Tabela 1: Equações utilizadas para a estimativa de peso seco para cada espécie encontrada neste estudo, autores, ano de publicação e regiões onde foram elaboradas $W/\ln W = a + b L/\ln L$.

3.5 ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene respectivamente. Posteriormente foram comparados quanto à sazonalidade (período chuvoso x seco) e espacialidade (montante x jusante) pelo teste de Mann-Whitney através do programa Sigma Plot (Systat software, 2008). Foi utilizado um nível de significância de 5% para essas análises. Através do software PCORD 5.1, o método de Análise de Espécies Indicadoras (IND VAL) foi realizado para verificar espécies indicadoras entre as estações de coleta e os períodos (Dufrêne & Legendre, 1997; McCune & Mefford, 2006). O nível de significância utilizado foi de 10%.

Os índices de Shannon (Diversidade), Simpson (Dominância) e a Equitatividade foram calculados pelo software Paleontological Statistical 3.19 (PAST) (Hammer *et al.* 2001). O mesmo software foi utilizado para a Análise Canônica de Correspondência (Ter Braak 1989). A ACC foi utilizada para verificar a influência das variáveis ambientais sobre a comunidade. Previamente foram eliminadas as variáveis ambientais com forte correlação (co-variáveis) e táxons com valor relativo de contribuição inferior à 10% (espécies raras) para Densidade, Biomassa e Produção Secundária. Foram selecionadas as variáveis com maior correspondência (Engelvalues).

4. RESULTADOS

4.1 PARÂMETROS ABIÓTICOS

De acordo com o IET, calculado com base na concentração de Clorofila-*a*, Fósforo total e a média entre os dois índices, a maioria das estações foram classificadas como mesotróficas, exceto as estações à montante durante o período seco em relação ao fósforo (Tabela 2).

| Estações | IET Clorofila-a | | IET Fósforo | | IET médio | |
|----------|-----------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Ch. | S. | Ch. | S. | Ch. | S. |
| M1 | 56,68 | 55,99 | 58,34 | 60,25 | 57,51 | 58,12 |
| M3 | 56,77 | 54,13 | 61,4 | 61,4 | 59,08 | 57,76 |
| M4 | 52,38 | 52,7 | 60,62 | 60,74 | 56,5 | 56,72 |
| M7 | 57,25 | 56,17 | 57,8 | 62,27 | 57,52 | 59,22 |
| M8 | 55,81 | 53,19 | 64,7 | 64,7 | 60,25 | 58,94 |
| CF | 55,15 | 58,76 | 50,74 | 51,29 | 52,94 | 55,03 |
| J1 | 56,26 | 57,54 | 48,21 | 50,5 | 52,23 | 54,02 |
| J2 | 56,94 | 58,38 | 51,7 | 50,85 | 54,32 | 54,62 |

Tabela 2. Índices de estado trófico para as estações de coleta durante 2015 em ambos os períodos (S.= seco e Ch = chuvoso) no Rio Curuá_Una, PA. M: montante; J: jusante; CF: canal de fuga.

O tempo de residência da água no reservatório foi maior durante o período seco, aproximadamente 24 dias, enquanto no período chuvoso, foi de apenas 11 dias. As maiores profundidades foram registradas à montante na Estação M1, e as menores, à jusante do canal de fuga (Tabela 3). Com exceção da concentração de Oxigênio durante o período seco, todos os dados abióticos estão em conformidade com o CONAMA resolução n° 357/05 (Tabela 3).

A diferença de temperatura foi de, no máximo, 2°C entre os períodos. As concentrações de Clorofila-*a* foram maiores à montante durante o período chuvoso, exceto na estação 4. Durante o período seco, as maiores concentrações de nutrientes foram à jusante. Os maiores valores de fosfato foram registrados no período seco, exceto para a estação 2 à jusante.

| Estações | Prof. | | Temp. °C | | OD (mg/L) | | Clorofila- <i>a</i> (mg/L) | | Fosfato (mg/L) | |
|-----------|-------|----|----------|-------|-----------|-------------|----------------------------|------|----------------|-------|
| | Ch. | S. | Ch. | S. | Ch. | S. | Ch. | S. | Ch. | S. |
| M1 | 18 | 19 | 30,23 | 30,03 | 6,05 | 4,18 | 5,63 | 4,6 | 4,33 | 5,93 |
| M3 | 14 | 16 | 28,3 | 29,57 | 5,61 | 5,18 | 5,79 | 2,66 | 7,17 | 7,17 |
| M4 | 10 | 17 | 28,97 | 28,97 | 5,9 | 5,69 | 1,59 | 1,75 | 6,31 | 6,43 |
| M7 | 10 | 12 | 29,3 | 29,67 | 5,74 | 5,03 | 6,66 | 4,85 | 3,96 | 8,28 |
| M8 | 10 | 5 | 26,83 | 28,2 | 6,21 | 6,64 | 4,36 | 2,02 | 12,36 | 12,36 |
| CF | 3 | 2 | 29,47 | 29,83 | 6,27 | 4,4 | 3,89 | 7,1 | 5,44 | 6,06 |
| J1 | 15 | 15 | 29,1 | 30,2 | 8,32 | 6,29 | 4,68 | 5,79 | 3,34 | 5,19 |
| J2 | 4 | 4 | 29,77 | 29,97 | 6,95 | 5,14 | 5,24 | 6,66 | 6,55 | 5,56 |

Tabela 3. Resultados de variáveis Físico-químicas obtidas durante as amostragens no Rio Curuá-Una, PA. Prof.: profundidade; Temp.: temperatura; OD: oxigênio dissolvido; Ch: chuvoso; S.: seco; M: montante; J: jusante e CF: canal de fuga. Resultados em negrito estão em não conformidade com a Resolução 357/05 do CONAMA.

Foram identificados 19 táxons de Cladocera nos períodos analisados, o período seco apresentou as maiores estimativas de densidade. Os organismos tiveram as menores estimativas na estação M8 e as maiores na estação CF. De modo geral, os organismos apresentaram os maiores intervalos de média de comprimento no período seco, exceto para as espécies *C. cornuta*, *D. lumholtzi*, *D. birgei* (Tabela 4). A espécie *B. deitersi* se distribuiu por todas as estações nos dois períodos. (Tabela 5).

