



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRO-REITORIA DE PESQUISA E POS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE O MICROCLIMA E A  
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NO RESERVATÓRIO  
DA USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA (SANTARÉM,  
PARÁ, BRASIL)**

**SIMONE FIGUEIRA MOREIRA**

**Santarém, Pará  
Maio, 2016**

**SIMONE FIGUEIRA MOREIRA**

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE O MICROCLIMA E A  
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NO RESERVATÓRIO  
DA USINA HIDRELÉTRICA DE CURUÁ-UNA (SANTARÉM,  
PARÁ, BRASIL)**

ORIENTADOR: PROF. DR. KEID NOLAN SILVA SOUSA  
CO-ORIENTADOR: PROF.DR. JÚLIO TOTA DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Processo de Interação da Biosfera e Atmosfera.

**Santarém, Pará  
Maio, 2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – CAMPUS TAPAJÓS –  
UFOPA

N000 Moreira, Simone Figueira

Estudo da Relação entre o Microclima e a Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una (Santarém, Pará, Brasil) – Santarém, 2016.

52p. Ilust.

Bibliografia.

Dissertação de Mestrado. Área de concentração: Processo de Interação da Biosfera e Atmosfera. Universidade Federal do Oeste do Pará, 2016.

Orientador: Sousa, Keid Nolan Silva

Co-orientador: Silva, Júlio Tota da

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, Microclima, Velocidade do Vento, Curuá-Una

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior e pelo confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Keid Nolan Silva Sousa, obrigada por ter se disponibilizado a me orientar e por ter paciência e ensinamentos.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Júlio Tota da Silva, por seus ensinamentos.

Um agradecimento especial aos professores Prof. Dr. Luiz Gustavo Canini, Prof<sup>a</sup>. Dra. Andreia Cavalcante Pereira e ao Mestre e futuro Doutor Paulo Roberto Brasil Santos, os quais considero muito mais que Orientadores. Mostraram-me que mesmo com todos os contratempos e adversidades, era possível vencer essa batalha.

Ao professor Roseilson do Vale, por sua ajuda nas coletas e seus ensinamentos.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia (PPGRNA), por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus amigos do PPGRNA, em especial a turma de 2014.

À minha amada família, minha mãe Maria Cirene, meu pai Pedro Antonio, aos meus irmãos: Marcelo, Sandro e Darlisson (André) e ao meu querido sobrinho Marcelo Filho. Muito obrigada por tudo, tudo o que sou hoje grande mérito a vocês.

Enfim a todos a aqueles que de alguma forma participaram dessa conquista, direta ou indiretamente, para o bom andamento desse trabalho. Muito obrigada a todos.

FIGUEIRA MOREIRA, SIMONE. **Estudo da Relação entre o Microclima e a Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una (Santarém, Pará, Brasil)**. 2016. 52 páginas, Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processo de Interação da Biosfera e Atmosfera – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2016.

## RESUMO

Os efeitos do microclima sobre a comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Amazônicos são pouco conhecidos. O reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una foi construído há 39 anos e caracteriza-se por ter sido alagado com a vegetação em pé, fato que provavelmente ocasionou eutrofização do sistema, devido à decomposição da matéria orgânica. Esse estudo teve por objetivo avaliar a influência do microclima na composição e abundância do fitoplâncton. Para isso foram coletados 26 amostras com periodicidade semanal, no período de 24 de julho de 2015 a 29 de janeiro de 2016. As amostras fitoplanctônicas foram quantificadas em microscópio invertido para o cálculo das densidades. Foram medidas as seguintes variáveis: direção do vento, velocidade do vento, pressão atmosférica, umidade, temperatura do ar, precipitação, ph, transparência, oxigênio dissolvida, temperatura da água, condutividade e turbidez – Os táxons encontrados estiveram distribuídos em oito Divisões, com destaque para a Bacillariophyta, Chlorophyta e Cyanophyta, grupos que apresentaram maiores densidades. Observou-se uma tendência de aumento das densidades algais com a diminuição do nível do reservatório. As análises revelaram que 35,7 % da variação foi explicada pelos variáveis limnológicas, 16,5 % pelas variáveis climáticas e 42,6% por outros fatores que não foram medidos. Entre as variáveis microclimáticas a velocidade do vento foi a mais fortemente relacionada com a variação das densidades observadas. Dessa forma, podemos afirmar que o microclima exerceu influência na densidade do fitoplâncton no período de estudo.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, Microclima, Velocidade do Vento, Curuá-Una

FIGUEIRA MOREIRA, SIMONE. **Estudo da Relação entre o Microclima e a Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una (Santarém, Pará, Brasil)**. 2016. 52 páginas, Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processo de Interação da Biosfera e Atmosfera – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2016.

## ABSTRACT

Little is known about the effects of microclimate on the phytoplankton community in Amazonian reservoirs. The reservoir of the Curuá-Una hydroelectric dam was built 39 years ago and is characterized by being flooded with standing vegetation, a fact that probably caused system eutrophication due to the decomposition of organic matter. This study aimed to evaluate the influence of microclimate in the composition and abundance of phytoplankton. Thus, 26 samples were collected on a weekly basis, from 24 July 2015 to 29 January 2016. To calculate the densities, the phytoplankton samples were counted under inverted light microscope. The following variables were measured: wind direction, wind speed, atmospheric pressure, humidity, air temperature, precipitation, pH, transparency, dissolved oxygen, water temperature, conductivity and turbidity. The taxa found belonged to eight divisions, and Bacillariophyta, Chlorophyta and Cyanophyta, were the groups with the highest densities. There was a trend in increasing the algal density as the water level of the reservoir decreased. The analysis revealed that 35.7% of the variation was explained by limnologic variables, 16.5% by climate variables and 42.6% by unknown factors that were not measured. Wind speed was, amongst the microclimatic variables, the most strongly correlated with the density variation observed. Thus, we can say that the microclimate had some influence on the phytoplankton density in the study period.

**Key-Wordas:** Phytoplankton, Microclimate, Wind Speed, Curuá-Una

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	ix
<b>RESUMO</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	1
1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
1.2. OBJETIVOS	7
1.2.1. Objetivo Geral	7
1.2.2. Objetivos Específicos	7
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	8
2.1. Descrição da área de estudo	8
2.1.1. Delineamento Experimental da Coleta de dados	8
2.2. Coleta dos dados	9
2.3. Análise dos dados	11
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	13
3.1. Resultados	13
3.2. Discursão	32
<b>4. CONCLUSÃO</b>	35
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	36
<b>ANEXOS</b>	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una	9
<b>Figura 2:</b> Densidades (ind.ml-1) dos grupos encontrados no período estudado	15
<b>Figura 3:</b> Variáveis da água encontrados no período estudado, em escala semanal	17
<b>Figura 4:</b> Variação da pluviosidade total	18
<b>Figura 5:</b> Análise descritiva temporal com base nas variáveis do microclima	19
<b>Figura 6:</b> Diagrama de ordenação da Análise de Redundância Canônica (RDA)	20
<b>Figura 7:</b> Resultado do nMDS aplicado a densidade de algas	21
<b>Figura 8:</b> Partição de variância da matriz de densidade de algas	22
<b>Figura 9:</b> Análise descritiva temporal – Cyanophyta com Microclima	24
<b>Figura 10:</b> Análise descritiva temporal – Chlorophyta com Microclima	25
<b>Figura 11:</b> Análise descritiva temporal – Euglenophyta com Microclima	25
<b>Figura 12:</b> Análise descritiva temporal – Bacilariophyta com Microclima	26
<b>Figura 13:</b> Análise descritiva temporal – Chrysophyta com Microclima	27
<b>Figura 14:</b> Análise descritiva temporal – Chytophyta com Microclima	27
<b>Figura 15:</b> Análise descritiva temporal – Total com Microclima	28
<b>Figura 16:</b> Análise descritiva temporal – Cyanophyta com Água	29
<b>Figura 17:</b> Análise descritiva temporal – Chlorophyta com Água	30
<b>Figura 18:</b> Análise descritiva temporal – Euglenophyta com Água	30
<b>Figura 19:</b> Análise descritiva temporal – Bacilariophyta com Água	30
<b>Figura 20:</b> Análise descritiva temporal – Xanthophyta com Água	31
<b>Figura 21:</b> Análise descritiva temporal – Chrysophyta com Água	31
<b>Figura 22:</b> Análise descritiva temporal – Chytophyta com Água	31
<b>Figura 23:</b> Análise descritiva temporal – Dinophyta com Água	32
<b>Figura 24:</b> Análise descritiva temporal – Total com Água	32



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas décadas de 1960 a 1990 foram construídas cinco usinas de hidroeletricidade na Amazônia brasileira, que foi uma estratégia de desenvolvimento adotada pelo Governo e dentre elas a segunda usina construída no interior da floresta Amazônica, foi a Usina Hidroelétrica de Curuá-Una em 1977 que está aproximadamente 72 km ao sul da cidade de Santarém (PA), como parte do sistema interligado de Tucuruí (FARIA, 2006).

Na época da implantação da Usina hidrelétrica de Curuá-Una não houve a preocupação de realizarem-se estudos detalhados, acerca do reservatório, que ao menos, descrevessem as populações e os ecossistemas que, direta e indiretamente, foram afetados, além do efeito que este tipo de empreendimento ocasionou no ciclo hidrológico e na abundância da fauna e da flora. A literatura afirma que o represamento de rios promove inúmeros impactos complexos sobre a biodiversidade local (McALLISTE *et al.*, 2001; McCARTNEY, 2009).

De acordo com ALLAN (1996), na construção de uma hidrelétrica o barramento é uma das principais alterações antropogênicas, para a formação de um reservatório artificial, causadoras de impactos ambientais em rios, uma vez que na presença de barragens, a natural do rio é perdida, com efeitos evidentes na dinâmica de nutrientes e no comportamento das comunidades aquáticas.

### 1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na última década, ocorreram investigações dos reservatórios de água doce acerca da possibilidade de serem fontes de emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> para atmosfera, em regiões boreais (KELLY *et al.*, 1997; HUTTUNEN *et al.*, 2002; TREMBLAY *et al.*, 2005), em regiões temperadas (THERRIEN *et al.*, 2005; SOUMIS *et al.*, 2004) e em regiões tropicais (DELMAS *et al.*, 2001; ROSA *et al.*, 2003; ABRIL *et al.*, 2005; SIKAR *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2006; KEMENES *et al.*, 2007). As pesquisas propõem que os níveis de emissão em climas frios e temperadas são geralmente baixos (UNESCO/IHA 2009), e que podem ser observadas emissões elevadas em sistemas tropicais com anóxia persistente (TREMBLAY *et al.*, 2005).

A superfície de reservatórios é responsável pelas principais trocas gasosas com a atmosfera (ABRIL *et al.*, 2005), porém, emissões significativas podem acontecer após a passagem da água pelas turbinas (KEMENES *et al.*, 2007).

De acordo com a UNESCO/IHA (2008), os reservatórios de água, são usados para regular o fluxo para muitas finalidades, que incluem: o abastecimento de água, irrigação, a redução de inundação, a navegação e as usinas hidrelétricas. A modificação das superfícies terrestres para criar esses corpos de água e as medições de algumas taxas de fluxo relacionadas a superfícies de água indicou que as emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) podem ser expressivas para inventários globais de trocas de gases de efeito estufa. Ou seja, esses ambientes são fontes significativas de dióxido de gases de efeito estufa de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) para a atmosfera, e enterrar ao mesmo tempo mais de carbono orgânico (CO) nos seus sedimentos do que todo o oceano (COLE *et al.*, 2007, TRANVIK *et al.* 2009, AUFDENKAMPE *et al.* 2011). Na interface ar-água de lagos tropicais e de reservatórios as concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  dependem de fluxos de carbono da paisagem circundante, processos aeróbios e anaeróbios na coluna de água, e mistura vertical da coluna de água devido a forças físicas (RICHEY *et al.* 2002; JONSSON *et al.*, 2003). Este complexo conjunto de processos emana em fortes variações diurnas e sazonais e variação espacial nas concentrações de gases (ROLAND *et al.*, 2010).

As emissões de gases em reservatórios inundados incluem o gás carbônico que é formado pela decomposição acima da superfície da água das árvores deixadas em pé, e o metano resultante da decomposição da vegetação aquática, sob condições anóxicas no fundo do lago. FEARNSIDE (2004) descreve que as barragens de usinas hidrelétricas quando construídas em áreas florestadas nos trópicos resultam em emissões de gases de efeito estufa, fato ilustrado pela Hidrelétrica de Curuá-Una, no Estado do Pará.

O efeito estufa é um processo natural que se origina pela emissão de gases em conjunto com o vapor d'água da atmosfera, dessa forma ambos absorvem e emite radiação infravermelha, o que faz com que o planeta mantenha a temperatura média ao redor dos  $14^\circ\text{C}$ , sendo importante para o surgimento e a manutenção da vida no planeta (BAEDE *et al.*, 2001). Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sendo responsáveis por aproximadamente 50; 15,5 e 5% do forçamento radiativo causador do efeito estufa, respectivamente (IPCC, 2007).

O dióxido de carbono como o oxigênio, pode estar presentes na água em quantidades altamente variáveis, mas o seu comportamento na água é um pouco diferente, e a sua ecologia não é tão bem conhecida. Aumentos moderados de  $\text{CO}_2$  na água parecem acelerar a fotossíntese e os processos de muitos organismos.

Em relação ao oxigênio é considerado um fator limitante primário, especialmente em lagos e em águas com decomposição de matéria orgânica. A temperatura e os sais dissolvidos afetam muito na oxigenação da água, a solubilidade do oxigênio aumenta com baixas temperaturas e diminui com altas salinidades. Em ambiente eutrófico, como é o caso de usinas hidroelétricas, pode ocorrer queda na concentração de oxigênio dissolvido, excesso de algas (floração). A quantificação de oxigênio na água provém principalmente por difusão, a partir do ar e da fotossíntese (penetração da luminosa) realizada por plantas aquáticas. O oxigênio difunde-se na água muito lentamente, tornando-se mais rápido quando auxiliado pelos movimentos de vento. Dessa forma, variações diárias, sazonais e espaciais podem influenciar nos teores de oxigênio nos ambientes aquáticos (ODUM, 1988).

A temperatura das águas superficiais varia, dependendo das condições climáticas e sua localização geográfica, o aquecimento tanto direto como indireto das águas superficiais, pode ser influenciado pela fisiografia da bacia de drenagem, material em suspensão na água e pela vegetação marginal, ou de forma mútua (TUNDISI, 1988). A variação da temperatura da água é diretamente proporcional à temperatura do ar e do meio circundante (TUNDISI, 1988). A temperatura, tanto do ar quanto da água, é um parâmetro significativo para o ecossistema, uma vez que as reações químicas e bioquímicas, a solubilidade dos gases dissolvidos e processos biológicos, principalmente, são diretamente influenciados pela temperatura (ESTEVES, 1998).

A transparência é uma medida verificada a partir da penetração da luz na água e é determinada através do disco de Secchi, a profundidade do desaparecimento do disco de Secchi corresponde àquela profundidade na qual a radiação refletida não é mais sensível ao olho humano, sendo que pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. Segundo ESTEVES (1998) a região da coluna d'água, no qual é verificada a transparência, é denominada zona eufótica e sua extensão depende, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática, sendo que o limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície. Quando é verificada baixa transparência pode resultar em oscilações e problemas na água, como baixo nível de oxigênio dissolvido no período noturno; elevados valores de pH, principalmente à tarde, aumentando o potencial tóxico da amônia ou prejudicando a excreção de amônia (KUBITZA, 2003).

Para a turbidez é quando há uma redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão. Ou seja, é a medida da transparência de uma amostra ou corpo d'água,

em termos da redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão ou substâncias coloidais (LACERDA, 2003).

No caso do pH (potencial Hidrogeniônico) é um importante indicador da estabilidade química da água, considera-se meio básico valores superiores a 7 e abaixo, meio ácido. O pH interfere e influencia as reações físico-químicas e bioquímicas na água, em termos de velocidade de reação e viabilidade dos mesmos (LACERDA, 2003).

As análises de variações espaciais e temporais em fluxos são necessárias para responder como ocorrem as emissões de gases de efeito estufa em reservatórios fechados em escala global. Essa escala está sujeita a grandes incertezas, e há uma forte necessidade de mais observações e uma melhor compreensão dos processos incluídos (UNESCO/IHA, 2008).

A produtividade primária é condicionada por uma série de fatores, tais como, por exemplo, luminosidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes, salinidade, pH (WETZEL, 1993). Os fatores luminosidade e temperatura são críticos, como demonstrado pelos níveis de produtividade mais altos em lagos de regiões tropicais quando comparadas aos de zonas temperadas ou frias (WETZEL, 1993). Um reservatório modifica as condições naturais do rio com o aumento de nível, redução da velocidade, estratificação de temperatura e das substâncias de qualidade da água.

Ecologicamente, os reservatórios artificiais comportam uma rede interativa complexa entre os organismos e o seu ambiente físico-químico. Esta rede tem sua dinâmica resultante do permanente processo de resposta às funções de forças climatológicas e aos efeitos produzidos pela manipulação da barragem (TUNDISI, 1999).