| Espécies | Min | | Max | |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Ch. | S. | Ch. | S. |
| <i>Alona yara</i> | 0,25 ± 0,03 | 0,25 ± 0,03 | 0,26 ± 0,03 | 0,31 ± 0,03 |
| <i>Bosmina hagmanni</i> | 0,42 ± 0,04 | 0,45 ± 0,08 | 0,47 ± 0,06 | 0,51 ± 0,08 |
| <i>Bosminopsis brandorffi</i> | - | 0,35 ± 0,07 | - | 0,35 ± 0,07 |
| <i>B. deitersi</i> | 0,27 ± 0,04 | 0,24 ± 0,03 | 0,3 ± 0,08 | 0,29 ± 0,01 |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> | 0,28 ± 0,07 | 0,28 ± 0,07 | 0,39 ± 0,09 | 0,42 ± 0,11 |
| <i>C. laticaudata</i> | 0,34 ± 0,16 | 0,25 ± 0,04 | 0,4 ± 0,14 | 0,45 ± 0,1 |
| <i>Chydorus sphaericus</i> | 0,27 ± 0,01 | 0,43 ± 0,02 | 0,27 ± 0,01 | 0,43 ± 0,02 |
| <i>Daphnia lumholtzi</i> | 0,89 ± 0,5 | 1,08 ± 0,31 | 1,13 ± 0,3 | 1,76 ± 0,54 |
| <i>Diaphanosoma birgei</i> | 0,44 ± 0,09 | 0,41 ± 0,13 | 0,61 ± 0,2 | 0,56 ± 0,13 |
| <i>D. fluviatile</i> | 0,39 ± 0,06 | 0,38 ± 0,11 | 0,51 ± 0,1 | 0,55 ± 0,17 |
| <i>Holopedium amazonicum</i> | 0,50 ± 0,1 | 0,42 ± 0,07 | 0,54 ± 0,1 | 0,5 ± 0,13 |
| <i>Kurzia polyspina</i> | 0,57 ± 0,1 | 0,49 ± 0,04 | 0,57 ± 0,1 | 0,49 ± 0,04 |
| <i>Leydigia striatta</i> | - | 0,44 ± 0,1 | - | 0,44 ± 0,1 |
| <i>Macrothrix Sioli</i> | - | 0,34 ± 0,03 | - | 0,38 ± 0,06 |
| <i>Moina micrura</i> | 0,34 ± 0,07 | 0,34 ± 0,05 | 0,47 ± 0,1 | 0,46 ± 0,1 |
| <i>M. minuta</i> | 0,45 ± 0,06 | 0,46 ± 0,09 | 0,48 ± 0,08 | 0,51 ± 0,07 |

Tabela 4. Médias e desvio padrão de comprimento em milímetros das espécies de Cladocera encontradas no rio Curuá-Una, PA durante o ano de 2015.

| Estações/ Espécies | M1 | | M3 | | M4 | | M7 | | M8 | | CF | | J1 | | J2 | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Ch. | S. |
| <i>Alona guttata</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,27 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>A. nuragica</i> | 0,54 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>A. yara</i> | - | 5,29 | - | 7,51 | - | - | 0,89 | 5,59 | 2,61 | 42,38 | - | 5,26 | 4,85 | - | 3,00 | - |
| <i>Bosmina hagmanni</i> | 10,75 | 15,87 | 11,45 | 27,17 | - | - | 12,50 | 17,88 | - | 19,87 | 9,06 | 7,37 | 17,96 | 5,13 | 18,50 | 13,30 |
| <i>Bosminopsis brandorffi</i> | - | - | - | - | 1,76 | 5,68 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>B. deitersi</i> | 4,30 | 5,29 | 7,93 | 21,39 | 40,59 | 28,98 | 32,14 | 64,80 | 63,40 | 24,50 | 2,90 | 32,11 | 4,85 | 63,59 | 5,00 | 5,32 |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> | 16,13 | 31,22 | 29,52 | 10,98 | 14,71 | 18,18 | 12,50 | 0,56 | 1,96 | 0,66 | 16,30 | 11,58 | - | 6,67 | 10,00 | 18,09 |
| <i>C. laticaudata</i> | - | 5,29 | 4,41 | - | 5,88 | 3,98 | - | - | - | - | 3,62 | 5,26 | - | 4,10 | - | 5,32 |
| <i>Chydorus sphaericus</i> | - | - | - | - | - | - | - | 5,59 | - | - | - | - | 4,85 | - | 1,00 | - |
| <i>Daphnia lumholtzi</i> | 5,38 | 2,12 | 4,41 | - | - | - | - | - | - | - | 3,26 | 5,26 | 4,85 | - | 5,00 | 5,32 |
| <i>Diaphanosoma birgei</i> | 37,63 | 22,22 | 22,03 | 15,61 | 31,18 | 26,70 | 23,21 | 2,23 | 9,80 | - | 36,23 | 17,37 | 24,76 | 5,13 | 22,50 | 36,70 |
| <i>D. fluviatile</i> | - | 5,29 | 4,41 | 6,36 | - | 5,11 | 4,46 | - | - | - | 1,09 | 5,26 | 4,85 | - | 5,00 | 4,26 |
| <i>Holopedium amazonicum</i> | 21,51 | 0,53 | 6,17 | 0,58 | - | - | 14,29 | - | - | - | 26,09 | 5,26 | 23,30 | 5,13 | 24,00 | - |
| <i>Kurzia polypina</i> | - | 1,59 | - | - | - | - | - | - | 5,23 | 5,96 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Leydigia striatta</i> | - | - | - | - | - | - | - | 3,35 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Macrothrix laticornis</i> | 0,54 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,50 | - |
| <i>M. sioli</i> | - | - | - | 4,62 | - | - | - | - | - | 6,62 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Moina micrura</i> | 3,23 | - | 4,41 | - | 5,88 | 5,68 | - | - | 13,73 | - | 1,45 | - | 4,85 | 5,13 | - | 11,70 |
| <i>M. minuta</i> | - | 5,29 | 5,29 | 5,78 | - | 5,68 | - | - | - | - | - | 5,26 | 4,85 | 5,13 | 5,50 | - |

Tabela 5: Frequência (%) dos táxons de Cladocera encontrados no Rio Curuá-Una, PA em 2015. Ch = Período chuvoso S = Período seco

Durante o período chuvoso as espécies que registraram as maiores estimativas de densidade foram *D. birgei* (143.357 org./m³), *H. amazonicum* (10.162 org./m³), *B. hagmanni* (7.989 org./m³), *C. cornuta* (64.545 org./m³) e *B. deitersi* (5.818 org./m³). No período seco, *B. deitersi* foi o táxon de maior estimativa (29.276 org./m³), seguido pelos taxa *B. hagmanni* (11988 org./m³), *C. cornuta* (14792 org./m³) e *D. birgei* (21.971 org./m³).

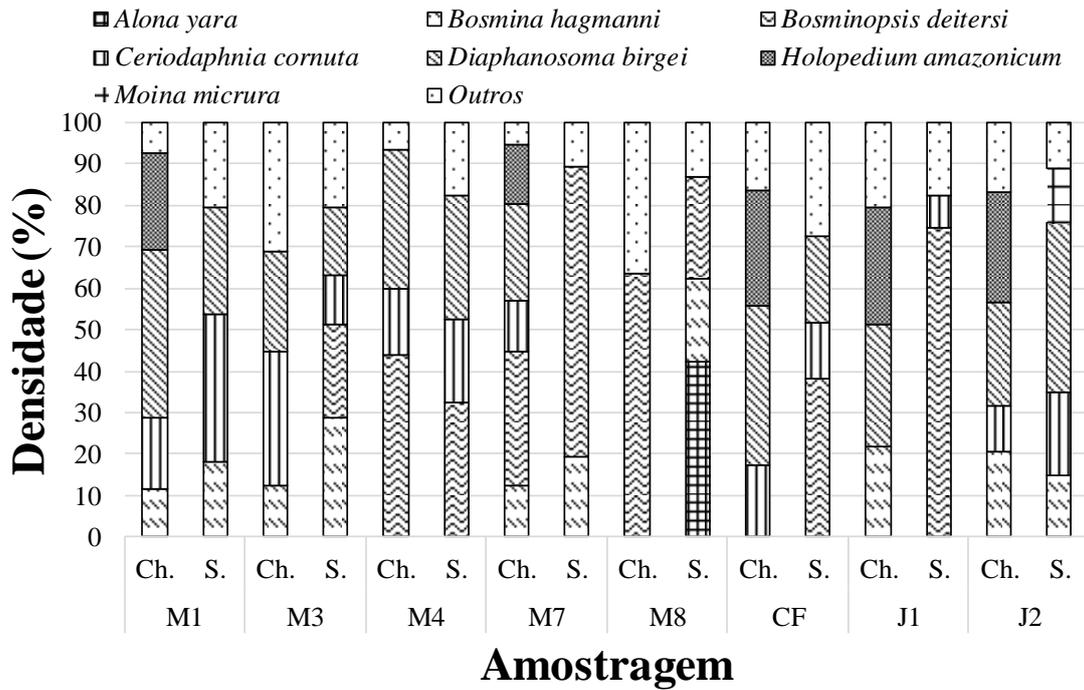


Figura 1: Densidade relativa de Cladocera para os períodos seco (S.) e chuvoso (Ch.) no rio Curuá-Una durante o ano de 2015.