Segundo TUNDISI (2003) e COLE *et al.* (2007), os ecossistemas aquáticos são caracterizados como dinâmicos e por apresentam grandes variabilidade no tempo e no espaço, dessa forma, atuam sob influência de fatores climáticos, morfológicos e antropogênicos. Dessa forma as características que descrevem as propriedades de um dado sistema aquático são conhecidas por propriedades ou variáveis limnológicas e variam em um tempo e no espaço, quer em um dado sistema aquático, quer entre sistemas diferentes (NOVO & BRAGA, 1995).

Os sistemas aquáticos possuem uma grande diversidade de espécies, além comporem parte ativa e relevante dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do planeta terra, tornando-os ambientes complexos, propícios ao desenvolvimento de múltiplas espécies vivas da fauna e flora (TUNDISI, 2006). Nestes ambientes, os organismos aquáticos encontram numerosos habitats – complexo ecossistema, os quais são geralmente menos suscetíveis às

flutuações ambientais (PIECZYNSKA, 1995; ARAÚJO, 1996; ESTEVES, 1998). Assim, os reservatórios, possuem capacidade de auto-organização, em constante estruturação e reestruturação de seus componentes, no espaço e no tempo (TUNDISI e TUNDISI, 2008), promovendo grande heterogeneidade de gradientes físicos e químicos no eixo horizontal e vertical (AGOSTINHO, 1992; OLIVEIRA; GOULART, 2000).

A comunidade fitoplanctônica pode ser definida como aquela composta por organismos procariontes e eucariontes fotoautótrofos portadores de clorofila, suspensos na coluna de água e que não apresentam locomoção suficiente para vencer os movimentos da água, além de possuírem densidade ligeiramente superior e que vivem suspensos todo seu ciclo e a fase vegetativa, na coluna d'água (ESTEVES, 2011). A predominância de um ou outro grupo é determinada pelas características predominantes do meio. O estudo da comunidade fitoplanctônica é importante uma vez que estes organismos são, em sua grande maioria, dotados de pigmentos fotossintetizantes, como a clorofila a, constituindo-se o primeiro elo das cadeias alimentares aquáticas (ODUM, 1971).

De acordo com ODUM (1988), se o ambiente apresenta baixa densidade populacional, a seleção favorecerá os organismos r-estrategistas, ou seja, aqueles com alta taxa reprodutiva. No entanto, se a densidade populacional for alta, serão favorecidos os organismos k-estrategistas, que são aqueles com capacidade reprodutiva menor, mas que são mais aptos na utilização e competição por recursos escassos.

TUNDISI (2003) relata a relevância do estudo do fitoplâncton para que se possa compreender a ecologia aquática, pois, a fertilidade dos ambientes hídricos depende, em grande parte, da comunidade fitoplanctônica. Segundo REYNOLDS (2002), o fitoplâncton é o conjunto de organismos microscópios fotossintetizante adaptado, onde passa parte ou todo o tempo de vida em suspensão em água abertas oceânicas ou continentais, possuem grande importância ecológica, pelo fato de serem produtores primários responsáveis pela maior parte do oxigênio gasoso produzido e liberado para a atmosfera.

As flutuações temporais e espaciais do fitoplâncton em suas respectivas composições e biomassa são indicadores eficientes das alterações sejam elas naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos. Pesquisas feitas em épocas diferentes revelam que a composição dos organismos fitoplanctônicos pode variar de acordo com as mudanças nas condições ambientais e físico-químicas no corpo hídrico (MARQUES 2006). A composição físico-química do meio, para o fitoplâncton, é um fator de grande influência sobre sua distribuição,

reprodução e crescimento, que pode promover indesejáveis florações ou limitar certas espécies (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004; RAVEN *et al.*, 2007).

Nos sistemas fechados, alguns grupos de algas, podem desenvolver altas densidades populacionais, inibindo, até mesmo, o crescimento de outros organismos, como ocorre, por exemplo, as Algas Azuis ou Cianobactérias que podem viver em diversos ambientes, até mesmo em condições inóspitas, podendo produzir odor, liberam toxinas (que são uma forma de defesa) e a água pode ficar com um gosto desagradável, desequilibrando os ecossistemas (RAVEN *et al.*, 2001; TUCCI & SANTANA, 2003). As cianobactérias têm despertado grande interesse devido além de sua distribuição ser cosmopolita, possuir elevado número de espécies tóxicas e principalmente pelo crescimento maciço de populações deste grupo em ambientes eutrofizados (KOMÁREK *et al.*, 2002).

O desenvolvimento sazonal, espacial e a sucessão das populações fitoplanctônicas sofrem influência de vários fatores ambientais, tais como, luz e nutrientes, ou seja, os ambientes aquáticos estão sujeitos à alta variabilidade temporal, o que faz com que ocorra uma reorganização de espécies e na abundância relativa, com frequência, das comunidades fitoplanctônicas, como resultado das interações entre as variáveis físicas, químicas e biológicas (REYNOLDS, 2006; DELLAMANO – OLIVEIRA, 2006). Os parâmetros físicos e químicos da água, constitui importante ferramenta utilizada no monitoramento de qualidade das águas, a citar entre outros, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, pH e nutrientes orgânicos e inorgânicos (HARRIS, 1986).

Para as análises e avaliações do desenvolvimento temporal e espacial do fitoplâncton, pode-se dizer que alguns fatores são fundamentais para a regulação do desenvolvimento, como: a luz e temperatura, a regulação da impulsão, como por exemplo, os meios utilizados para permanecer na zona fótica, alterando a taxa de sedimentação, os fatores relacionados com os nutrientes e os fatores biológicos como a competição pelos recursos disponíveis e a predação por outros organismos. Devido à vantagem competitiva de determinada espécie, pode modificar-se quando se alteram as condições físicas e bióticas que condicionam o desenvolvimento (WETZEL, 2001).

Neste trabalho foram monitoradas as variações nas características limnológicas (físicos, químicos e biológicos) temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade, profundidade, e a biota fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica de Curuá-Una.

A partir dessas informações, a pesquisa de mestrado busca estudar o possível efeito das condições microclimáticas, analisadas pelo sistema de torre, com o intuito de avaliar a influência desses parâmetros em relação a comunidade fitoplanctônica do reservatório de Curuá-Uma.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos de fatores climáticos e limnológicos sobre a comunidade fitoplanctônica.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar as densidades da comunidade fitoplânctonica;
- Analisar os parâmetros abióticos e bióticos;
- Determinar as relações entre os fatores abióticos locais sobre diferentes atributos (abundância, riqueza e diversidade) de assembléias de fitoplâncton no reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Uma.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Descrição da área de estudo**

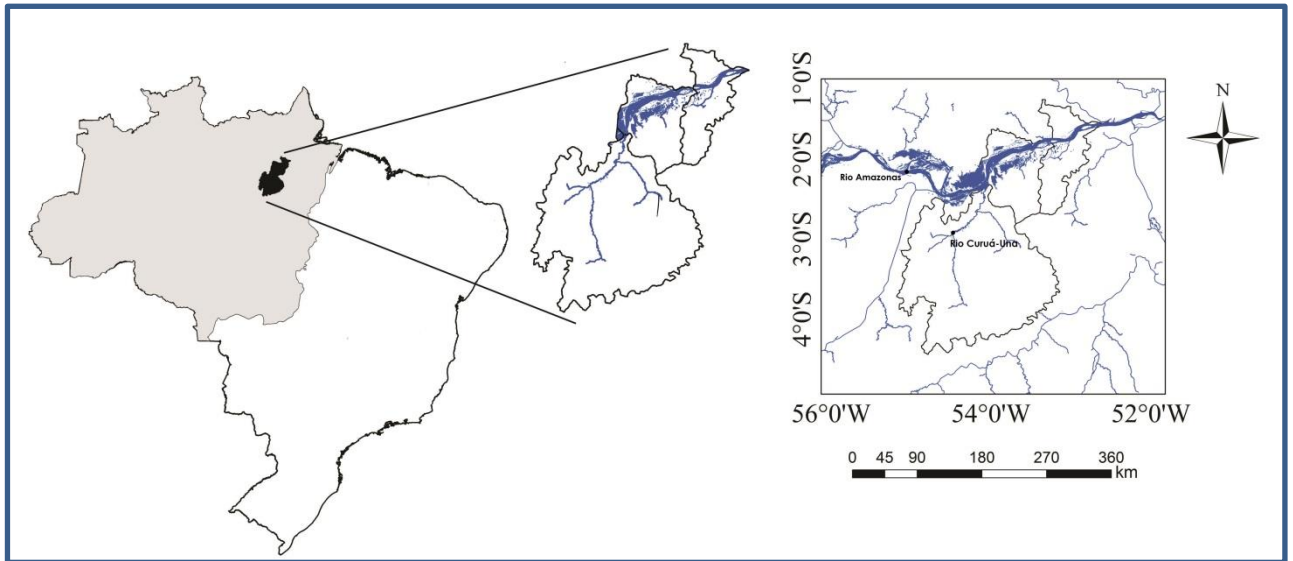
A barragem de Curuá-Una, com 40 MW instalados e localizada no rio Curuá-Una, situa-se a 70 km ao Sudoeste da sede municipal de Santarém, no Estado do Pará, na Cachoeira do Palhão (2°50' Sul e 54°18' Oeste), mais precisamente na margem direita do rio Tapajós, na sua confluência com o rio Amazonas (VIEIRA, 1982).

A Usina é mantida pela ELETRONORTE S/A. O regime hidrológico possui um período de águas altas, e de águas baixas, contudo há um controle artificial da água que deságua pelo vertedouro.

#### **2.1.1. Delineamento Experimental da Coleta de dados**

Na região mediatamente a montante do reservatório delineou-se uma área experimental para obtenção de amostras bióticas, microclima e limnológicas. O experimento foi desenvolvido em um ponto fixo para a coleta das amostragens, obtidas através de um sistema de torre de medida móvel (tipo bóia) a uma distância de 500 metros da barragem, aproximadamente. Na margem esquerda do lago, encontra-se a barragem que é do tipo zonada com núcleo central impermeável, o vertedouro que é superficial (com comportas de setor) e a tomada d'água e casa de força que possuem estrutura de concreto armado. Já na margem direita o lago é composto por uma grande quantidade de "paliteiros" (árvores afogadas), ficando mais evidentes no período das águas baixas. O rio é composto por fauna e flora (aquática), além de suas margens possuírem uma cobertura vegetal com variações locais, devido à irregularidade na topografia, seu solo possui características argilo-arenoso. É um ambiente que recebe águas e que possuem nascentes dentro ou no entorno da Floresta nacional do Tapajós. Ou seja, seu cenário apresenta ampla diversidade paisagística com existência e formação de habitats e nichos ecológicos variados, que se deve principalmente pela ação antrópica intensa na área.





**Figura 1:** mapa de localização da Usina Hidrelétrica, no rio Curuá-Una; Fonte: Roseilson do Vale.

## 2.2. Coleta dos dados

### - Periodicidade das amostragens bióticas e abióticas:

As medições das variáveis foram realizadas através de coletas de campo que duraram um período de 06 (seis) meses, com avaliações periódicas, semanal, visando à caracterização em uma parte do ciclo e não para caracterizar o hidroperíodo. A primeira coleta de dados foi realizada no dia 24 de julho de 2015 e a última no dia 29 de janeiro de 2016, totalizando 26 amostras quali e quantitativas para a comunidade de fitoplânctônica, juntamente com a análise dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água. Entretanto, pelo fato de durante a pesquisa terem ocorrido alguns imprevistos, não foi possível à realização das amostragens de 13 de novembro, 25 de dezembro de 2015 e 01 de janeiro de 2016.

As amostragens foram efetuadas, em um ponto fixo no lago de inundação, com o auxílio de lancha e/ou bote, a montante da barragem, entre o vertedouro e a saída do canal de fuga no rio Curuá-Una. O local de coleta configura-se por apresentar-se permanentemente inundado ao longo do ciclo hidrológico analisado.

O ciclo de coleta de dados contemplou três Matrizes amostrais: (1) Amostragem de Fitoplâncton (Matriz Biótica – Fitoplâncton); (2) Amostragem abiótica (Matriz Limnológica); (3) Amostragem Microclima (Matriz Microclima).

### (1) - Amostragem do Fitoplâncton (Matriz Biológica):

As amostras quantitativas do fitoplâncton, para a determinação da composição e frequência de ocorrência e abundância relativa do fitoplâncton, foram feitas na subsuperfície,

no primeiro metro superficial da coluna d'água, foram realizadas no período da manhã, foram acondicionadas em frascos de plásticos com capacidade de 200 ml, fixadas com solução de lugol forte, conservou-se os frascos recobertos com papel alumínio, por ser volátil em contato com a luz.

A identificação das espécies de algas foi efetuada, no Laboratório de Microscopia do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA/UFOPA. A contagem do fitoplâncton foi feita utilizando-se câmara de sedimentação de Utermöhl (UTERMÖHL, 1958), de 25ml (esperava-se 24 horas para a sedimentação) e de 50 ml (esperava-se 48 horas para a sedimentação), ambas câmaras eram acondicionadas em caixas térmicas até a sedimentação ser concluída, posteriormente o material era levado para o microscópio invertido com contraste de fase. O procedimento de contagem em microscópio invertido (Zeiss – Axiovert A1). Dessa maneira, através da comparação com a bibliografia específica, foram considerados os caracteres morfológicos e morfométricos das espécies estudadas.

Para a escolha do procedimento de contagem, utilizaram-se os campos aleatórios, descritos por UEHLING (1964). As coordenadas dos campos foram geradas por computador, de modo que gerasse um sistema aleatório diferente para cada amostragem, e estes foram localizados na platina do microscópio. O critério utilizado para a determinação do número de campos a serem contados foi o que procura alcançar 100 indivíduos da espécie mais abundante. De acordo com LUND *et al.* (1958), essa forma de contagem permite trabalhar com intervalos de confiança de +/- 20 % da média, a um nível de significância de 95%, o que é considerado como suficiente para estudos desta natureza.

Foram obtidas três matrizes: uma matriz de densidade de algas; uma de matriz de água; e uma matriz de microclima. O cruzamento de informações bióticas e abióticas permitirá mapear e relacionar o ambiente aquático e aéreo sobre o reservatório formando uma base de dados que permitirá estudar e evoluir no entendimento dos processos que regulam a vida em um ambiente aquático fechado na região tropical.

## **(2) - Amostragem Abiótica (Matriz Limnológica):**

Nas diferentes estações de amostragem foram analisados os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), transparência (m), oxigênio dissolvido (mlg/L), temperatura da água (°C), condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) e turbidez (NTU). Todas as amostras foram analisadas *in situ*, exceto para a condutividade e a turbidez, devido alguns contratempos não foi possível à realização de todas as análises *in situ*, onde as amostras coletadas devidamente armazenadas e

acondicionadas em um recipiente (200 ml) foram conduzidas para o laboratório de Química – ICTA. Para a medição desses parâmetros utilizou-se: para o pH, medidor de pH e temperatura YSI. S/N: 14F100736; para a transparência, disco de Secchi; para a temperatura da água e o oxigênio dissolvido, oxímetro marca Lutron-DO 5519, para a condutividade, condutivímetro marca tecnopon mPA-210p e mCA-150p; e para a turbidez, multiparâmetro modelo YSI 556 MPS. As amostras utilizadas encontravam-se na subsuperfície (primeiro metro da coluna d'água).

### **(3) - Amostragem do Microclima (Matriz Microclimática):**

Os dados do microclima analisados foram: Direção do vento - graus; (b) velocidade do vento (m/s); pressão (mbar), umidade (%), temperatura do ar (°C); e precipitação (mm). O equipamento de medição foi um sistema de torre de medidas móvel (tipo bóia) no entorno do reservatório, concebidos, montados e financiados por projetos de pesquisa do Laboratório de Física e Química da Atmosfera do IEG e ELETRONORTE por convenio com o ICTA - UFOPA.

Para subsidiar as avaliações do regime pluvial, deste estudo foram utilizados os valores da somatória das precipitações diárias semanalmente, a partir dos dados meteorológicos gentilmente disponibilizados pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, os dados solicitados foram: ID 30901 – UF: PA – ESTAÇÃO: UHE CURUA-UNA MONTANTE, para o período de 18 de julho de 2015 a 29 de janeiro de 2016.

## **2.3. Análise dos dados**

A análise de dados foi desenvolvida em duas fases: (1) Descrição geral do comportamento dos dados conforme matrizes amostrais, utilizando-se estatística descritiva e testes univariados; (2) Análise de relações entre as matrizes com o emprego de Análises multivariadas.

Com a finalidade de analisar as relações da densidade de algas e a variação temporal das variáveis ambientais, de forma individual ou par a par, foram calculados os coeficientes de correlações de Pearson e suas significâncias foram calculadas por meio de um teste t bicaudal com 2 graus de liberdade.

Para demonstrar o agrupamento dos pontos amostrais segundo as similaridades na composição de algas foi realizada uma ordenação não-métrica das similaridades por meio de

uma análise de proximidade (nMDS), a similaridade entre as amostras foi medida através da matriz de similaridade, utilizando-se o coeficiente de Bray-Curtis, todas as análises a cima foram realizado com auxílio do software livre PAST 2,17 (HAMMER *et al.* 2001).

Para discriminar quais as variações de densidade de algas (8 variáveis sintéticas) com as variáveis relacionadas aos parâmetro físico-químicos (pH, Oxigênio dissolvido, condutividade, transparência e turbidez) e as variáveis relacionadas ao microclima (Pressão, Velocidade do vento, Direção do vento, Umidade, temperatura e precipitação) utilizou-se uma (RDA) Analise de Redundância Canônica (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Esta uma técnica de ordenação direta de uma matriz de variáveis de interesse (Matriz algas), condicionada pela explicação de uma matriz de variáveis explicativas (matrizes água e microclimáticas). A significância de cada variável foi determinada utilizando-se testes de permutações de Monte Carlo com 9999 permutações, a um nível de significância de  $\alpha \leq 0,05$ .

Antes de realizar esses procedimento foi necessário diminuir o efeito de discrepância de densidade de algas muito abundante em relação as algas menos abundantes da matriz de variáveis resposta (Matriz Algas), para isso foi utilizada a transformação de Hellinger (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001). A transformação de Hellinger é dada pela raiz quadrada da densidade da alga x dividida pela densidade total da amostra.

O próximo passo foi quantificar em percentuais o efeito das variáveis explicativas sobre as variáveis de interesse, foi realizado uma partição de variância, através do protocolo proposto por BORCARD *et al.* (1992), e complementado por Peres-Neto *et al.* (2006), estimando-se quatro frações de variância da densidades de algas, sendo [a] a fração explicada unicamente pelas variáveis relacionadas a matriz água, [c] é a fração explicada unicamente pelas matriz do microclima, [b] é a intersecção entre as partes explicada tato pela água quanto pelo microclima e [d] fração que não pode ser explicada por nenhuma dessas variáveis, ou seja, é o resíduo. Todas as análises foram executadas com o auxílio do programa CANOCO (versão 4.5) (TER BRAAK; SMILAUER, 2002).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Resultados

##### - Descrição geral das Matrizes Amostrais

##### (1) - Amostragem do Fitoplâncton (Matriz Biológica):

A análise das 26 amostras revelou a presença dos seguintes grupos algais na composição do fitoplâncton da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una: Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Chrysophyta, Cryptophyta e Dinophyta. Entre eles, o que apresentou maiores densidades foi Bacillariophyta, responsável por mais de 48,20 % da densidade total de indivíduos, quando consideradas todas as amostras, seguido por Chlorophyta e Cyanophyta (Tabela 1).

As densidades observadas para Cyanophyta e Bacillariophyta apresentaram tendência de aumento de outubro a novembro, caracterizando o início do período seco, onde os indivíduos mostraram-se sempre presentes nesse período, mostrando-se uma correlação direta com o período seco e indireta com o período cheio (Figura 2a e 2d).

Para a Chlorophyta, verificou-se um aumento gradativo dos valores da densidade do período chuvoso para o período seco, mostrando-se uma correlação indireta com o período seco (Fig. 2b).

Quando se verifica a densidade da Euglenophyta, aparentemente apresenta tendências e apresentam picos de densidades de aumento gradativo durante todo o decorrer dos períodos, com tendência de maiores valores de densidade para o período seco, o máximo valor encontrado foi 42 ind.ml<sup>-1</sup> (Figura 2c).

Em relação à Xanthophyta apresenta-se de forma rara e de menor densidade ao longo do tempo, predominando valores mínimos de 0 ind.ml<sup>-1</sup>, e poucos valores diferente de 0, destacando-se o máximo 17 ind.ml<sup>-1</sup> (Fig. 2e).

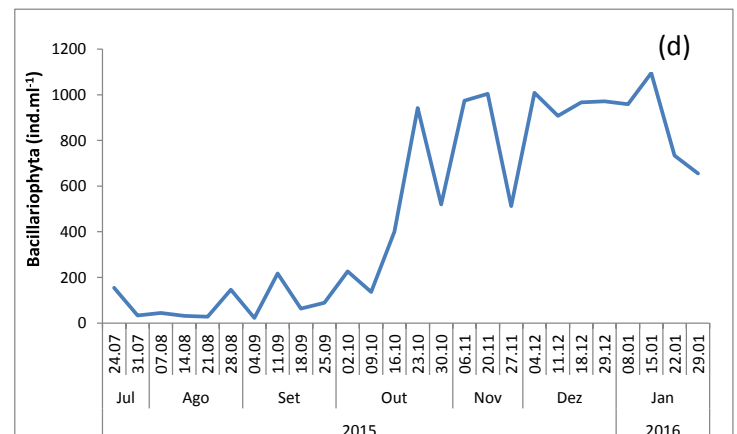
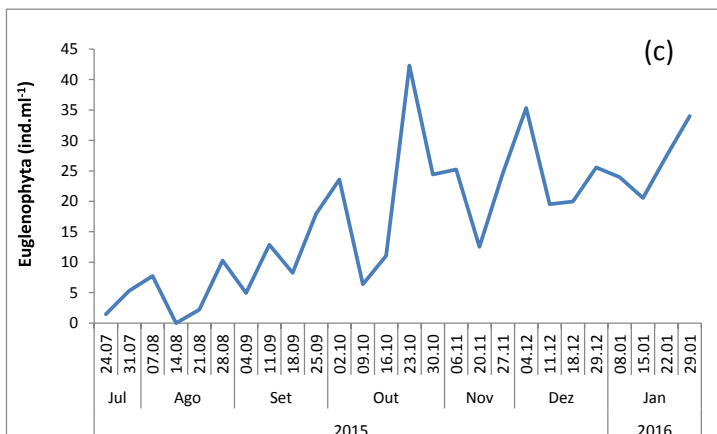
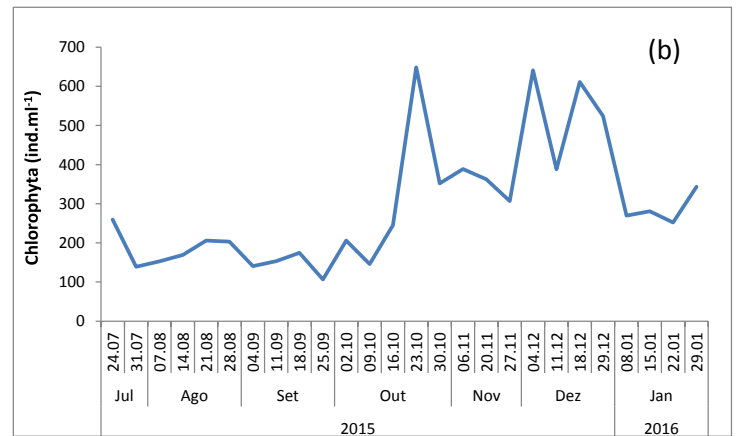
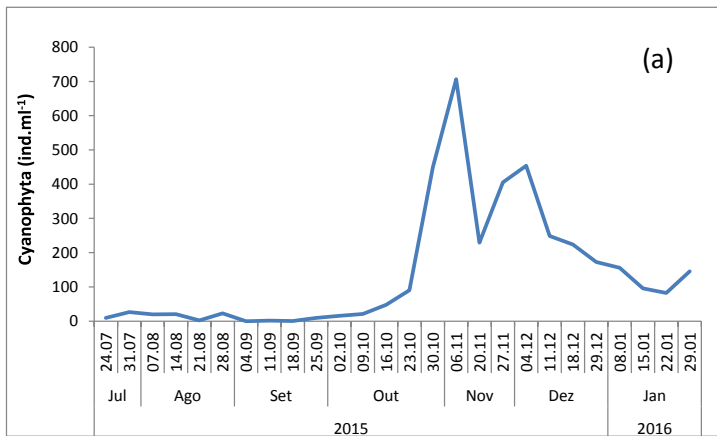
Para a densidade Chrysophyta, observou-se que sua disposição ao longo do período de estudo, ocorre um pequeno aumento e posterior queda no período chuvoso e na transição do período chuvoso para o seco ocorreu um aumento da densidade, com pico de subida e descida (Figura 2f).

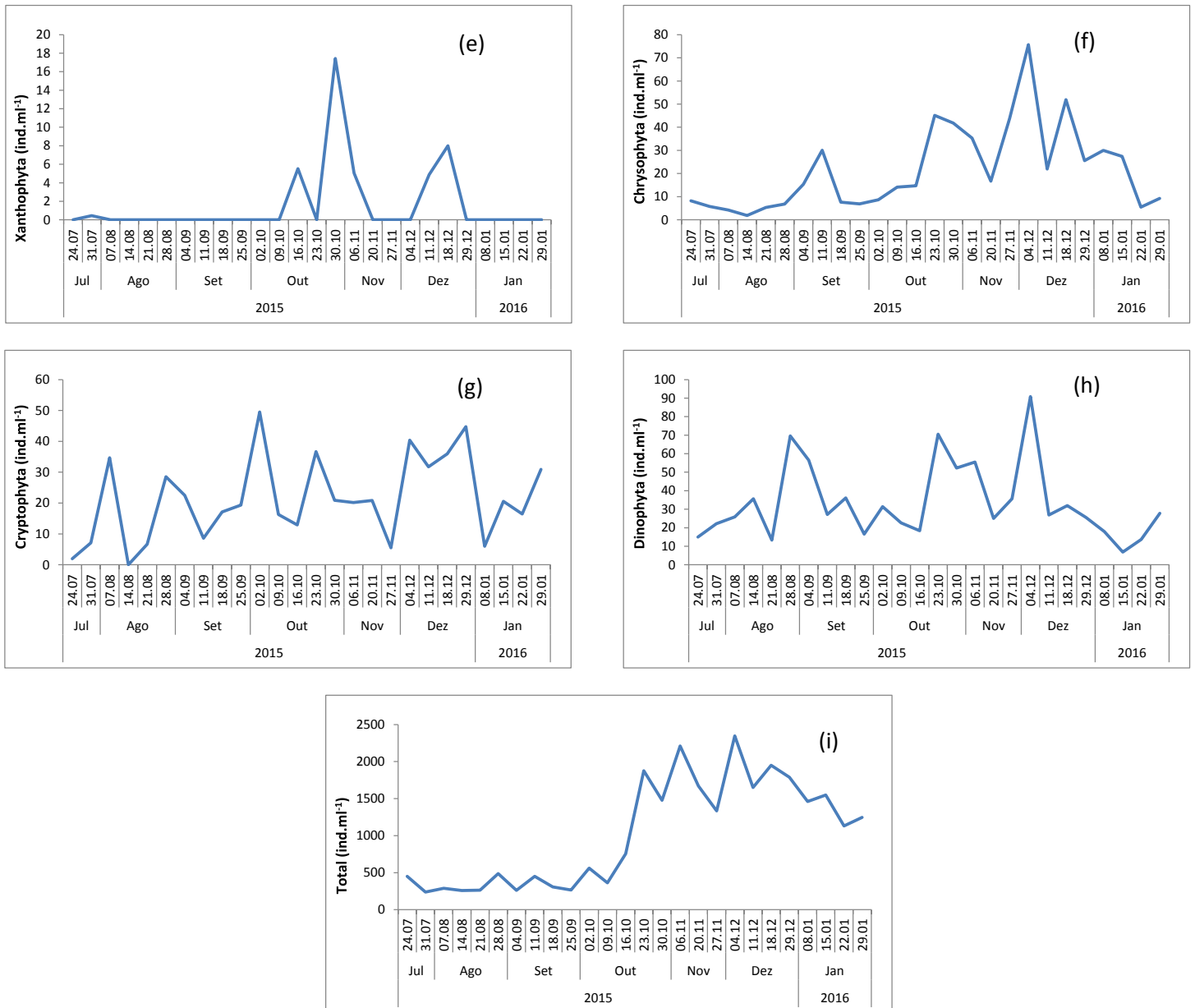
No caso da densidade da Cryptophyta e da Dinophyta, aparentemente não ocorrem tendências e apresentam picos de densidades de aumento abrupto e declínio gradativo durante todo o período de estudo (Figura 2g, h).

A densidade total, considerando-se todos os grupos encontrados, por amostra, apresentou-se mais baixa e estável desde o final de julho a meados de outubro (período chuvoso), quando se observou um aumento gradativo das densidades, no período seco (outubro a final de janeiro) (Fig. 2i).

**Tabela 1** – Análise descritiva da densidade das algas, durante o período de estudo (Min - Mínimo, Max - Máximo, Desv.Padrão - Desvio Padrão).

Densidade de algas	Total	Min	Max	Média	Desv.Padrão	Erro Padrão
Cyanophyta/Cyanobacteria	3656,94	0	706	140,65	181,82	35,66
Chlorophyta	7668,52	106	649	294,94	159,04	31,19
Euglenophyta	447,39	0	42	17,21	11,26	2,21
Bacillariophyta	12842,93	22	1096	493,96	408,95	80,20
Xanthophyta	41,32	0	17	1,59	3,91	0,77
Chrysophyta	559,77	2	76	21,53	18,37	3,60
Cryptophyta	555,84	0	50	21,38	13,60	2,67
Dinophyta	870,96	7	91	33,50	20,50	4,02
Total Geral	26643,67	239	2346	1024,76	710,51	139,34





**Figura 2:** Densidades (ind.ml<sup>-1</sup>) dos grupos encontrados no período estudado, em escala semanal: (a) Cyanophyta; (b) Chlorophyta; (c) Euglenophyta; (d) Bacillariophyta; (e) Xanthophyta; (f) Chrysophyta; (g) Cryptophyta; (h) Dinophyta; e (i) todos os grupos.

## (2) - Amostragem Abiótica (Matriz Limnológica):

Considerando-se as variáveis da água, o pH, a Transparência e a Temperatura da água obtiveram pouca oscilação de valores em comparação o Oxigênio dissolvido, a Condutividade e a Turbidez (Figura 3).

Os valores encontrados para o máximo e mínimo das variáveis que obtiveram pouca oscilação ao longo do período estudado foram: pH (máximo= 7,46 e mínimo= 5,47); e Temperatura da água (máximo= 31,6 °C e mínimo= 26 °C), conforme verificado na Figura 3

(a,d), respectivamente, pode-se também observar que também não ocorreu variabilidade ao longo da série estudada.

Em relação a variável Transparência, observou-se uma aparente tendência do período chuvoso para o período seco (máximo= 2,12 m e mínimo= 1,15 m), Figura 3b.

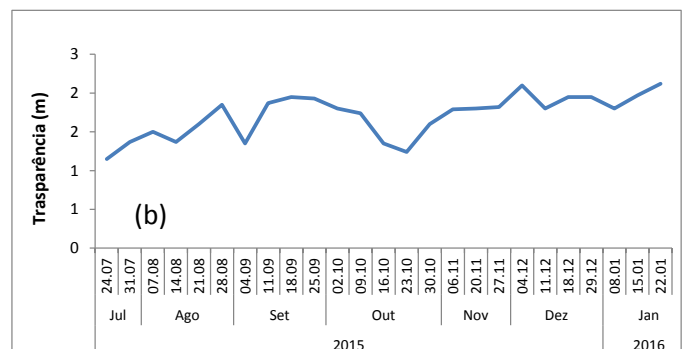
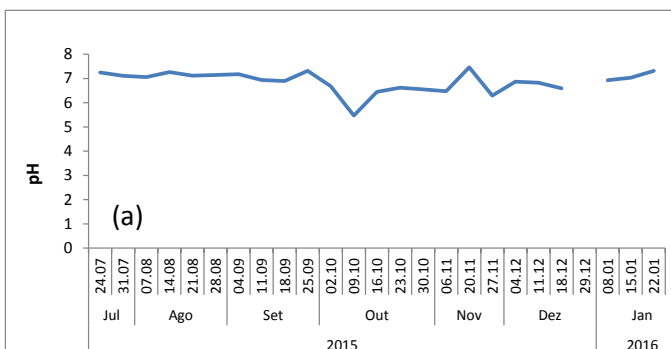
Para o Oxigênio dissolvido (Figura 3c), não correu variabilidade até 30 de outubro de 2015, após isso ocorreram dois picos, posteriormente ocorreu uma tendência de queda a partir desses dois períodos, o máximo valor foi 11,4 mg/L e o mínimo valor foi 3,4 mg/L.

Na Figura 3f, para a variável Turbidez, constatou-se um pico máximo de 5,13 NTU, após esse período ocorreu uma queda progressiva até 22 de janeiro de 2016, com um valor de 2,13NTU.