4.2 BIOMASSA E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA

Os táxons *Alona guttata*, *A. nuragica* e *Macrothrix laticornis* foram excluídos das estimativas de biomassa e produção secundária por apresentarem frequências menores que 6 indivíduos. Durante o período chuvoso, *Diaphanosoma birgei* apresentou valores 18.688,08 µg/m³ para biomassa e 32.373,54 µg/dia.m³ para produção secundária seguido dos taxa, *Holopedium amazonicum* (36.741,4 µg/m³) / (48.098,87 µg/dia.m³), *Bosmina hagmanni* (10.874,2 µg/m³) / (17.393,2 µg/dia.m³) e *Daphnia lumholtzi* (8995,8 µg/m³) / (9.827,8 µg/dia.m³). Os valores registrados durante período seco foram: *B. hagmanni* (21286,68 µg/m³) / (30.712,1 µg/dia.m³), *D. lumholtzi* (23.944,22 µg/m³) / (19.699,33 µg/dia.m³) e *D. birgei* (42.521,1µg/m³) / (49.521,12 µg/dia.m³). As Figuras 2 e 3 representam as porcentagens de biomassa e produção secundária para os demais taxa durante os períodos.

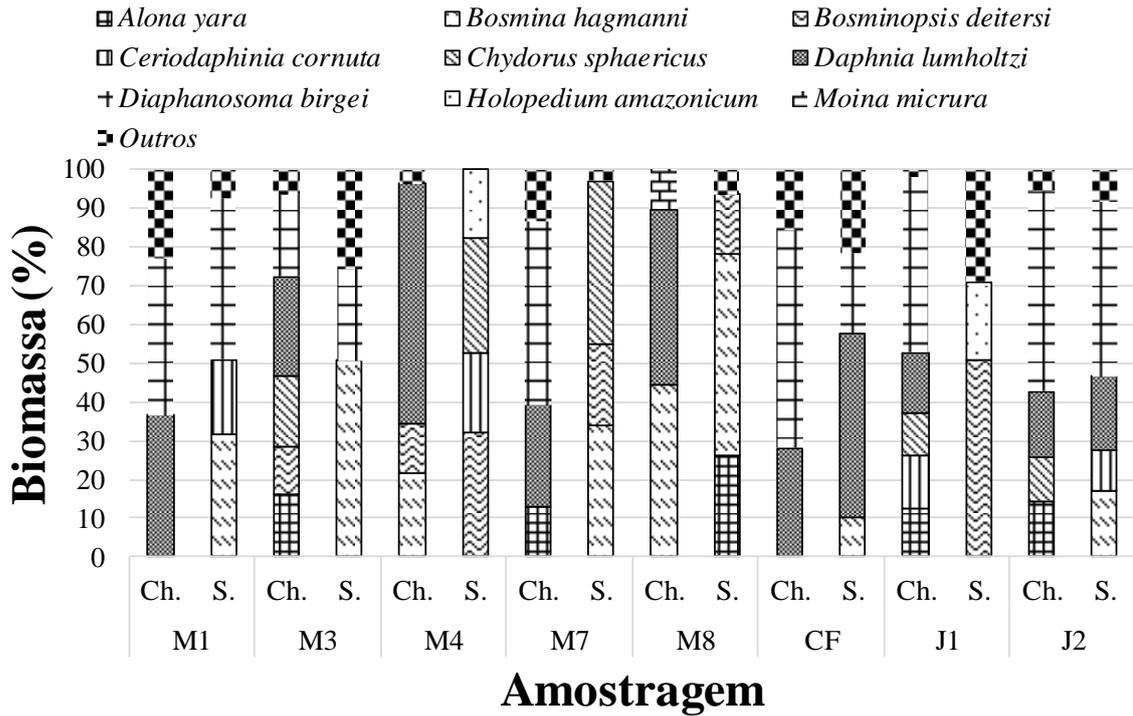


Figura 2: Biomassa relativa de Cladocera para os períodos seco (S.) e chuvoso (Ch.) no Rio Curuá-Una durante o ano de 2015.

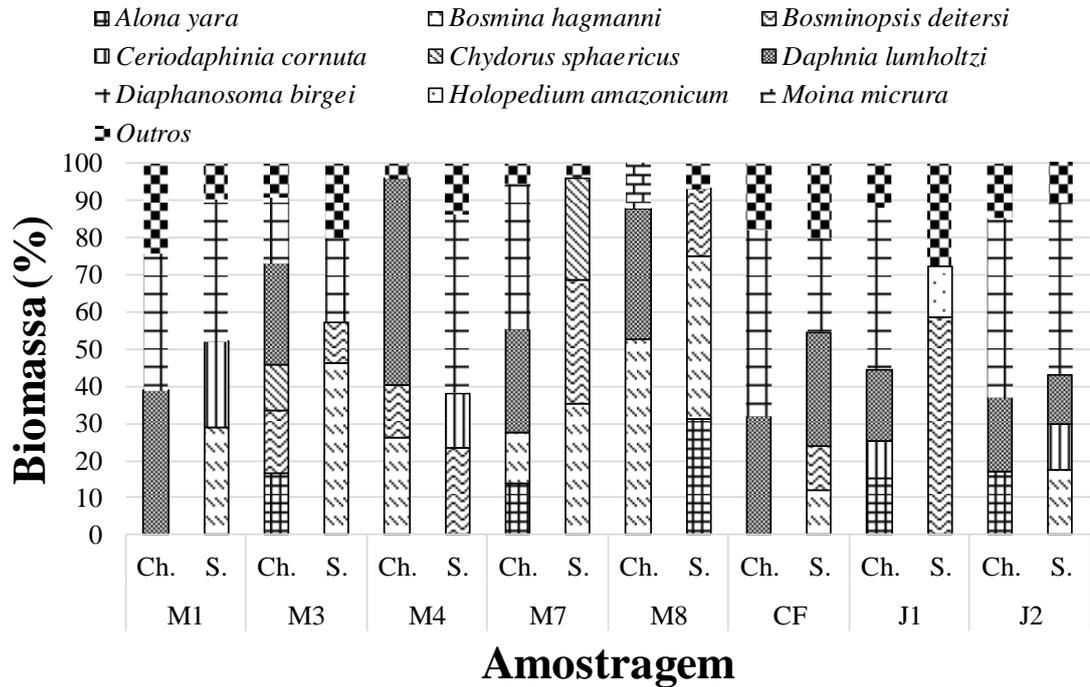


Figura 3: Produção Secundária relativa de Cladocera para os períodos seco (S.) e chuvoso (Ch.) no Rio Curuá-Una durante o ano de 2015.