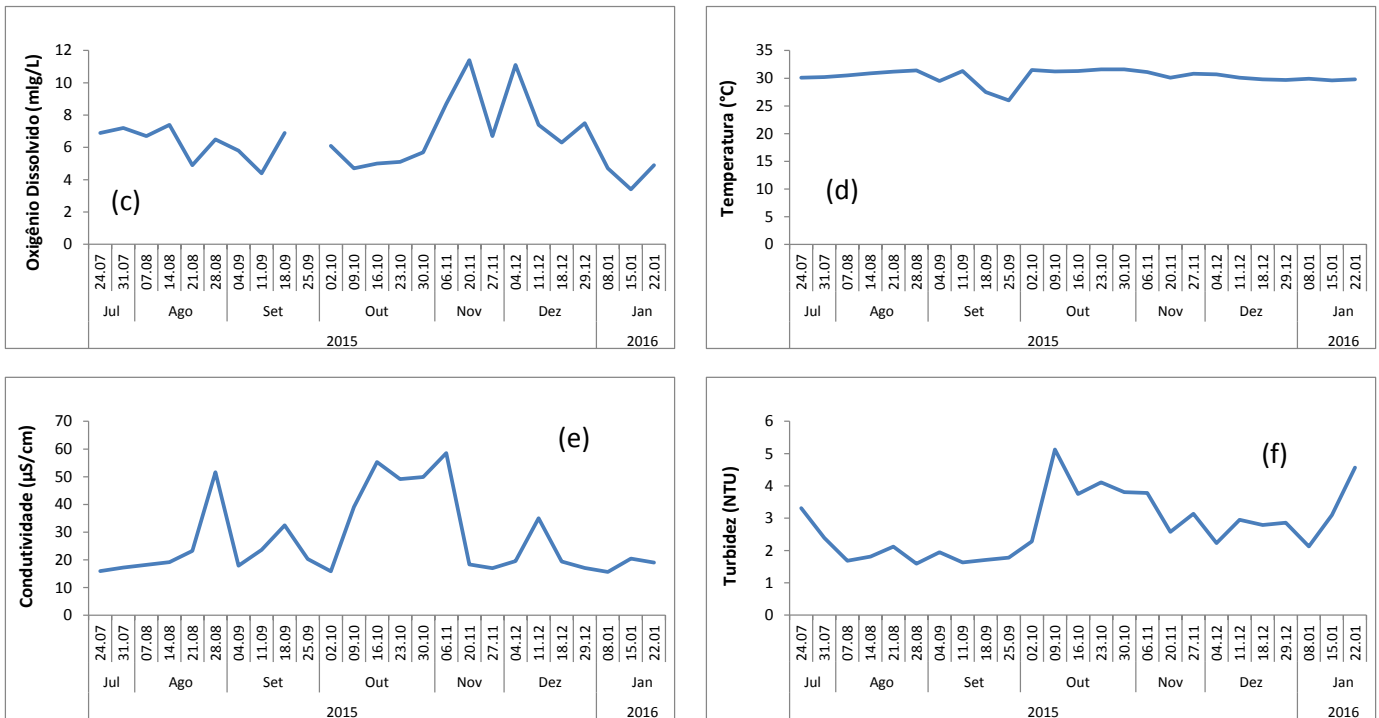
A Condutividade (Figura 3e) se mostrou ao longo da série com uma alta variabilidade, com oscilações de valores, destacando-se com máximo valor de 58,51 $\mu$ S/cm e mínimo valor 15,99  $\mu$ S/cm.

**Tabela 2** – Análise descritiva da matriz água, durante o período de estudo (Min - Mínimo, Max - Máximo, Desv.Padrão - Desvio Padrão).

Matriz Água	Min	Max	Média	Desv.Padrão	Erro Padrão
pH	5,47	7,46	6,8496	0,437336	0,087467
Transparência	1,15	2,12	1,723846	0,276392	0,054205
Oxigênio Dissolvido	3,4	11,4	6,444	1,892547	0,378509
Temperatura	26	31,6	30,41654	1,130695	0,221748
Condutividade	15,69	58,51	27,13808	14,18133	2,781187
Turbidez	1,59	5,13	2,761154	0,96729	0,189701





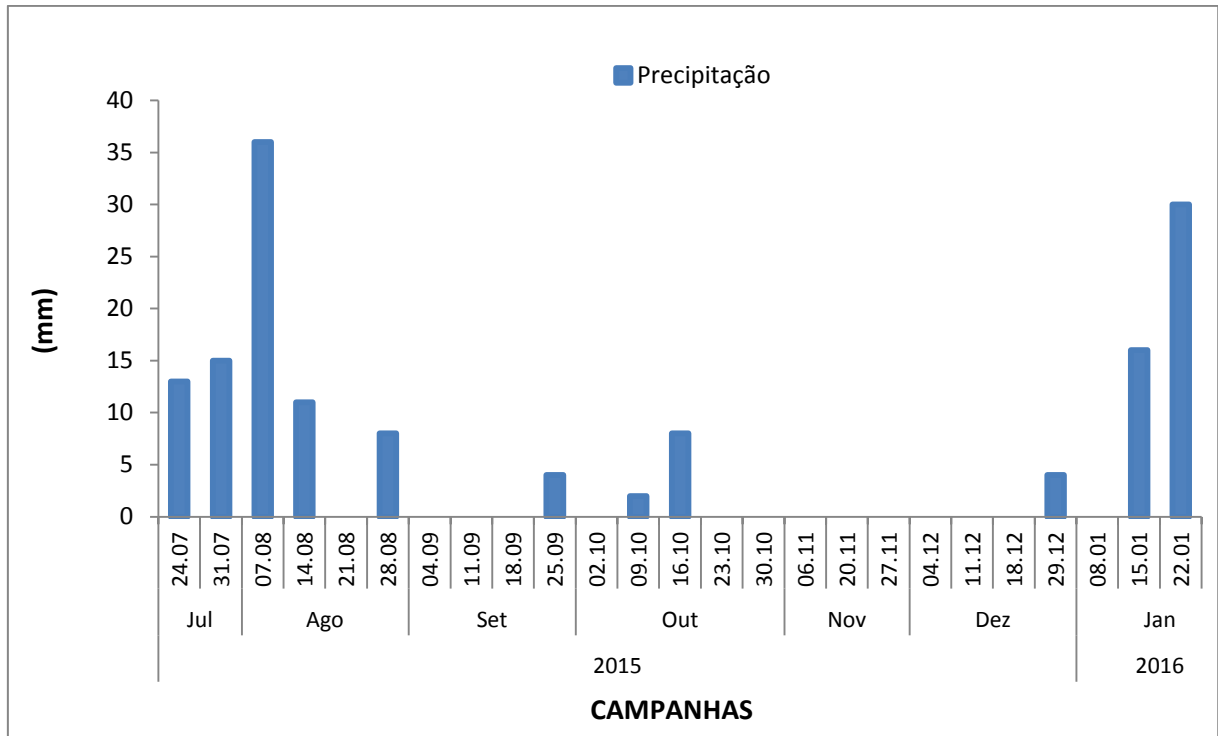


**Figura 3:** Variáveis da água encontrados no período estudado, em escala semanal: (a) pH; (b) Transparência – m; (c) Oxigênio dissolvido – mg/L, (d) Temperatura - °C, (e) Condutividade - µs/cm; e (f) Turbidez – NTU.

### (3) - Amostragem do Microclima (Matriz Microclimática):

Para os dados do microclima, observou-se os totais diários de precipitação em ambos os períodos (chuvoso e seco) fora somados e obtidos os seus totais semanais e para os demais dados da matriz microclimáticas, foram coletados no momento da coleta das demais matrizes. Com base nesses totais extraiu-se um conjunto de estatística (valores extremos de máximo e mínimo, médias, desvio-padrão e erro padrão) apresentados na Tabela 3.

Na Figura 4 e na Figura 5f, a Precipitação, apresenta a variação da pluviosidade total referente a cada semana de coleta em que as campanhas de amostragem foram realizadas. A pluviosidade foi medida através da somatória dos dados semanalmente. O máximo valor registrado foi 36 mm que ocorreu em 07 de agosto e o mínimo valor encontrado foi 0 mm ao longo desse período, que pode ser explicado pela seca extrema que ocorreu.



**Figura 4:** Variação da pluviosidade total correspondente aos meses em que as campanhas de amostragem foram realizadas. Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

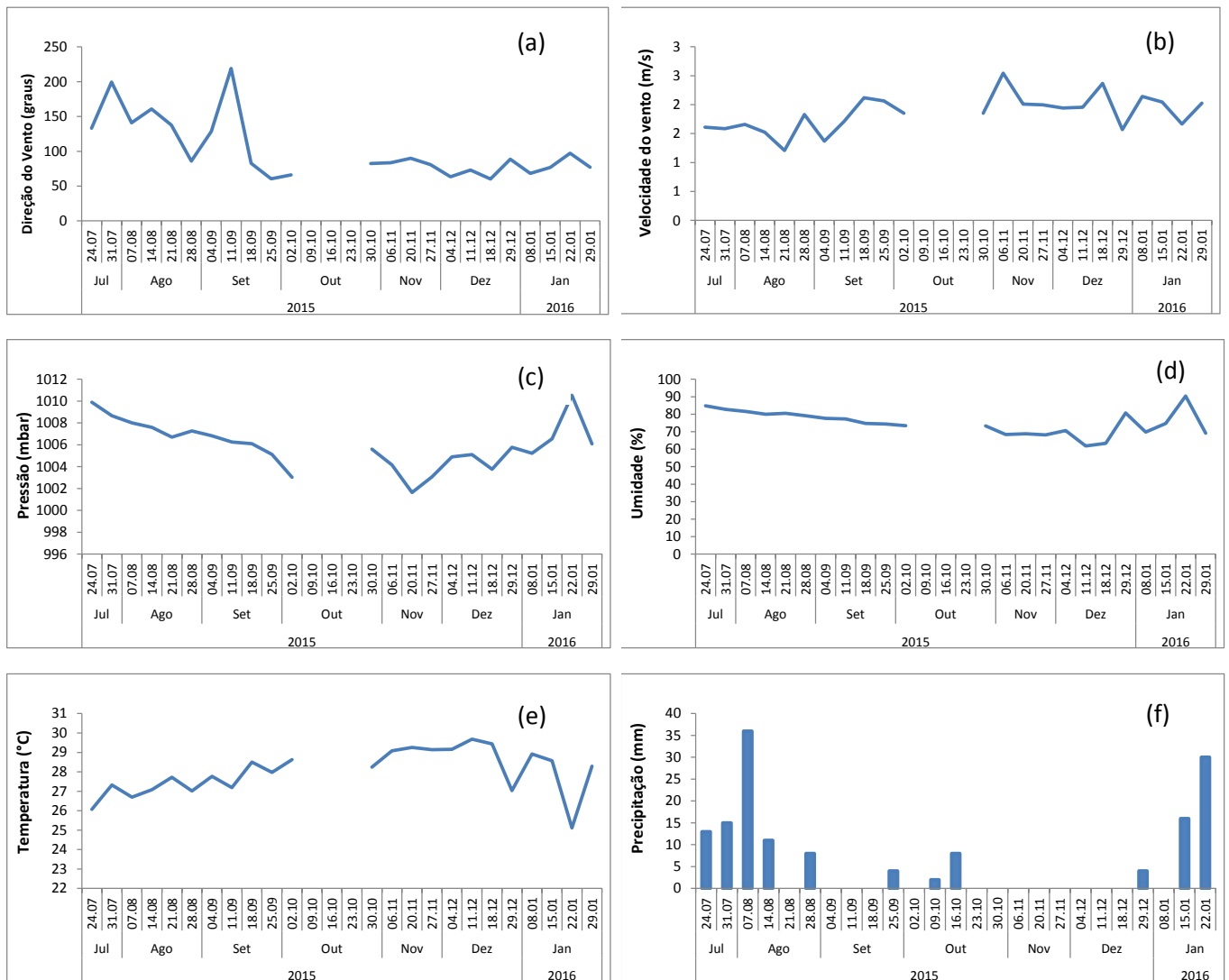
Na Figura 5 (a-e), entre o período de 09 a 23 de outubro de 2015 ou são dados não amostrados ou ausentes (*missing values*). Observou-se que para a variável Direção do vento (Fig. 5a) possui uma tendência de declínio ao longo da série estudada, alcançando valor máximo aproximado de 219 (graus) e mínimo na faixa de 60,275 (graus).

Para as variáveis do microclima presentes na Figura 5 (b,c,d,e), que correspondem ,respectivamente, a Velocidade do vento (máximo= 2,545 m/s e mínimo= 1,210 m/s), Pressão (máximo= 1010,538 mbar e mínimo= 1001,636 mbar), Umidade (máximo= 90,372 % e mínimo= 61,836 %) e Temperatura (máximo= 29,677 °C e mínimo= 25,117 °C), ao longo do período observou-se pouca variação dos valores encontrado.

Conforme indica a Figura 5 (b, c, d, e), a Velocidade do vento, a Pressão, a Umidade e a Temperatura obtiveram pouca variação ao logo do período de estudo, enquanto que a Direção do vento e Precipitação foram os dados mais elevados. De modo geral, as variáveis microclimáticas variaram pouco ao logo do gradiente longitudinal, com exceção da Precipitação.

**Tabela 3** – Análise descritiva da matriz do microclima, durante o período de estudo (Min - Mínimo, Max - Máximo, Desv. Padrão - Desvio Padrão).

Matriz Microclima	Min	Max	Média	Desv. Padrão	Erro Padrão
Direção do Vento	60,28	219,01	102,4696	44,06393	9,187964
Velocidade do vento	1,21	2,55	1,855217	0,312772	0,065217
Pressão	1001,64	1010,54	1005,996	2,14139	0,446511
Umidade	61,84	90,37	75,0313	6,99911	1,459415
Temperatura do ar	25,12	29,68	27,99652	1,166785	0,243292
Precipitação	0	36	5,653846	9,591422	1,881033

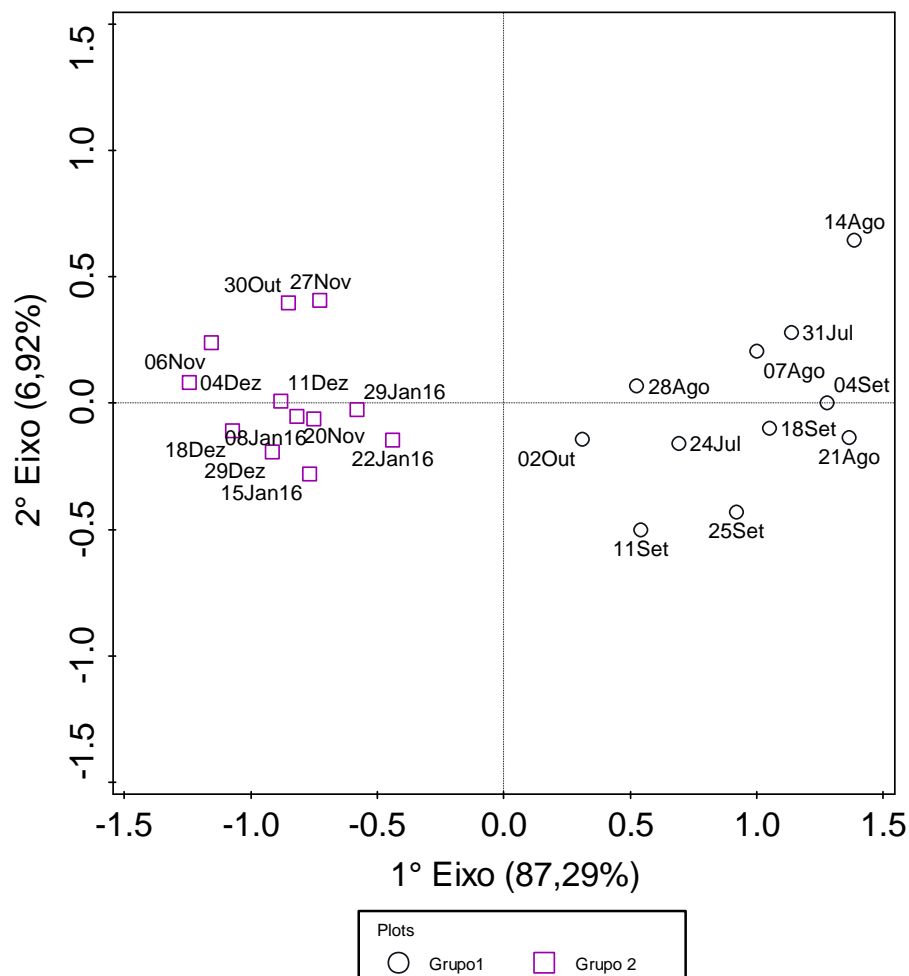


**Figura 5:** Variáveis do microclima indicadas pelas linhas azuis, exceto para a precipitação, demonstrada em colunas azuis. Nota das variáveis do microclima: (a) Direção do Vento - graus; (b) Velocidade do Vento – m/s; (c) Pressão - mbar, (d) Umidade - %, (e) Temperatura do ar- °C; e (f) Precipitação – mm.



variáveis foram a velocidade do vento, turbidez, oxigênio dissolvido e transparência da água. Esse gradiente explica 46,51% a variabilidade temporal da densidade de algas, em relação ao segundo eixo explica 4,94% sendo que não pode-se relacionar com nenhuma variável (resíduo) ambiental coletada nesse estudo.

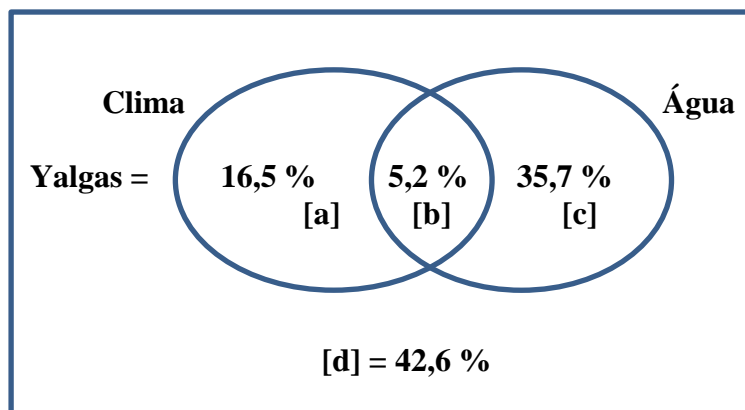
Também pode-se observar na Figura 6 e 7 que houve uma separação temporal entre os descritores (estações amostrais) a partir da análise de nMDS, mostrando claramente que a distribuição temporal da densidade de algas está em função da sazonalidade formando dois grupos que é explicado 87,29 % pelo 1º eixo, sendo o primeiro grupo (Grupo 1) a transição do período que ocorreu precipitação (menos seco) com valor máximo de 36 mm (Tabela 3) para período seco. O Grupo 2 pode ser caracterizado como extremamente seco no período, só correndo chuva nos últimos dias de coleta.



**Figura 7** - Resultado do nMDS aplicado a densidade de algas, os descritores referentes aos períodos de coleta com os seus respectivos símbolos que caracterizam os grupos.

As densidades de Cyanophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Chlorophyta e Euglenophyta estão diretamente relacionadas com os maiores valores de velocidade do vento, enquanto que as Xanthophyta tem maior relação com maiores valores de turbidez, já para as Cryptophyta e Dinophyta possui maior relação quando o ambiente possui maiores concentrações de oxigênio dissolvidos e maiores valores de transparência de água. Pode-se também observar que as densidades desses grupos de algas que apresentaram maiores valores no Grupo 2 e que são inversamente proporcional aos valores de pH, direção do vento e umidade (Figura 6 e 7).

A partição de variância da matriz de densidade de algas é mostrada na Figura 8. A partição baseia-se na estatística do  $R^2$  ajustado (coeficiente de determinação) alcançando 57,4% de explicação total das duas matrizes explicativas (Clima e Água). O total explicado unicamente pela matriz clima [a] foi 16,5 %; a variação explicada unicamente pela matriz água [c] foi de 35,7 %. A fração que não pode ser explicada, ou seja, a parte residual é de 42,6 %, a intersecções observadas entre as variáveis climáticas e da água explicam juntas 5,2 % da variabilidade da densidade de algas. Os efeitos condicionais (quantidade de explicações individuais) da matriz clima foram 14,6% para a velocidade do vento, 4,5% para direção do vento e 2,6% para umidade. Para matriz água os efeitos condicionais para transparência foi de aproximadamente 10,7%, turbidez 7%, pH 3,5% e oxigênio dissolvido 4%.



**Figura 8:** Partição de variância da matriz de densidade de algas

#### - Análise de Correlação Matriz Fitoplâncton x Matriz Microclima

Na Tabela 4, procederam-se as análises dos coeficientes de correlação Pearson simples entre as variáveis microclimáticas com as variáveis do grupo taxonômico de algas (densidade). Observou-se, que quanto ao efeito da Direção do vento e da Pressão, ambas

obtiveram uma correlação significativa ( $p < 0,05$ ) com as densidades de Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Cryptophyta apesar desta relação ser relativamente baixa, entretanto, para as densidades de Xanthophyta e Dinophyta a correlação não foi significativo.

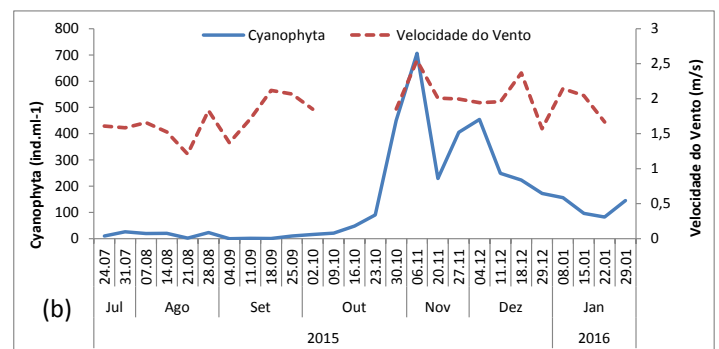
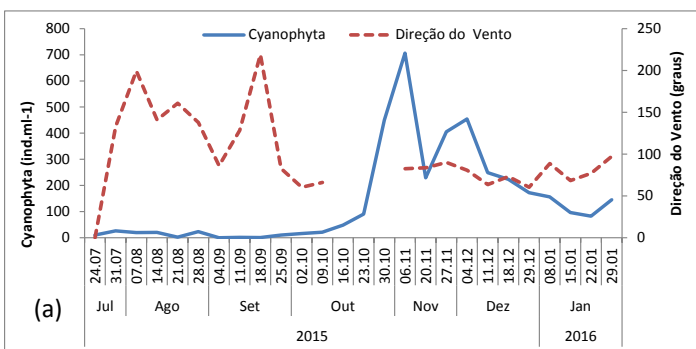
Para o efeito das variáveis da Velocidade do vento, da Umidade, da Temperatura do ar e da Precipitação, ambas apresentaram correlação significativa ( $p < 0,05$ ) para as algas Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta e Chrysophyta, e correlação não significativa para as demais algas. Constatou-se na variável de Precipitação que o maior coeficiente de correlação encontrado foi na densidade de Bacillariophyta ( $r = -0,89$ ).

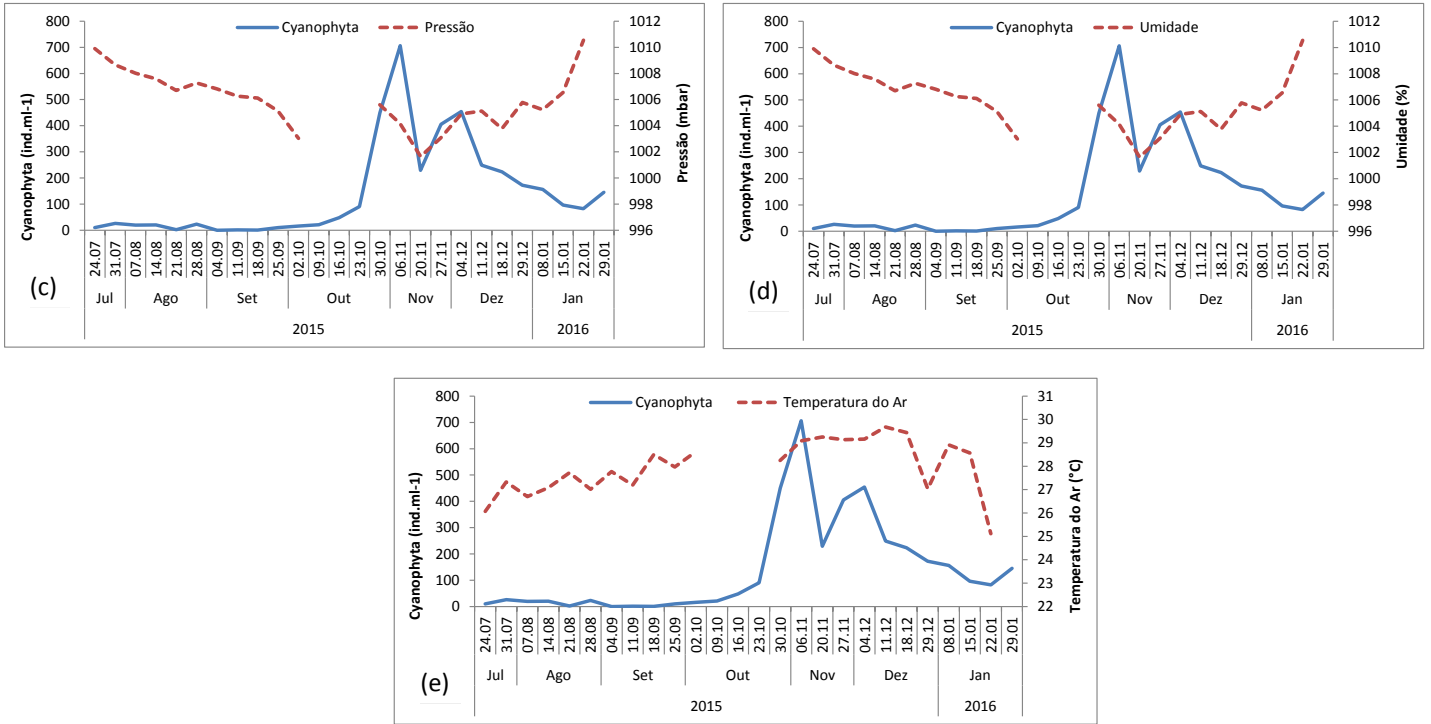
No caso da densidade Total, observou-se correlação significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 4** - Coeficientes de correlação entre as variáveis do grupo taxonômicos de algas (Cyanophyta - Cyan, Chlorophyta - Chlor, Euglenophyta - Eugle, Bacillariophyta - Bacilla, Xanthophyta - Xanth, Chrysophyta - Chry, Cryptophyta - Crypt e Dinophyta - Dino) e das variáveis microclimáticas: Direção do Vento (Dir.Vento), Velocidade do Vento (Veloc.Vento), Pressão, Umidade, Tempertura do ar (Temp.ar) e Precipitação (Prec.).

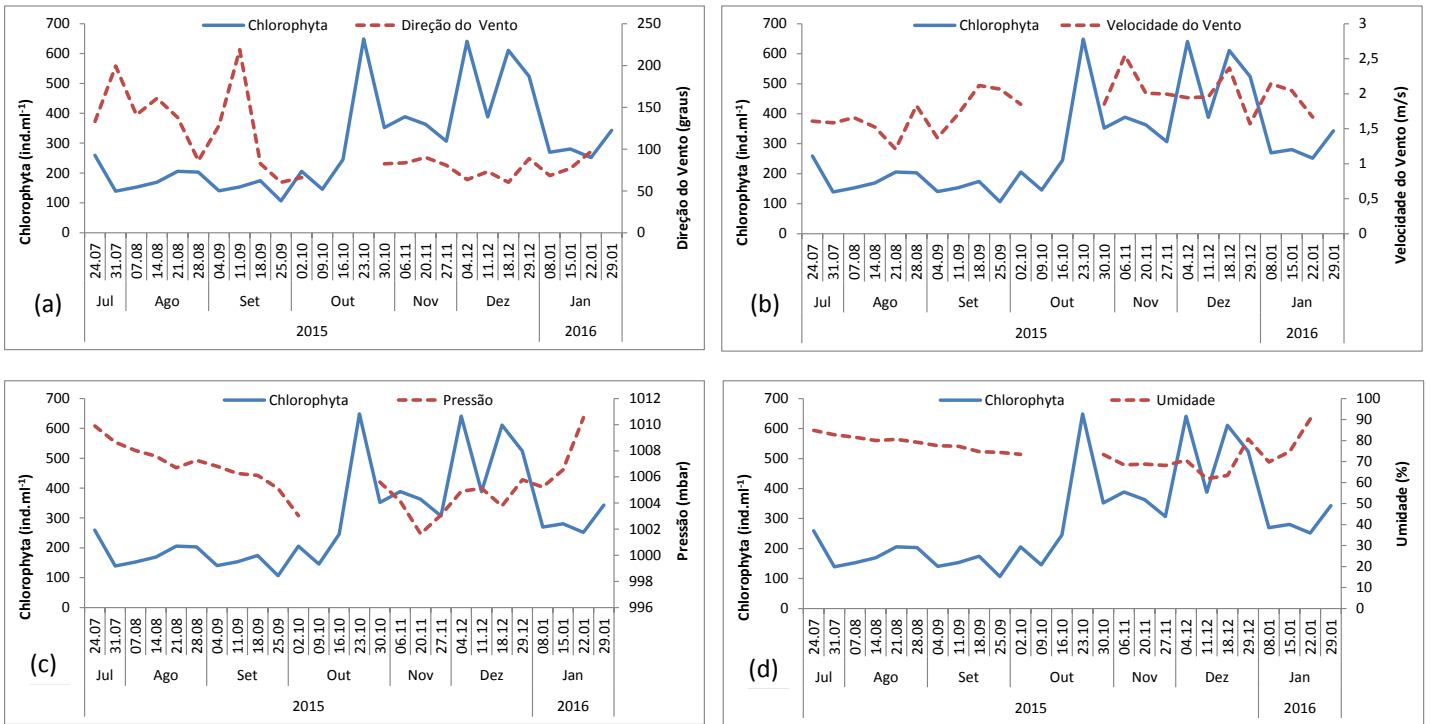
	Cyan	Chlor	Eugle	Bacilla	Xanth	Chry	Crypt	Dino	Total
Dir.Vento	-0,43*	-0,52**	-0,65****	-0,57***	-0,22 <sup>NS</sup>	-0,36**	-0,51**	-0,19 <sup>NS</sup>	-0,59***
Veloc.Vento	0,59***	0,42*	0,55***	0,58***	0,29 <sup>NS</sup>	0,46**	0,21 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,61***
Pressão	-0,49**	-0,41*	-0,40**	-0,43*	-0,19 <sup>NS</sup>	-0,48**	-0,35**	-0,22 <sup>NS</sup>	-0,50**
Umidade	-0,56***	-0,51**	-0,45**	-0,53***	-0,35 <sup>NS</sup>	-0,56***	-0,29 <sup>NS</sup>	-0,24 <sup>NS</sup>	-0,60***
Temp.ar	0,54***	0,46**	0,38**	0,49**	0,28 <sup>NS</sup>	0,56***	0,26 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,55***
Prec	-0,32 <sup>NS</sup>	-0,32 <sup>NS</sup>	-0,24 <sup>NS</sup>	-0,20 <sup>NS</sup>	-0,19 <sup>NS</sup>	-0,42 <sup>NS</sup>	-0,10 <sup>NS</sup>	-0,33 <sup>NS</sup>	-0,30 <sup>NS</sup>

Significance Code: 0 '\*\*\*\*'; 0,001 '\*\*\*'; 0,01 '\*\*'; 0,05 '\*'; Not Significant '<sup>NS</sup>'

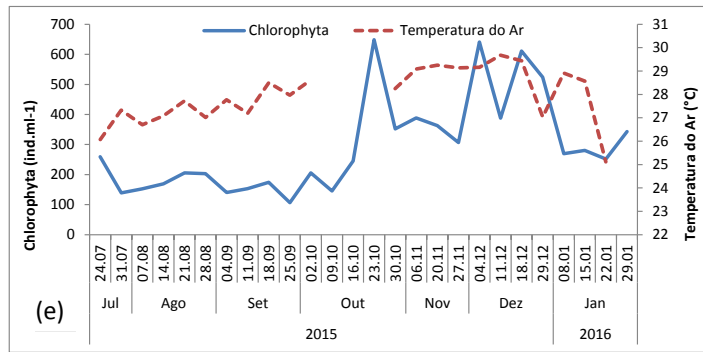




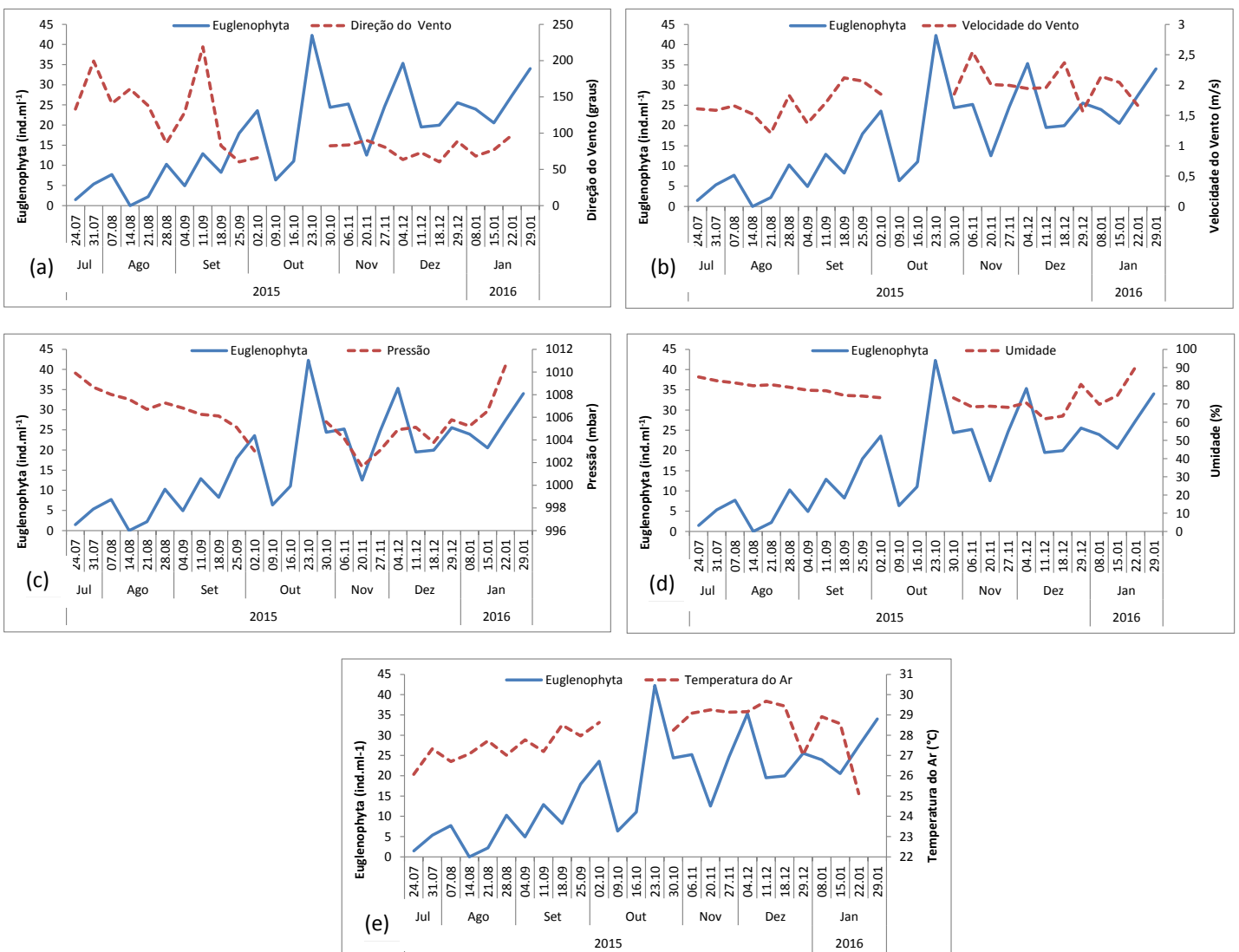
**Figura 9:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Cyanophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.