4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O teste de Shapiro-Wilk indicou que os dados de densidade, biomassa e produção secundária do período chuvoso são não paramétricos. Quando aplicados para o período seco, o teste indicou que as mesmas estimativas são paramétricas.

Com base no teste de Mann-Whitney, as estimativas totais de densidade, biomassa e produção secundária não indicaram diferenças significativas entre períodos, ou espacialidade. Apenas os taxa *Bosminopsis deitersi* e *Daphnia lumholtzi* apresentaram diferenças significativa para densidade, biomassa e produção secundária em relação à sazonalidade. *B. deitersi*, apresentou maiores durante o período seco ($p = 0,05$), enquanto que *Daphnia lumholtzi* foi maior densidade à jusante, com valores de $p = 0,02$ e $p = 0,01$ para biomassa e produção secundária que também foi maior à jusante.

A análise de espécies indicadoras (IND VAL) destaca o táxon *H. amazonicum* e *D. lumholtzi* como espécie indicadora das estações de jusante. Quando aplicado para períodos, os táxons *H. amazonicum* foi indicador para o período chuvoso e *D. birgei* apresentou valores significativo para o período seco (Tabela 7).

| Ambiente: Jusante | Ind val | P |
|------------------------------|----------------|----------|
| <i>Daphnia lumholtzi</i> | 63,2 | 0,01 |
| <i>Holopedium amazonicum</i> | 60,2 | 0,08 |
| Período: Seco | X | X |
| <i>Diaphanosoma birgei</i> | 52,1 | 0,08 |
| Período: Chuvoso | X | X |
| <i>Holopedium amazonicum</i> | 64 | 0,05 |

Tabela 7: Espécies indicadoras durante entre períodos e estações para o ano de 2015

Os valores de diversidade variaram entre 1,23 e 2,02 nos dois períodos. Quanto maior o valor deste índice, maior é a diversidade da amostra. A dominância teve seu mínimo em 0,7 e seu máximo em 0,84 no período chuvoso, no período seco o mínimo foi 1,13 e o máximo foi 2,04, apontando que o período seco tem maior dominância que o período chuvoso. A equitatividade teve seu intervalo entre 0,63 e 0,88 no período chuvoso e 0,58 e 0,89 no período seco, que as espécies se distribuem de forma uniforme nos dois períodos (Tabela 8).

| Estação | M1 | | M3 | | M4 | | M7 | | M8 | | CF | | J1 | | J2 | |
|-----------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Período | Ch. | S. |
| Riqueza | 9 | 11 | 10 | 9 | 6 | 8 | 7 | 7 | 7 | 6 | 9 | 10 | 10 | 8 | 11 | 8 |
| Dominância | 0,77 | 0,81 | 0,83 | 0,83 | 0,71 | 0,80 | 0,79 | 0,54 | 0,56 | 0,71 | 0,76 | 0,83 | 0,84 | 0,58 | 0,84 | 0,79 |
| Diversidade | 1,69 | 1,94 | 2,02 | 1,92 | 1,42 | 1,79 | 1,68 | 1,14 | 1,23 | 1,41 | 1,68 | 2,04 | 2,02 | 1,36 | 2,01 | 1,80 |
| Equitatividade | 0,77 | 0,81 | 0,88 | 0,88 | 0,79 | 0,86 | 0,86 | 0,59 | 0,63 | 0,79 | 0,76 | 0,89 | 0,88 | 0,65 | 0,84 | 0,87 |

Tabela 8: Número de táxons identificados, valores de diversidade, dominância e equitatividade para os períodos chuvoso (Ch.) e seco (S.) no rio Curuá-Una, PA durante o ano de 2015.

A análise canônica de correspondência (ACC) executada com a matriz de dados de densidade apontou valor de 75,41% de explicação com $p > 0,05$ para as 5 variáveis ambientais distribuição das estações, espécies e períodos no eixo horizontal. Para biomassa, a ACC apontou valores de 60,99% e $p = 0,02$ excluindo o fosfato. As mesmas variáveis foram utilizadas para a produção secundária, apontando valores de 69,20% e $p = 0,02$.

A ACC mostrou que as estimativas de densidade das espécies *Alona. yara*, *Bosminopsis. deitersi*, *Moina micrura* e *Ceriodaphnia. cornuta* são maiores no período seco e nas montantes do período chuvoso (M4 e M8). *C. cornuta* apresentou correspondência com maiores profundidades e menores concentrações de fósforo. *Diaphanosoma. birgei*, *Holopedium. amazonicum* e *Bosmina. hagmanni* tiveram maior distribuição de seus dados durante o período chuvoso. *D. birgei* mostrou ter maior relação com as maiores temperaturas e concentração de clorofila-*a*, enquanto *H. amazonicum* e *B. hagmanni* tem maior sucesso com as concentrações de Oxigênio dissolvido e menores concentrações de nutrientes (Figura 4).

Para as estimativas de biomassa, a análise mostrou que *D. birgei*, *B. deitersi*, *B. hagmanni*, *C. cornuta* e *A. yara* foram maiores durante o período seco e as amostras M4 e M8 do período chuvoso. Não houve diferença desses dados, em relação às variações de profundidade *H. amazonicum* e *Chydorus. sphaericus* tem maior biomassa durante o período chuvoso, com altas concentrações de Oxigênio dissolvido. *Daphnia. lumholtzi* e *Moina. micrura* tem maiores valores com as menores temperaturas e concentrações de Clorofila-*a* durante o período seco (Figura 5). O mesmo comportamento foi observado para a produção secundária (Figura 6), exceto a produção de *D. lumholtzi* que apresentou maior produção com altas concentrações de Clorofila-*a* e oxigênio dissolvido.

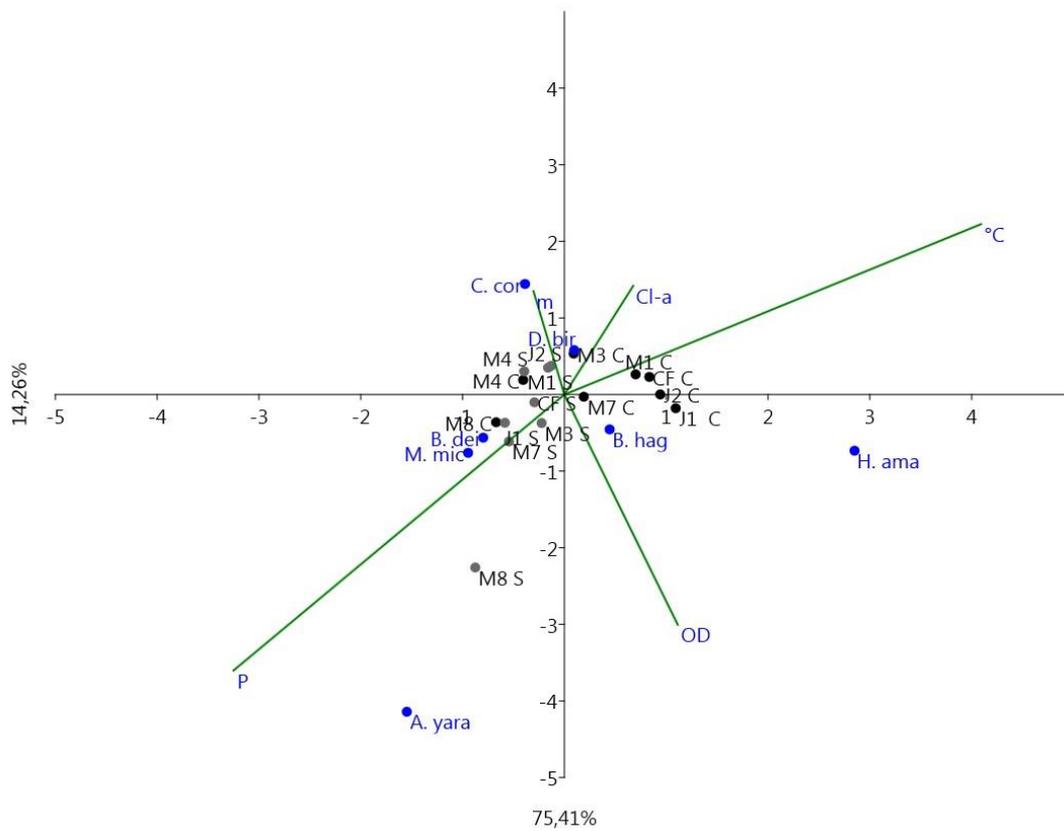


Figura 4: Análise Canônica de Correspondência para estimativas de densidade. P = Fósforo, OD = Oxigênio Dissolvido, m = Profundidade, Cl-a = Clorofila a, °C = Temperatura. A.yara = *Alona yara*, B.hag = *Bosmina hagmanni*, B.dei = *Bosminopsis deitersi*, C. cor = *Ceriodaphnia cornuta*, D. bir = *Diaphanosoma birgei*, H. ama = *Holopedium amazonicum*. Pontos em cinza representam as amostras do período seco e pontos em preto representam as mostras do período chuvoso.

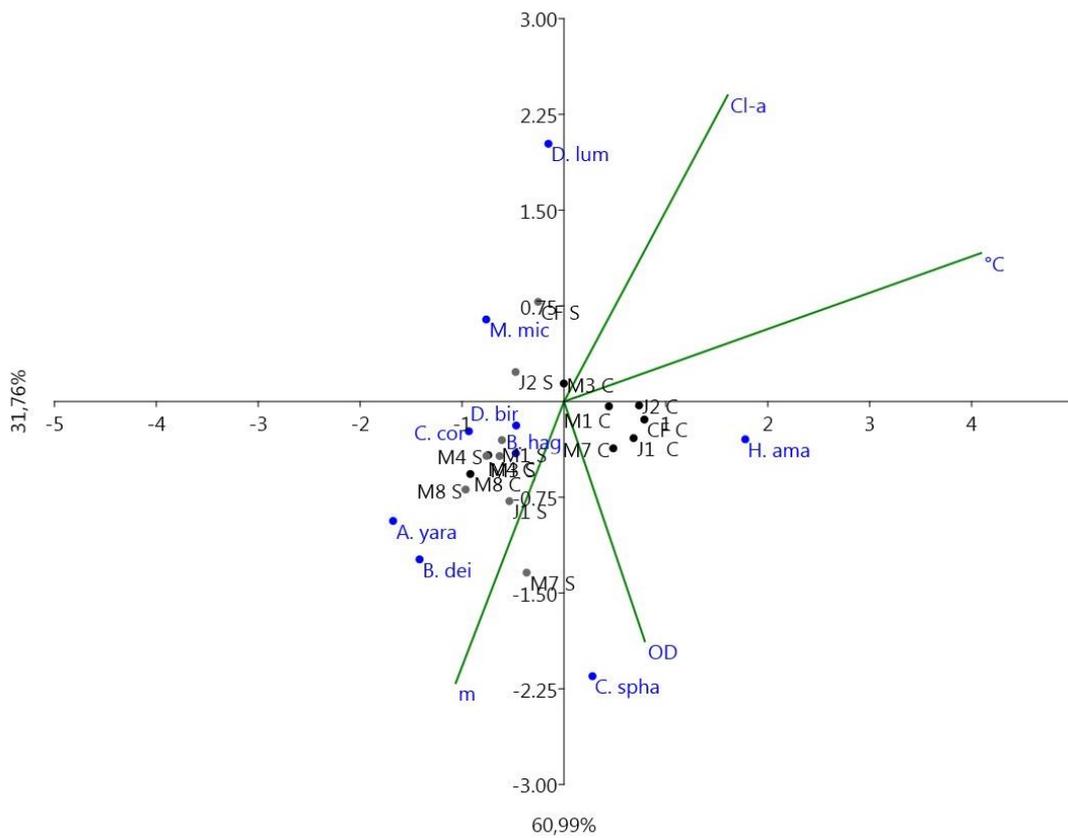


Figura 5: Análise Canônica de Correspondência para estimativas de biomassa. OD = Oxigênio Dissolvido, m = Profundidade, Cl-a = concentração de Clorofila-a, °C = Temperatura. A.yara = *Alona yara*, B.hag = *Bosmina hagmani*, B.dei = *Bosminopsis deitersi*, C. cor = *Ceriodaphnia cornuta*, C.spha = *Chydorus sphaericus*, D. bir = *Diaphanosoma birgei*, D.lum = *Daphnia lumholtzi*, H. ama = *Holopedium amazonicum*. Pontos em cinza representam as amostras do período seco e pontos em preto representam as mostras do período chuvoso.