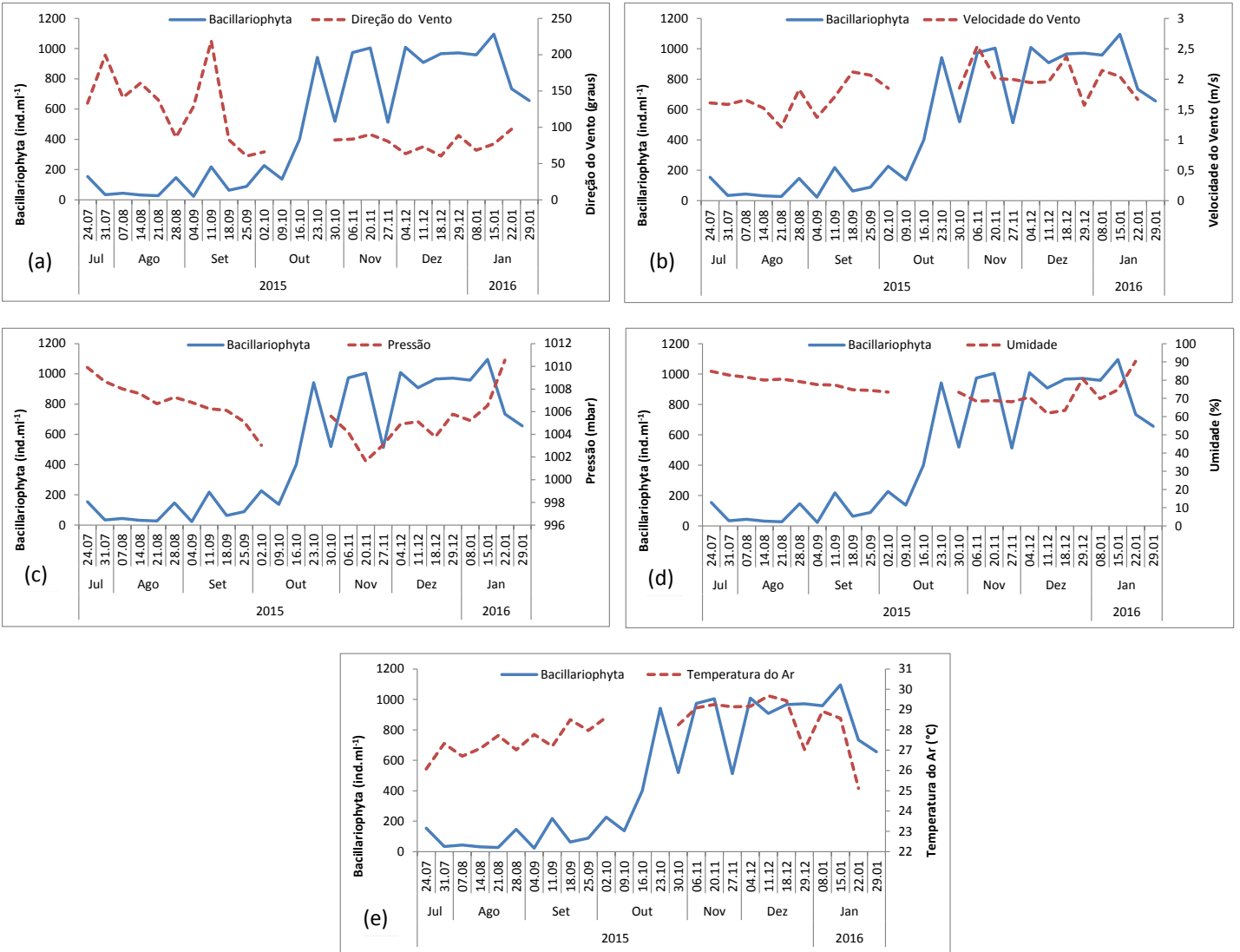




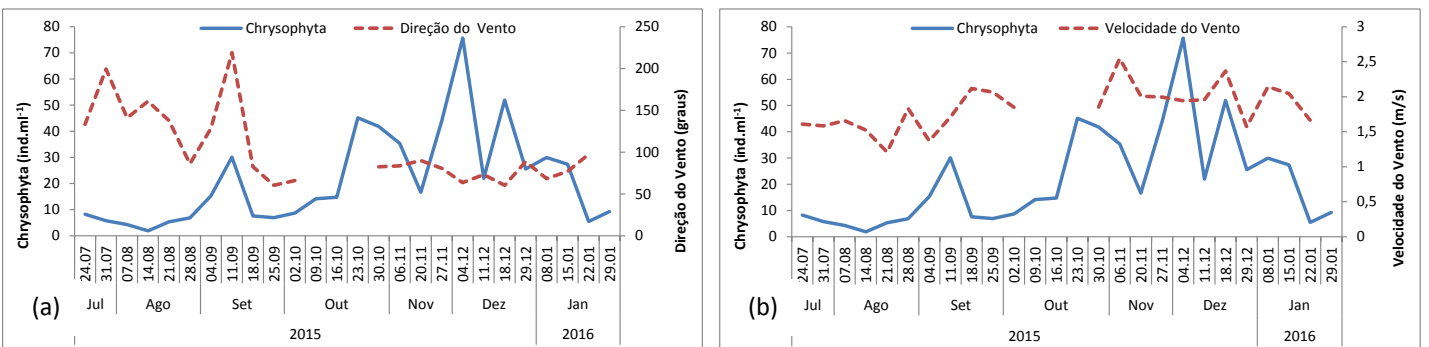
**Figura 10:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Chlorophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.

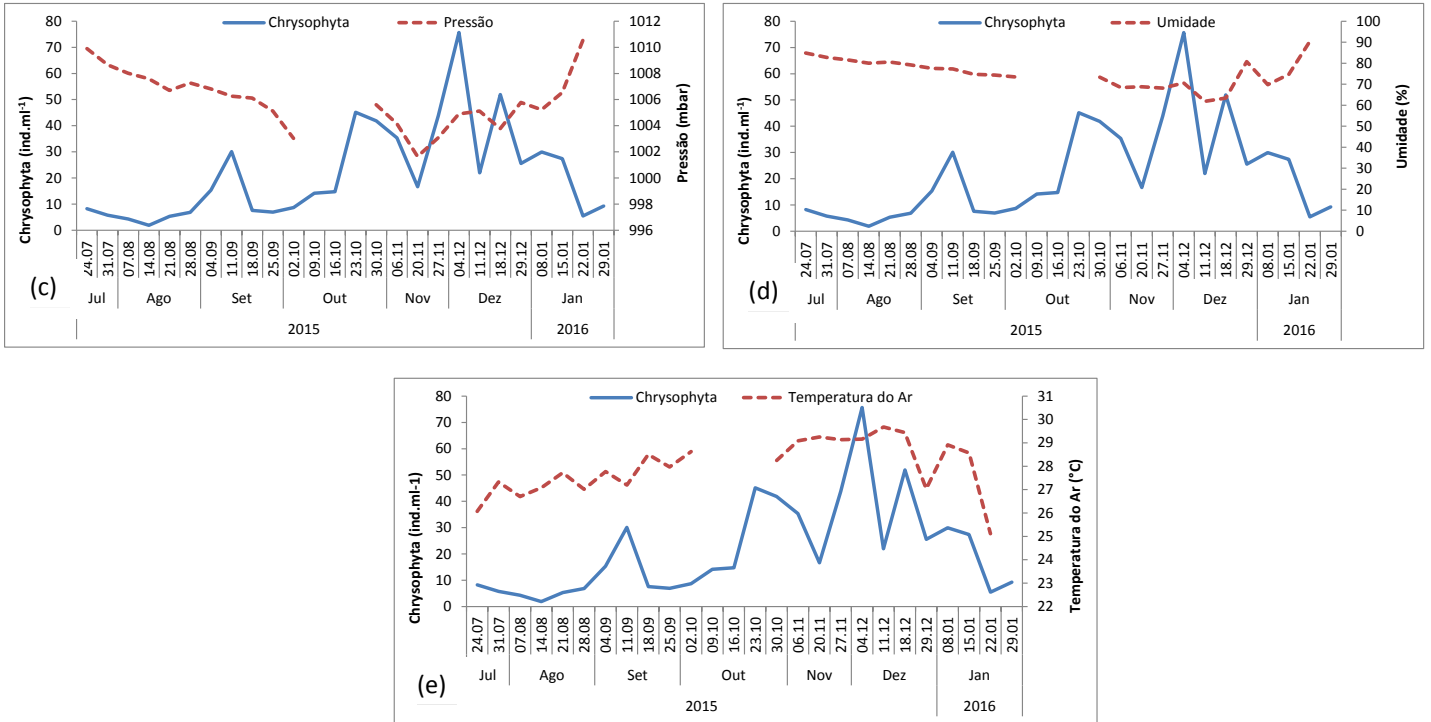


**Figura 11:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Euglenophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.

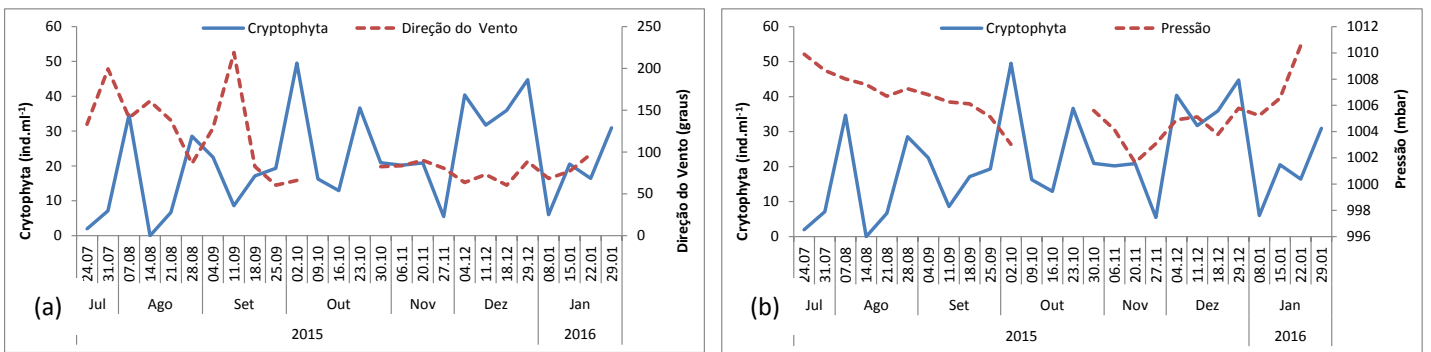


**Figura 12:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Bacillariophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.

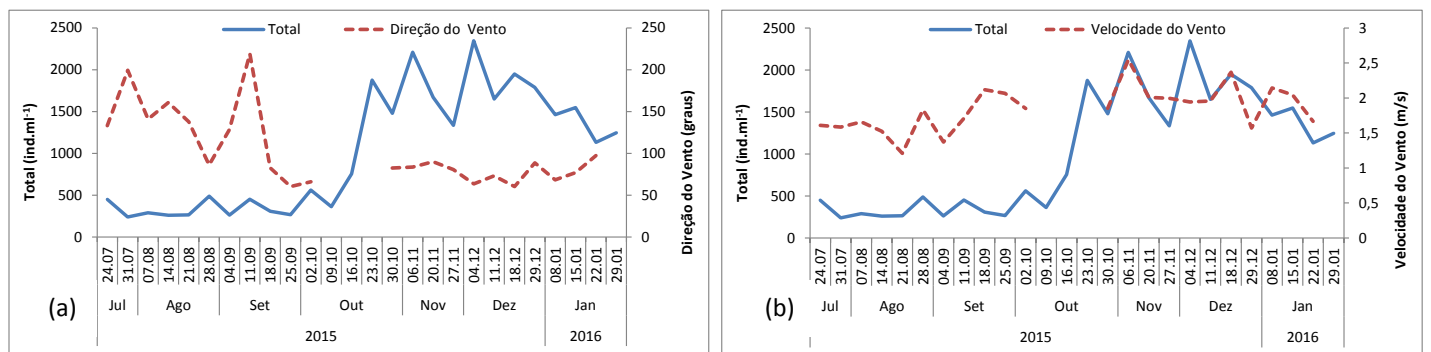


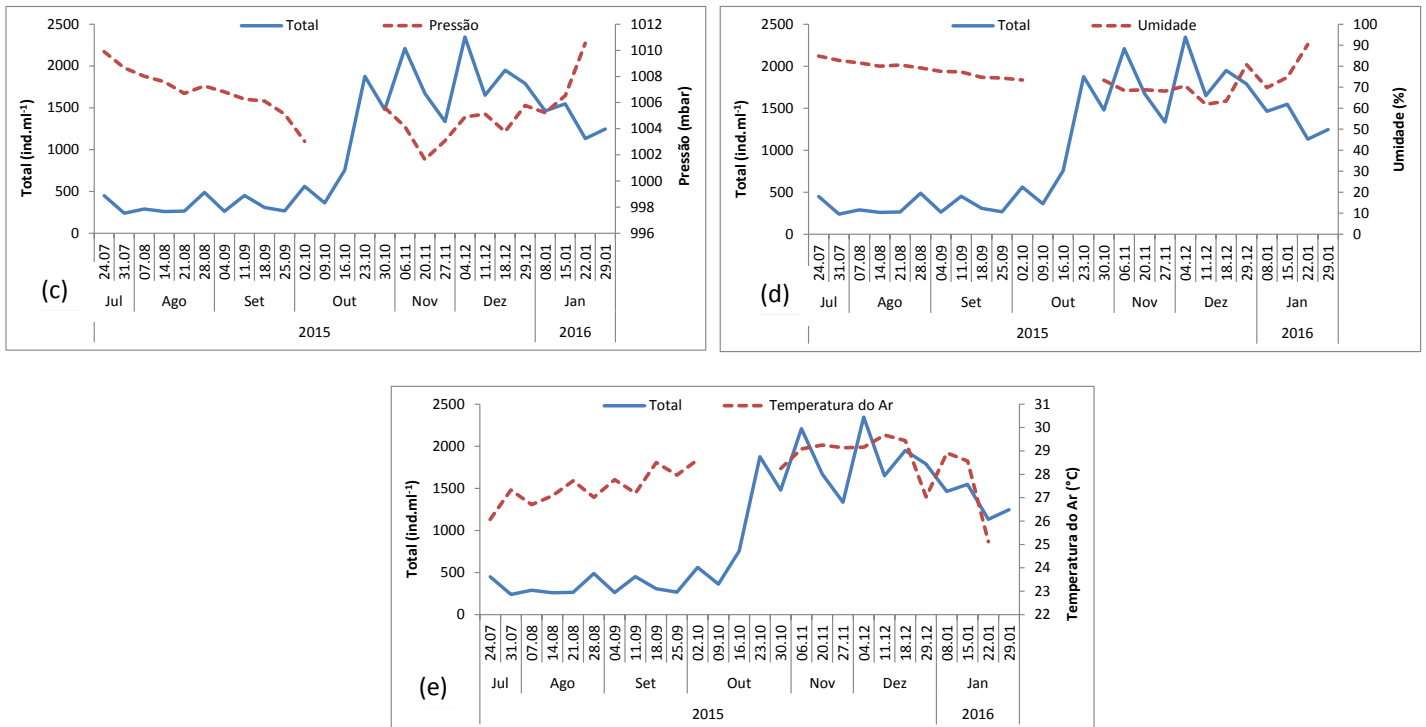


**Figura 13:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Chrysophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.



**Figura 14:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Chytophyta e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.





**Figura 15:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Total e as variáveis microclimáticas, que apresentaram correlação significativa.

### - Análise de Correlação da Matriz Fitoplâncton x Matriz Limnológica

Realizaram-se, na Tabela 5, análises dos coeficientes de correlação Pearson simples entre as variáveis da água com as variáveis do grupo taxonômico de algas (densidade). Podem-se constatar que para o efeito da variável pH, constatou-se que ela possui correlação negativa significativa ( $p < 0,05$ ) para as densidades de Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Xanthophyta e Chrysophyta, e para as densidade de Bacillariophyta, Cryptophyta e Dinophyta onde sua correlação é não significativa. O maior coeficiente de correlação foi encontrado na densidade de Cyanophyta ( $r = -0,60$ ).

Ao verificar a variável Transparência de água, verificou-se que ela possui correlação positiva significativa ( $p < 0,05$ ) para as densidades de Chlorophyta, Bacillariophyta e Cryptophyta, e para as densidades de Cyanophyta, Euglenophyta, Xanthophyta, Chrysophyta e Dinophyta suas correlações foram não significativa.

No caso do Oxigênio Dissolvido, observou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,05$ ) para as densidades de Cyanophyta, Chlorophyta e Dinophyta, para as demais densidades de fitoplânctons, mostraram correlação não significativa.

Para o efeito da variável Temperatura, constatou-se que a ausência de coeficiente de correlação significativa para as densidades dos fitoplânctons.