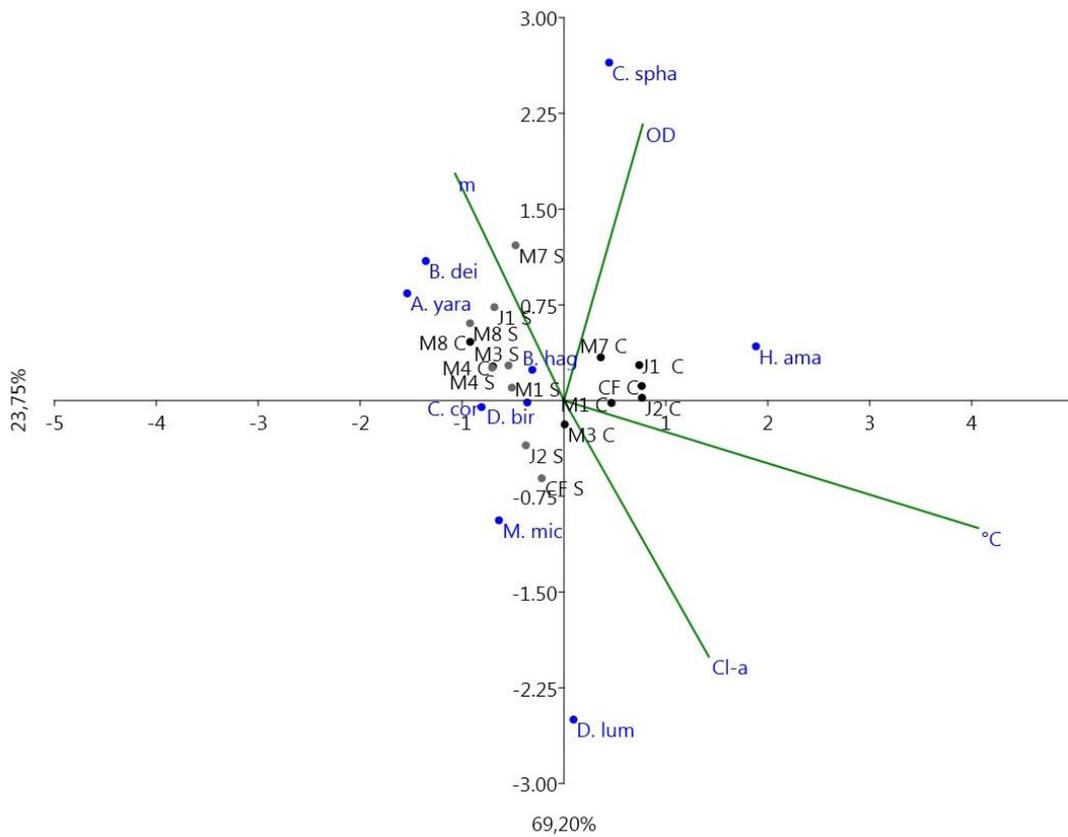


Figura 6: Análise Canônica de Correspondência para estimativas de produção secundária. OD = Oxigênio Dissolvido, m = Profundidade, Cl-a = concentração de Clorofila-a, °C = Temperatura. A.yara = *Alona yara*, B.hag = *Bosmina hagdmani*, B.dei = *Bosminopsis deitersi*, C. cor = *Ceriodaphnia cornuta*, C.spha = *Chydorus sphaericus*, D. bir = *Diaphanosoma birgei*, D.lum = *Daphnia lumholtzi*, H. ama = *Holopedium amazonicum*. Pontos em cinza representam as amostras do período seco e pontos em preto representam as amostras do período chuvoso.

5. DISCUSSÃO

Os dados do presente estudo mostram a diferença entre os ambientes mais distantes da linha do equador, uma vez que as maiores estimativas de densidade, biomassa e produção secundária foram registradas durante a estação seca. A biomassa chegou a ser cerca de 6 vezes maior quando comparada a reservatórios em uma região subtropical do Brasil (Santos *et al.* 2010).

O gênero *Diaphanosoma* é um dos maiores de Cladocera em relação ao comprimento. A disponibilidade de nutrientes e as variações de temperatura interferem no hábito alimentar. Ghidini & Santos-Silva (2005) estudaram a espécie *D. polyspina*, que apresentou contribuição abaixo de 10% nas estimativas de densidade. Porém, devido ao tamanho dos indivíduos, o táxon registrou contribuição maior que 20% nas estimativas de biomassa. A tese de Santos (2010), também indicou a espécie *D. birgei* como uma das mais produtivas em ambientes de reservatório. O presente estudo apontou uma produção secundária superior, cerca de 8 vezes maior para a mesma espécie, o que leva a crer que o clima quente e úmido da região, aliado aos ambientes mesotróficos e eutróficos sejam a causa.

As altas taxas de pluviosidade lixiviam nutrientes do solo para as bacias, aumentando a produtividade primária. Essas são condições favoráveis para o desenvolvimento das comunidades microscópicas (Costa *et al.* 2016). *H. amazonicum* foi o único táxon que registrou as maiores estimativas de densidade, biomassa e produção secundária durante o período chuvoso. Este táxon raramente é encontrado fora dos trópicos, ocorrendo principalmente na região amazônica, sendo afetado diretamente pela sazonalidade (Robertson & Hardy, 1984). A literatura pouco cita a espécie, ou essa peculiaridade apontada no presente estudo.

Daphnia lumholtzi, é uma espécie exótica com alta tolerância, tendo seu sucesso ecológico com baixos níveis de fósforo, nitrogênio, e concentração de clorofila-*a* (Zanata *et al.* 2003). Os organismos dessa espécie são originais de clima subtropical, os maiores valores de abundância são registrados em ambientes com temperatura entre 27 e 30°C (Work & Gophen 1999). A ocorrência deste táxon foi baixa no presente estudo, porém os indivíduos foram encontrados tanto a montante, quanto a jusante. Essa baixa frequência pode indicar que as altas concentrações de nutrientes, entre outros fatores, podem afetar a distribuição dessa espécie e seu estabelecimento na região. A introdução

dessa espécie pode ser estimada na década de 90, uma vez que Hardy & Robertson (1984) não registraram a espécie.

A densidade de *Bosminopsis deitersi* é maior em concentrações moderadas de fósforo, que foi majoritariamente superior durante o período seco, uma vez que o tempo de residência da água no reservatório também é maior. Santos *et al.* (2010) em contrapartida, mostraram que a produção secundária da comunidade é cerca de 30 vezes maior na estação chuvosa em Furnas, Minas Gerais. O fato pode estar associado à disponibilidade de nutriente, pois esse estudo mostrou um pico na produção secundária durante a primavera, onde teve um aumento na clorofila-*a*. *B. deitersi* tem ampla distribuição em águas tropicais, sendo indicadora de ambientes oligotróficos e mesotróficos, onde suas maiores densidades podem ser registradas durante os períodos de enchente (Negreiros 2014). Maia & Bozelli (2006) também cita a espécie como uma das mais dominantes e regular dos ambientes aquáticos, diretamente ligada à flutuação da profundidade.

A profundidade é a variável abiótica que tem maior influência na biomassa e produção da comunidade. O sistema operacional das barragens tende a reter água nos períodos de menor pluviosidade. O que resulta na retenção de nutrientes e consequentemente maior concentração de organismos na coluna d'água (Zanata 2005). O trabalho de Santos (2010) em reservatórios de regiões temperadas indicou que as maiores densidades ocorreram quando havia menos pluviosidade. Possivelmente o menor volume de água do corpo hídrico tende a concentrar os organismos, essa redução de volume de água, proporciona maiores estimativas de densidade, sendo um fator mais importante do que a sazonalidade no transporte de nutrientes.

O ano de 2015 foi marcado pelo fenômeno de El niño. O fenômeno desse ano provocou uma seca que atingiu cerca de 43% do bioma amazônico, sendo a mais severa dos últimos 20 anos (Santos *et al.* 2005, Erfanian *et al.* 2017, Aragão *et al.* 2018). Os estudos de Melão & Rocha (2001) e Santos-Wisniewski & Rocha (2007) mostram que a temperatura, a qualidade e concentração de nutrientes geralmente controlam esses fatores. O quadro de maior seca poder ocasionar em menor concentração de nutrientes e consequentemente, menor produção zooplânctônica em relação a anos anteriores.

O reservatório está operando desde 1975, o estudo Agostinho *et al.* (2005), apontou que os ecossistemas amazônicos sofreram modificações intensas. Apesar de ser uma forma renovável de obter energia, as hidrelétricas causam distúrbios longitudinais e afetam a descarga fluvial. A expansão do setor até 2016 foi estimada em 6.8 GW, sendo

que os impactos ambientais do setor já afetam cerca de 57% do bioma amazônico. Países em desenvolvimento enfrentam grandes desafios para prevenir impactos ambientais, pois as demandas econômicas tem prioridade em detrimento das demandas ambientais (Winemiller *et al.* 2016, MME/EPE 2017, Tinpe & Kaplan 2017).

6. CONCLUSÃO

Os resultados aqui obtidos indicaram que as espécies são distribuídas uniformemente no ambiente. O teste de Mann-Whitney quando aplicado para as estimativas totais de densidade, biomassa e produção secundária não indicou valores significativos de p , o que indica estabilidade da assembleia de Cladocera em relação aos compartimentos do reservatório (montante e jusante) e a sazonalidade (período seco e chuvoso).

Os estudos dedicados à biomassa e produção secundária ainda são limitados na região norte do Brasil. A carência de conhecimentos foi expressa na Tabela 1, onde as equações utilizadas geralmente foram descritas para regiões subtropicais ou temperadas. As altas e constantes temperaturas são condições propícias para maiores valores de produção secundária em ambientes tropicais. Quando em reservatórios, a profundidade controla essas estimativas.

As modificações antrópicas no ecossistema amazônico foram intensas nos últimos anos. A literatura aponta que 57% dos impactos ambientais causados pelo setor de energia estejam concentrados nesse ambiente. O Brasil como país emergente, também enfrenta dificuldades para prevenir a introdução de espécies exóticas em ambientes de água doce. Esforços são necessários para o entendimento das tramas tróficas e preservação de ambientes de extrema importância, tanto ecologicamente, como economicamente para a sociedade.

7. REFERÊNCIAS

Allan, J. 1976. Life history patterns in zooplankton. *American Naturalist*, Chicago, (110): 165-180.

Agência Nacional de Águas (ANA), 2015. Sistema de acompanhamento de reservatórios. Plataforma SIN. <http://sar.ana.gov.br/MedicaoSin?dropDownListEstados=15&dropDownListReservatorios=19134&dataInicial=01%2F01%2F2015&dataFinal=31%2F12%2F2015&button=Buscar> Acesso em: 10/02/2019

Agostinho A.A., Thomaz, S.M., Gomes L.C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*. 1 (1): 71-78

Alvares C.A., Stape J.L., Sentelhas P.C., Gonçalves J.L.M., Sparovek G. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **22**(6): 711-728. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em 20 de maio de 2019.

Alves, I. C., M. El-Robrini, M. D. L. S. Santos, S. de Moura Monteiro, L. P. F. Barbosa & J. T. F. Guimarães 2011. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, 42(1): 114-124.

Aragão, L.E.O.C., Anderson L.O., Fonseca M.G., Rosan T.M., Vedovato L.B., Wagner F.H., Silva C.V.J., Silva Junior C.H.L., Arai E., Aguiar A.P., Barlow J., Berenguer E., Deeter M.N., Domingues L.G., Gatti L., Gloor M., Malhi Y., Marengo J.A., Miller J.B., Phillips O.L., Saatchi S. 2018. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*. **9**(1): 536-548. Disponível em: <http://10.1038/s41467-017-02771-y>. Acesso em 27 de junho de 2019

Azevedo, F., Dias, J. D., Braghin, L. S. M., Bonecker, C. C., 2012. Length–weight regressions of the microcrustacean species from a tropical floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*. **24** (1): 1-11.

Boltovskoy, D. 1981. *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y metodos de trabajos com el zooplancton mariño*. Mar del Plata. INIDEP. 936p.

Bottrell, H.H., Duncan, A. Gliwicz Z.M., Grygierek, E., Herzig A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurasawa, H., Larsson, P., Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norway journal of zoology* **24** (1): 419-456

Bozelli, R.L. 1994. Zooplankton community density in relation to water level fluctuations and inorganic turbidity in an Amazonian lake, “Lago Batata”, State of Pará, Brazil. *Amazoniana*, **13** (1): 17-32.

Brito, S.A.C., Camargo, M., Melo, N.F.A.C. Estupiñan, R.A. 2015 A checklist for the zooplankton of the Middle Xingu – an Amazon River system. *Braz. J. Biol.* 75(3): S55-S64. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842015000500055&lng=en&tlng=en. Acesso em: 2 de julho de 2019.

Castilho-Noll, M.S.M., Arcifa, M.S. 2007. Length-weight relationships for zooplanktonic species of a tropical Brazilian lake: Lake Monte Alegre. *Acta Limnol. Bras.*, 19 (1) :93-100

CELPA: 1975, Usina Hidroelétrica de Curuá-Una, Belém, Pará, Brazil. Centrais Elétricas do Pará S.A.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2. Primer-E, Plymouth. 148p.

Costa, B. N. S., Pinheiro S. C. C., De Oliveira Lima M., Amado, L. L. 2016. Microzooplankton as an indicator of environmental quality at an industrial complex in the Brazilian Amazon. *Ecological Indicators*. **66** (1): 220-229.

Culver, D. A., Boucherle M. M., Bean, D. J., Fletcher J. W. 1985. Biomass of Freshwater Crustacean Zooplankton from Length-Weight Regressions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42** (1): 1380-1390.

Cunha, E. D. S.; Cunha, A. C.; Silveira Jr, A. M.; Faustino, S. M. M. 2013. Phytoplankton of two rivers in the eastern Amazon: characterization of biodiversity and new occurrences. *Acta Botanica Brasilica*, **27**(1): 364-377

Dufrêne M., Legendre, P. 1997. SPECIES ASSEMBLAGES AND INDICATOR SPECIES: THE NEED FOR A FLEXIBLE ASYMMETRICAL APPROACH. *Ecological Monographs*. 67(3): 345–366. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1890/0012-9615%281997%29067%5B0345%3ASAAIST%5D2.0.CO%3B2> Acesso em 2 de maio de 2019

Dumont, H. J., Van de Velde, I., Dumont, S. 1975. The Dry Weight Estimate of Biomass in a Selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the Plankton, Periphyton and Benthos of Continental Waters. *Oecologia* **19** (1) 75-97.

Elmoor-Loureiro L. M. A. 1997. *Manual de Identificação de Cladóceros Líminicos do Brasil*. Editora Universa. Universidade Católica de Brasília, 155p

EPE, MME. 2017. Plano decenal de expansão de energia 2026. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2026>. acesso em 2 de fevereiro de 2019

Erfanian A., Wang G., Fomenko L. 2017. Unprecedented drought over tropical South America in 2016: significantly under-predicted by tropical SST. *Scientific Reports*. **7**. 5811. Disponível em: DOI:10.1038/s41598-017-05373-2. Acesso em 27 de junho de 2019.

Esteves, F. A. 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 790p

Gazulha, V. 2012. *Zooplâncton límnico manual ilustrado*. Technical Books. Rio de Janeiro. 151p

Ghidini, A. R., Santos-Silva, E.N. 2009. Biomassa de quatro espécies de Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) e sua variação nictmeral no Lago Tupé, Amazonas, Brasil. In: Santos-Silva E. N., Scudeller, V.V. *Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central* (2). Manaus. Editora UEA Ltda. p 54-62

Goulart, M. D. C.; Callisto M. 2003. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. *Revista da FAPAM*. **2**, (1): 153-164.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001. *PAST. Paleontological Statistics software package for education and data analysis*. Palaentologia Electronica 4

Hardy, E.R. & Duncan, A. 1994. Food concentration and temperature effects on life cycle characteristics of tropical Cladocera (*Daphnia gessneri* Herbst, *Diaphanosoma sarsi* Richard, *Moina reticulata* (Daday): I. Development time. *Acta Amazonica*, **24**(2): p. 119-134.