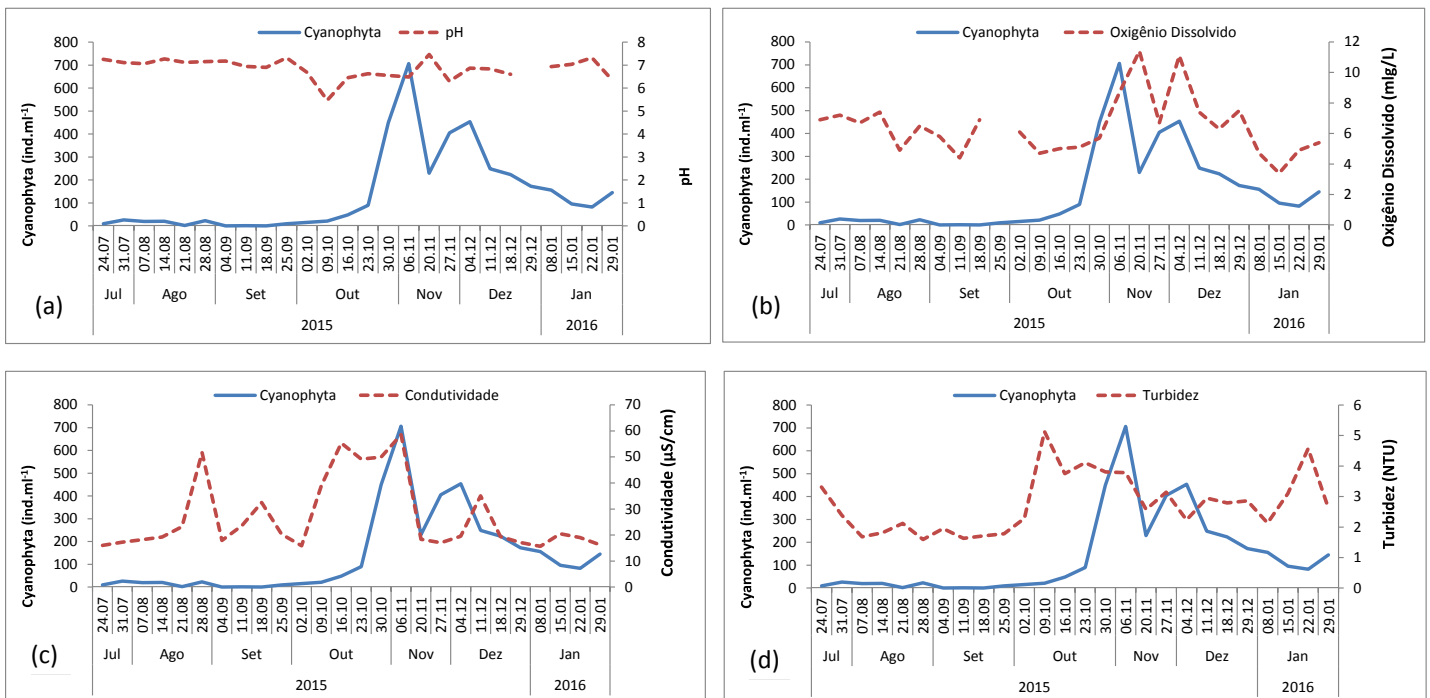
Já para a variável o efeito da Condutividade apresentou correlação positiva significativa ( $p < 0,05$ ) somente para as densidades de Cyanophyta, Xanthophyta e Dinophyta, no que se referem as demais densidades de algas o efeito da variável Condutividade foi não significativo. Observando-se o efeito da Turbidez, sobre as densidades de Cyanophyta, Chlorophyta e Euglenophyta, constatou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,05$ ) e correlação não significativa para o restante de densidades de fitoplânctons.

Em relação à densidade Total, verificou-se correlação significativa ( $p < 0,05$ ) para as variáveis do pH, Transparência, Oxigênio dissolvido e Turbidez, e para as demais variáveis da água (Temperatura e Condutividade) a correlação apresenta-se não significativa.

**Tabela 5** - Coeficiente de correlação entre as variáveis do grupo taxonômicos de algas (Cyanophyta - Cyan, Chlorophyta - Chlor, Euglenophyta - Eugle, Bacillariophyta - Bacilla, Xanthophyta - Xanth, Chrysophyta - Chry, Cryptophyta - Crypt e Dinophyta - Dino) e as características das variáveis da água: pH, Transparência (Transp), Oxigênio dissolvido (OD), Temperatura (Temp), Condutividade (Cond) e Turbidez (Turb).

	Cyan	Chlor	Eugle	Bacilla	Xanth	Chry	Crypt	Dino	Total
pH	-0,60***	-0,45*	-0,61***	-0,31 <sup>NS</sup>	-0,43*	-0,51**	-0,29 <sup>NS</sup>	-0,26 <sup>NS</sup>	-0,47**
Transp	0,27 <sup>NS</sup>	0,45**	0,76 <sup>NS</sup>	0,59***	-0,05 <sup>NS</sup>	0,38**	0,46**	0,09 <sup>NS</sup>	0,54***
OD	0,45**	0,46**	0,07 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	-0,03 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,50**	0,38**
Temp	0,29 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>
Cond	0,49**	0,06 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,56***	0,13 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	0,48**	0,20 <sup>NS</sup>
Turb	0,54***	0,39**	0,45**	0,53***	0,45 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	-0,03 <sup>NS</sup>	-0,14**	0,54***

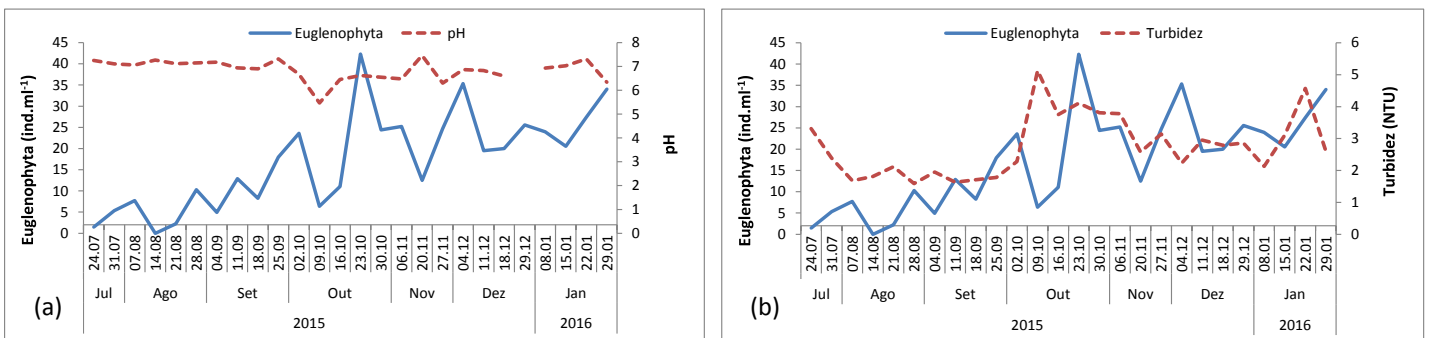
Significance Code: 0 '\*\*\*'; 0,001 '\*\*\*'; 0,01 '\*\*'; 0,05 '\*'; Not Significant '<sup>NS</sup>'



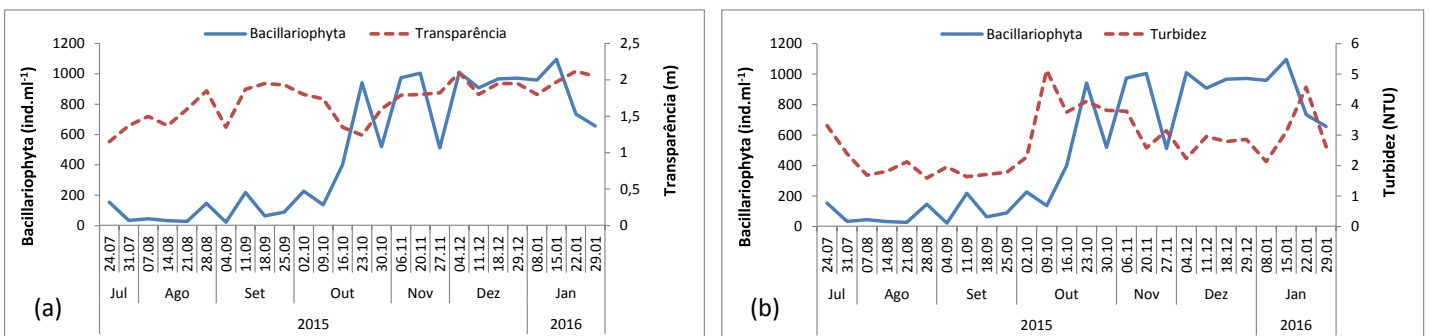
**Figura 16:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Cyanophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.



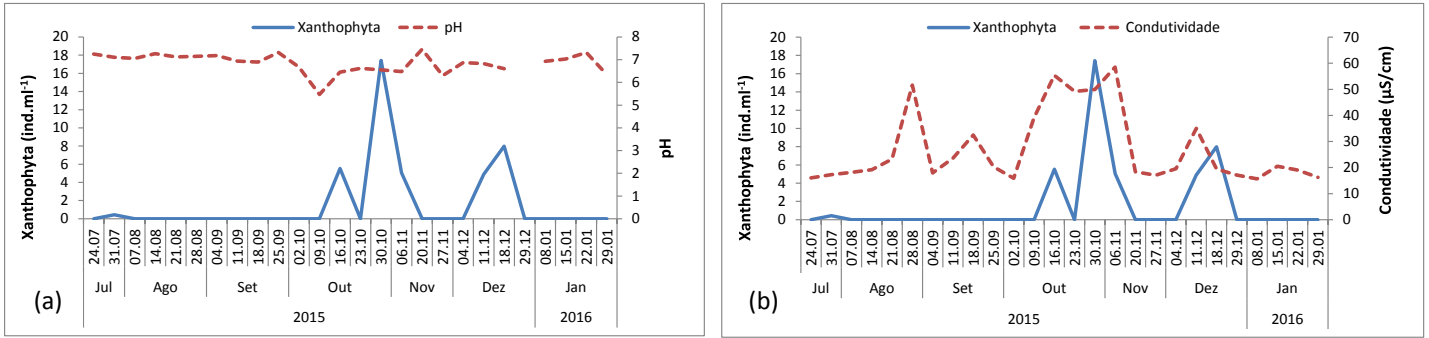
**Figura 17:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Chlorophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.



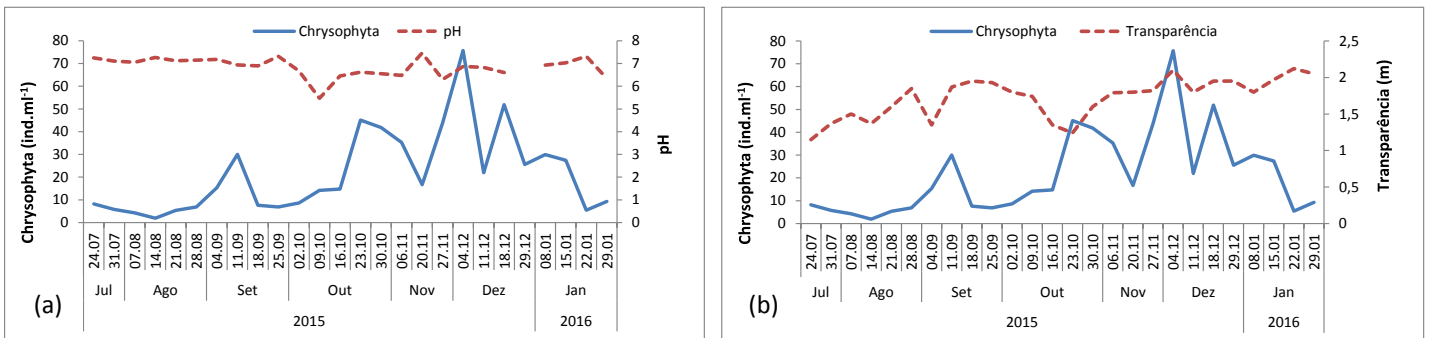
**Figura 18:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Euglenophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.



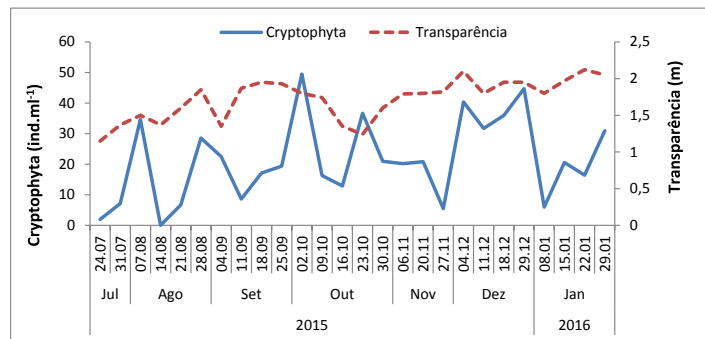
**Figura 19:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Bacillariophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.



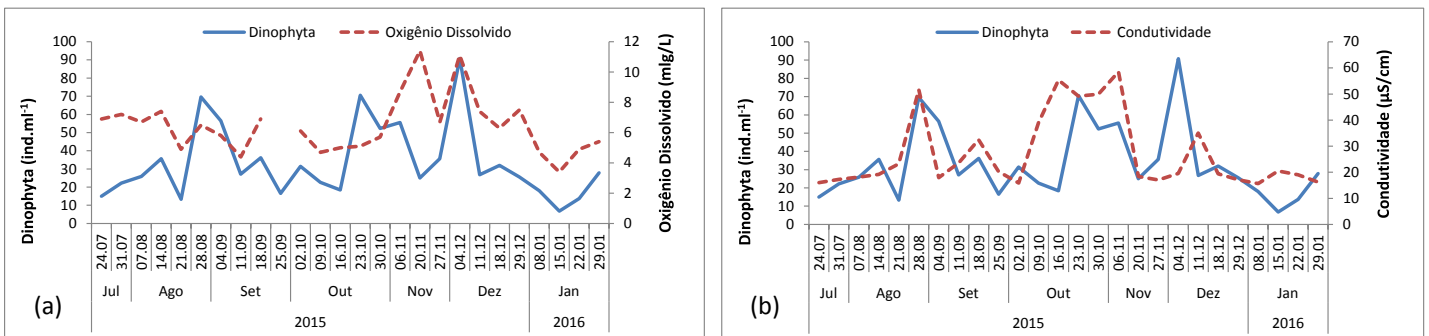
**Figura 20:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Xanthophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.

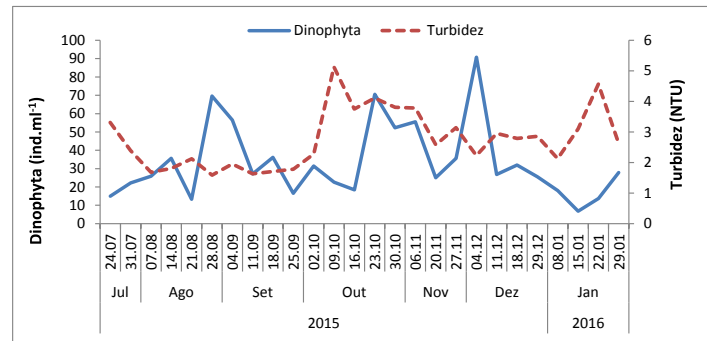


**Figura 21:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Chrysophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.

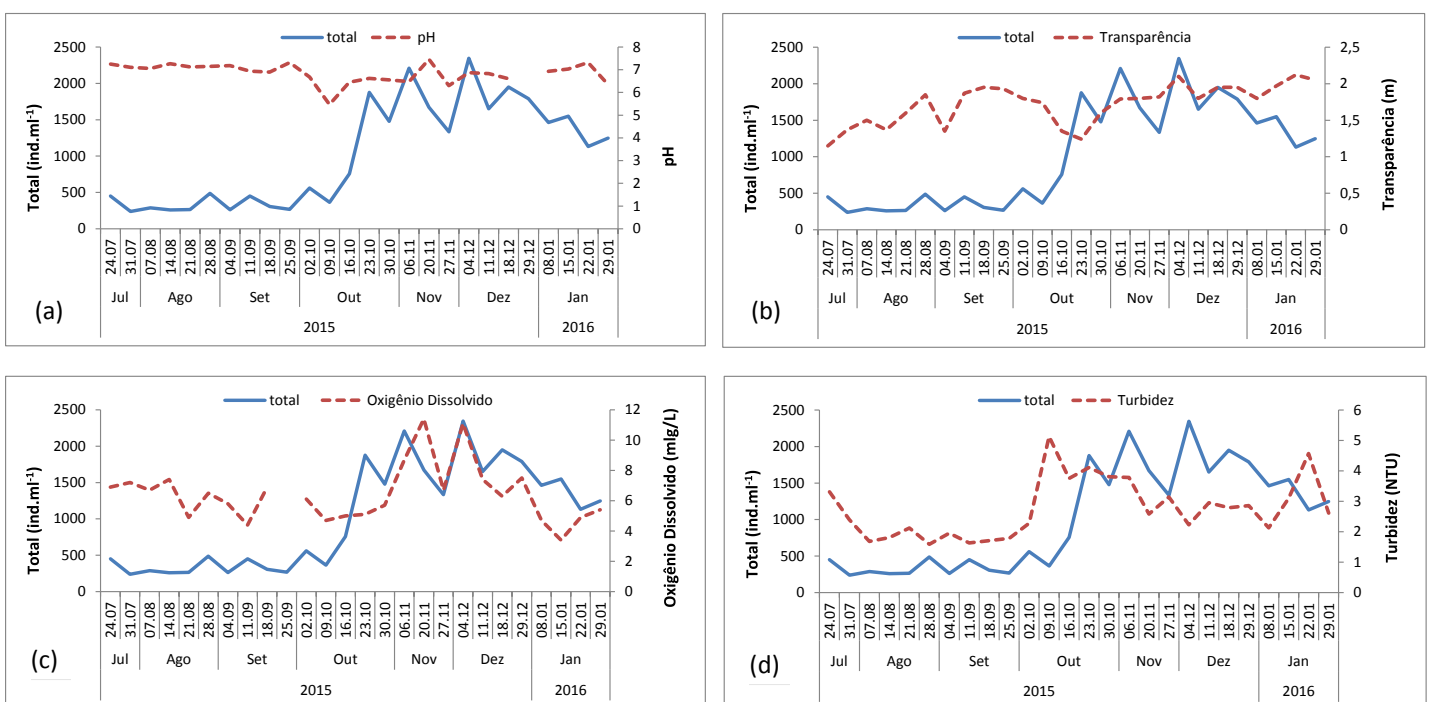


**Figura 22:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variável do grupo taxonômicos de algas Chrysophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.