Koste, W. 1974 a. Rotatorien aus einem Ufersee des unteren Rio Tapajós, dem Lago Paroni *Amazoniana*. *Gewäs. U. Abwäs.*, **53** (1): 43-68.

Koste, W. 1972. Rotatorien aus Gewässern Amazonies. *Amazoniana*. **3** (1): 258-505.

Koste, W. 1974 b. Zur Kenntnis der Rotatorienfauna der "Schwimmenden Wiese" einer Uferlagune in der Varzea Amazoniens, Brasilien. *Amazoniana*, **5** (1): 25-60.

Lamparelli, M.C., 2004. *Degrees of trophic in water bodies of São Paulo: Evaluation of monitoring methods*. Doctoral Thesis, Institute of Biosciences, University of São Paulo, São Paulo. 235 p.

Maia-Barbosa, P.M. & Bozelli, R.L. 2006. Community structure and temporal dynamics of cladocerans in an Amazonian lake (lake Batata, PA, Brazil) impacted by bauxite tailings. Brazil. *Acta. Limnol. Bras.*, **18**(1): 67-75.

Maia-Barbosa, P.M. & Bozelli, R.L. 2005. Length-Weight Relationships for five cladoceran species in an Amazonian Lake. Brazil. *Arch. Biol. Technol.*, **48**(2): 303-308.

Matsumura-Tundisi, T. Tundisi, J.G., Souza-Soares, F. and Tundisi, J.E.M. 2015. Zooplankton community structure of the lower Xingu River (PA) related to the hydrological cycle. *Brazilian Journal of Biology*, **75** (1): 47-54. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.03814BM>. Acesso em: 27 de junho de 2019.

Mcauley, E. chapter7. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. In: Downing, J. A. & Rigler, F.H. (2) *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Boston. Blackwell scientific publication. p. 229-265.

McCune, B. & M. J. Mefford, 2006. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 5.10. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Melão, M. G. G.; Rocha, O. 2006. Life history, population dynamics, standing biomass and production of *Bosminopsis deitersi* (Cladocera) in a shallow tropical reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensis*, **18** (1): 433-450.

Melão, M.G.G., Rocha, O., 2001. Productivity of zooplankton in a tropical oligotrophic reservoir over short periods of time. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **27** (5): 2879-2887.

MME/EPE 2017. Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (pp. 1–271). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896> visitado em 16 de maio de 2019

Nandini, S., Hernández-Valdez M., Sarma S. S. S. 2005. "Life history characteristics of cladocerans (Cladocera) fed on waste waters. *Acta hydrochimica et hydrobiologica* v. **33**(2): 133-141

Negreiros, N.F. 2014. *Limnologia de lagos de várzea do rio madeira com ênfase na diversidade e produção secundária da comunidade zooplanctônica*. MS Dissertation.

Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. São Carlos. 242p.

Pederson, G.L., Welch, E.B., Litt, A.H., 1976. Plankton secondary productivity and biomass: their relation to lake trophic state. *Hydrobiologia*. **50**(2): 129-144.

Pennak, R. W. 1957. Species composition of limnetic zooplankton communities. *Limnology Oceanography*, **3** (1): 222-232.

Primack, R. B., Rodrigues, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Londrina, Gráfica Editora Midiograf,

Robertson, B., Hardy E.R. . 1984. Zooplankton of Amazonian lakes and rivers, In: Sioli H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Junk Publishers, Monographie Biological., **56** (1): 763

Santos R.M. 2010. *Estrutura das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, com ênfase na produção secundária do zooplâncton, e fatores ambientais relacionados nos reservatórios do baixo rio tietê, SP*. MS Tese (Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais) São Carlos. SP. 382p

Santos, D.M.; Rocha, E.J.P.; Rolim, P.A.M. 2005. Estudo hidrológico - variabilidade temporal do regime hidrológico da bacia do rio negro, associada ao ENOS. *In: II Congresso de Estudantes e Bolsistas do Experimento LBA*.

Santos, R.M., Negreiros, N.F., Silva, L.C., Rocha, O. and Santos-Wisniewski, M.J. ., 2010, Biomass and production of Cladocera in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil *Braz. J. Biol.* **70** (3): 879-887

Santos-Wisniewski, M.J., Rocha, O., 2007. Spatial distribution and secondary production of Copepoda in a tropical reservoir: Bonita, SP, *Brazilian Journal of Biology*. **67**(2): 223-233.

Satyamurty, P., Da Costa C. P. W., Manzi A. O., 2013. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years. *Theoretical and Applied Climatology* **111** (1): 195-209.

Sprugel, D.G. 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology* 64 (1): 209–210. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1937343> Acesso em: 29 de maio de 2018

Stockwell, J.D. & Johannsson, O.E. 1997. Temperature-dependent allometric models to estimate zooplankton production in temperate freshwater lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54 (1): 2350-2360.

Strickland, J. D. H., Parsons, T. R. 1968. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Ottawa. Fisheries Research Board of Canada. 293p

SYSTAT. 2008. SigmaPlot 11. SYSTAT, San Jose, California, USA.

Ter Braak, C. J. F., 1989. CANOCO—an extension of DECORANA to analyze species-environment relationships. *Hydrobiologia* 184: 169-170.

Thorp, J., Corvich, A. 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates 2*. Academic Press. USA. 1148p.

Timpe, K., Kaplan, D. 2017. The changing hydrology of a dammed Amazon. *Science advances*. **3** (11): 1-14. Doi: 10.1126/sciadv.1700611. Acesso em: 2 de julho de 2019

Tundisi, J. G. 2007. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. *Estudos avançados*. **21**(19): 109-117. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100009>. Acesso em 27 de junho de 2019.

Vijverberg, J. 1989. Culture techniques for studies on the growth, development and reproduction of copepods and cladocerans under laboratory and in situ conditions: a review. *Freshwater Biology*, **21** (1): 317-373.

Waichman, A. V. Römbke J., Ribeiro M.O., Nina N.C. 2002. Use and fate of pesticides in the Amazon State, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, **9** (6): 423-428.

Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I. G., Darwall, W., Lujan, N. K., Harrison, I., Stiassny, M. L. J., Silvano, R. A. M., Fitzgerald, D. B., Pelicice, F. M., Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Albert, J. S., Baran, E., Petrere Jr., M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J. P., Arantes, C. C., Sousa, L. M., Koning, A. A., Hoeninghaus, D. J., Sabaj, M., Lundberg, J. G., Armbruster, J., Thieme, M. L., Petry, P., Zuanon, J., Torrente Vilara, G., Snoeks, J., Ou, C., Rainboth, W., Pavanelli, C. S., Akama, A., van Soesbergen, A., Sáenz, L. 2016 Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*. 351 (1): 128-129. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/351/6269/128>. Acesso em: 2 de julho de 2019.

Zanata, L. H.; Espíndola, E. L. G.; Rocha, O; Pereira, R. H. G. 2003. First record of *Daphnia lumholtzi* (SARS, 1885), exotic cladoceran, in são paulo state (brazil). *Braz. J. Biol.*, **63**(4): 717-720,

Zanata, L.H. 2005. Distribuição das populações de Cladocera (Branchiopoda) nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê: uma análise espacial e temporal. Phd Thesis Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, 282 p.