**Figura 23:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Dinophyta e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.



**Figura 24:** Análise descritiva temporal com base na correlação entre as variáveis do grupo taxonômico de algas Total e as variáveis da água, que apresentaram correlação significativa.

### 3.2. Discussão

A construção da Hidrelétrica de Curuá-Una, segundo GUNKEL *et al.* (2003), causou em sua bacia um grande desmatamento, provocando uma eutrofização. Assim, o reservatório mantém um nível de concentração de nutrientes suficientes para sustentar a floração de fitoplâncton. Dessa forma a grande quantidade de indivíduos próximos à superfície, o número de táxons a comunidade fitoplânctonica encontrados, na região de estudo apresentou elevada biodiversidade foram um total de 26643,67 ind.ml<sup>-1</sup> indivíduos em 08 grupos taxonômicos: Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Chrysophyta,



Cryptophyta e Dinophyta. Em relação à Cyanophyta, segundo KOMÁREK *et al.* (2002), as cianobactérias possuem um crescimento maciço de populações em ambientes eutrofizados, que é comprovado durante o período de seca, onde ocorreu um aumento de floração

Houve domínio das algas Bacillariophyta (diatomáceas) que contribuíram com o maior número indivíduos contados (12.843 ind.ml<sup>-1</sup>), em todo o estudo, representando cerca de 48,20 % do total de táxons observados. A segunda Classe mais representativa foi a Chlorophyta (7.669 ind.ml<sup>-1</sup>), com cerca de 30 % de contribuição. As Chlorophyta e Bacillariophyta mostraram-se mais abundantes nos meses mais secos, tal fato entra em discordância com. Estudando Marinho (1994), que afirma que essas algas são dominantes em épocas de maior turbulência do fluxo d'água. DELLAMANO-OLIVEIRA *et al.* (2003), observou tal fato para a classe Chlorophyceae.

Para as algas Cryptophyta, segundo BICUDO & MENEZES (2006), são característicos de ambientes com elevados teores de matéria orgânica em decomposição. Apesar das Cryptophytas, da pesquisa ter sido encontrado um total de densidade igual a 556 ind.ml<sup>-1</sup>, foram baixas as concentrações, quando comparadas as densidades dos demais táxons.

Segundo MORAES (1974) as estações climáticas são divididas basicamente em duas: estação chuvosa (outubro a março) e estação seca (abril a setembro). Entretanto, considerando a análise conjunta das observações de campo, as características sazonais da região de estudo e análise da precipitação pluviométrica cedida pelo INPE, foi possível observar que a estação chuvosa foi de julho a início de outubro e a estação seca de 16 de outubro a final de janeiro. Tal variação de sazonalidade, provavelmente, pode ser explicada pela associação às anomalias atribuídas ao fenômeno El Niño – Oscilação Sul – ENOS. Pode-se dizer que as campanhas de amostragem, realizadas semanalmente, procurou entender padrões que diferem dos padrões sazonais. Tais padrões descritos apresentam irregularidades que particularizam as características da época em que foram efetuadas as amostragens, considera-se esse fenômeno como um ano atípico.

Segundo BARBOSA & NOVO (2006), o aumento da incidência de luz no lago, influência diretamente no aumento da biomassa do fitoplâncton. Na região de estudo a transparência, apresentou aparente uma tendência no período chuvoso para o período seco e a mesma tendência repetiu-se para as comunidades de fitoplânctons.

Os dados obtidos de pH representados na Figura 5a sugerem um ambiente com água relativamente ácida, com valor médio de 6,9. Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 20, de 1986, os valores ideais devem ser de 6 a 9 para corpos de água doce de classe 2.

Segundo os dados do microclima obtidos pela boia experimental, a velocidade do vento foi uma variável significativa, está em estreita relação com a densidade de algas. Em estudo feito por CARDOSO (2001), na Lagoa Itapeva, afirmou que o vento atua como principal determinante do fator hidrodinâmico.

## 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se:

As variáveis limnológicas explicaram a maior parte (35,7%) da variabilidade da composição fitoplanctônica observada, enquanto que as variáveis microclimáticas foram responsáveis por 16,5 %;

Pode-se afirmar que em relação às condições de microclima a variável velocidade do vento foi fortemente relacionada às variáveis de densidade de algas;

De maneira geral observou-se uma relação inversa entre o aumento da biomassa e a diminuição do nível do reservatório;

Os grupos Bacillariophyta e Chlorophyta foram positivamente influenciados pela diminuição do nível do reservatório e foram dominantes quando comparados aos outros grupos;

Aparentemente as variáveis ambientais que melhor explicaram na composição da comunidade fitoplanctônica, encontram-se no período de menor nível do reservatório;

Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam subsidiar futuros trabalhos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, G., F. GUÉRIN, S. RICHARD, R. DELMAS, C. GALY-LACAUX, P. GOSSE, A. TREMBLAY, L. VARFALVY, M. A. DOS SANTOS AND B. MATVIENKO. **Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir** (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochem. Cycles* 19: GB 4007. 2005
- AGOSTINHO, A. A.; JULIO JR, H. F.; BORGHETTI JR. **Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaipu.** *Revista UNIMAR.* V.14, p.89-107, 1992.
- AUFDENKAMPE A. K., MAYORGA E., RAYMOND P. A., MELACK J. M., DONEY S. C., ALIN S.R., AALTO R. E. & YOO K. 2011. **Riverine coupling of biogeochemical cycles between land, oceans, and atmosphere.** *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 53–60.
- ALLAN, J. D. **Stream Ecology: structure and function of running waters.** London:Chapman & Hall, 1996. 388 p.
- ARAÚJO, F. G. 1996. **Composição e estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo rio Paraíba do Sul, RJ.** *Ver. Brasil. Biol.,* 56(1): 111-126.
- BAEDE, A. P. M.; AHLONSOU, E.; DING, Y.; SCHIMEL, D. **Climate Change 2001: The Scientific Basis.** Cambridge University Press: Cambridge, 2001.
- BARBOSA C. C., NOVO EMLM, PEREIRA FILHO W., MELACK JM. 2006. **Metodologia de análise da dinâmica de área e volume inundável: O exemplo da várzea do Lago Grande de Curuai.** *Revistas Brasileiras de Cartografia,* 58, 200-210.
- BICUDO C. E. M. & MENEZES M. 2006. **Gênero de Algas de Águas Continentais do Brasil.** Editora Rima, 2ª edição
- BORCARD, D., LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. **Partialling out the spatial component of ecological variation.** *Ecology,* 73, 1045–1055. 1992.
- CARDOSO, L, 2001, **Variações da estrutura planctônica da lagoa Itapeva (Sistema Lagunar Costeiro do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica.** Tese de Doutorado, IPH/UFRGS, Porto Alegre, 466p.
- COLE, J. J., et al. (2007), **Plumbing the global carbon cycle: Integrating inland waters into the terrestrial carbon budget,** *Ecosystems,* 10, 172–185, doi: 10.1007/s10021-006-9013-8.
- DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J.; SENNA, P. A. C.; TANIGUCHI, G. M. **Limnological Characteristics and Seasonal Changes in Density and Diversity of the Phytoplanktonic Community at the Caçó Pond.** *Brazilian Archives of Biology and Technology.* Maranhão, v.46, n.4, p. 641-651, 2003.
- DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J. **Comunidade Fitoplanctônica no reservatório de Barra Bonita e sua relação com a composição e quantidade de polissacarídeos extracelulares e**

**agregados gelatinosos**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, Brasil.

DELMAS R., C. GALY-LACAUX AND S. RICHARD (2001) **Emissions of greenhouse gases from the tropical hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) compared with emissions from thermal alternatives**. *Global Biogeochem. Cycles*, 15: 993-1003.

ESTEVEES, F. de A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. 2a edição. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**, 3.º ed. Rio de Janeiro. Interciência. 826p, 2011.

FARIA, A. M. M. **Hidrelétricas Amazônicas: Fontes energéticas apropriadas para o desenvolvimento regional?** Paper do NAEA n°190, 1-37. 2006.

FEARNSIDE, PHILIP M. **As usinas hidrelétricas mitigam o efeito estufa?: O caso da barragem de Curuá-Una**. Manaus: INPA, 2004. Disponível em: <[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/mss%20and%20in%20press/Curua-Una-Port-2.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/mss%20and%20in%20press/Curua-Una-Port-2.pdf)>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2015.

GUNKEL, G.; LANGE, U.; WALDE, D.; ROSA, J. W. C. The environmental and operational impacts of Curuá-Una, a reservoir in the Amazon region of Pará, Brazil. *Lake & Reservoirs: Research and Management*, v. 8, n. 3-4, p. 201-220, 2003.

HAMMER, O.; D. A. T. HARPER; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. ***Paleontologia Eletronica*** 4 (1): 1-9. 2001.

HARRIS, G. P., 1986. **Phytoplankton Ecology**. Londres: Chapman and Hall.

HUTTUNEN, J. T., T. S. VÄISÄNEN, M. HEIKKIKINEN, S. HELLSTEN, H. NYKÄNEN, O. NENONEN and P. J. MARTIKAINEN (2002) **Fluxes of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>O in hydroelectric reservoirs Lokka and Porttipahta in the northern boreal zone in Finland**. *Global Biogeochem. Cycle*. 16: 1–17.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Programme**. v. 4. Japan: IGES, 2006.

JONSSON, A., J. KARLSSON, and M. JANSSON, 2003: **Sources of carbon dioxide supersaturation in clearwater and humic lakes in northern Sweden**. *Ecosystems*, 6, 224–235.

KELLY C.A., J. W. RUDD and OTHERS (1997). **Increases in fluxes of greenhouse gases and methyl mercury following flooding of an experimental reservoir**. *Env. Sci. Technol.* 31: 1334-1344.

KEMENES, A., B. R. FORSBERG, and J.M. MELACK (2007) **Methane release below a tropical hydroelectric dam**. *Geophys. Res. Lett.* 34: L12809, doi: 10.1029/2007GL029479.

KOMAREK, J. & KOMARKOVA, J. A review of the European Microcystismorphospecies (Cyanoprokaryotes) from nature. ***Czech Phycology***, Olomouc 2,2002. p. 1-24.

- KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. 1 ed. Jundiaí, 2003. 229 p.
- LACERDA, B. F. C. **Contribuição para avaliação de parâmetros de qualidade de água do sistema Guarapiranga**. 2003. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**, 2nd English edition. Elsevier, 853 pp. 1998.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, V. 129, p. 271–280, 2001.
- LUND, J. W.; Kipling, C.; Le Cren, D., 1958. **The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting**. *Hydrobiologia*, 11: 143-170p.
- MARQUES, A. K. **Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins – TO: estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais**. Palmas-TO, 2006. 158 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins.
- McALLISTER, D. E.; CRAIG, V. J. F.; DAVIDSON, N.; DELANY, S.; SEDDON, M. **Biodiversity impacts of large dam**. Background Paper, 1: IUNC/UNEP/WCD. 68 p. 2001.
- McCARTNEY, M. **Living with dams: managing the environmental impacts**. *Water Policy*, 11 (1): 121-139. 2009.
- MORAES, C., 1974. **Geografia do Espírito Santo**. Vitória: Fund. Cult. do Espírito Santo.
- NOVO, E. M. L. M.; BRAGA, C. Z. F. **II Relatório do projeto sensoriamento remoto de sistemas aquáticos**. São José dos Campos/SP, INPE. 103 p. (INPE-5620-PRP/189), 1995.
- ODUM, E. P., 1971. *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. p. 927.
- ODUM, E. P. 1988. *Ecologia* – Christopher J. Tribe (trad.). Guanabara S.A, Rio de Janeiro. 434p.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. E. **Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores**. *Acta Scientiarum* 22: 445-453. 2000.
- PERES-NETO, P.; LEGENDRE, P.; DRAY, S.; BORCARD, D. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, vol. 87, p. 2614-2625. 2006.
- PIECZYNSKA, E. 1995. *Habitas e comunidades litorâneas*. In: JORGENSEN, S. E. & LOFFER, H. (eds.) **Diretrizes para o gerenciamento de lagos: gerenciamento de litorais lacustres**. Itapura-kabo Co., Ltda. Otsu, Shiga, Japão. p. 40-76.
- RAVEN. P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 336-384.

REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton.** *J. Plankton Res.*, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

REYNOLDS, C., 2006. **The Ecology of Phytoplankton.** Cambridge. 535p.

ROLAND F.; VIDAL L. O.; PACHECO, F. S.; BARROS, N. O.; ASSIREU, A. T.; OMETTO, J. P. H. B.; CIMBLERIS, A. C. P.; COLE, J. J. Variability of carbon dioxide flux from tropical (Cerrado) hydroelectric reservoirs. *Aquatic Sciences*, v. 72, n. 3, p. 283-293, 2010.

ROSA, L. P., M.A. dos SANTOS, B. MATVIENKO, E. SIKAR, R.S.M. LOURENÇO and C.F. Menezes (2003). **Biogenic gas production from major Amazon reservoirs, Brazil.** *Hydrol. Process.* 17: 1443- 1450.

RICHEY, J. E., J. M. MELACK, A. K. AUFDENKAMPE, V. M. BALLESTER, and L. L. HESS (2002), **Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO<sub>2</sub>,** *Nature*, 416, 617-620.

SANTOS, M.A. dos, L.P. ROSA, B. SIKAR, E. SIKAR and E. D. dos SANTOS (2006) **Gross greenhouse gas emissivos from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants.** *Energy Policy* 34: 481-488.

SIKAR, E., M. A. SANTOS, B. MATVIENKO, M.B. SILVA, C. H. ROCHA, E. SANTOS, A. P. BENTES JUNIOR and L. P. ROSA (2005) **Greenhouse gases and initial findings on the carbon circulation in two reservoirs and their watersheds.** *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 573-576.

SOUMIS, N., E. DUCHEMIN, R. CANUEL and M. LUCOTTE (2004) **Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States.** *Global Biogeochem. Cycles* 18: doi: 10.1029/2003GB002 197.

TER BRAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide, Software for Canonical Community Ordination** (version 4.5), Biometris, Wageningen and Česke Budějovice, Netherlands, 500 p. 2002.

THERRIEN, J., A. TREMBLAY and R. JACQUES (2005) CO<sub>2</sub> emissions from semi-arid reservoirs and natural aquatic ecosystems. Pages 233-250. In TREMBLAY, A., L. VARFALVY, C. ROEHM and M. GARNEAU (eds.). **Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments.** Environmental Science Series, Springer, New York.

TREMBLAY, L. VARFALVY, C. ROEHM and M. GARNEAU, (eds.) (2005) **Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments.** Environmental Science Series, Springer, New York, 732 pages.

TRANVIK L. J., DOWNING J. A., COTNER J. B., LOISELLE S. A., STRIEGL R. G., BALLATORE T. J., DILLON P., FINLAY K., FORTINO K., KNOLL L. B., KORTELAINEN P. L., KUTSER T., LARSEN S., LAURION I., LEECH D.M., MCCALLISTER S. L., MCKNIGHT D. M., MELACK J. M., OVERHOLT E., PORTER J. A., PRAIRIE Y., RENWICK W. H., ROLAND F., SHERMAN B. S., SCHINDLER D. W., SOBEK S., TREMBLAY A., VANNI M. J., VERSCHOOR A. M., VON WACHENFELDT

- E. & WEYHENMEYER G. A. 2009. **Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate**. *Limnology and Oceanography* 54: 2298–2314.
- TUCCI, A.; SANT' ANNA, C.L. **Cylindrospermopsis Raciborskii (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju(Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico**, São Paulo, SP, Brasil. *Rev.Bras. Bot. São Paulo*, v.26, n.1, p. 97-112. 2003.
- TUNDISI, J. G. **Impactos ecológicos da construção de represas**: Serie Monografias em Limnologia. Academia de Ciencia, v. 1. Usp, Sao Carlos, SP. 1988. TUNDISI, J.G. & STRAŠKRABA, M. 1999. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos. 529p.
- TUNDISI, J. G. 2003. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. RIMA, São Carlos, 247 p.
- TUNDISI, J. G. 2006. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. *Rev. USP*, n.70, p. 24-35.
- TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Limnologia**. Oficina De Textos. 2008.
- UEHLINGER, V. **Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique**. *Arch. Sci.*, 17(2):121 - 123.1964
- UNESCO/IHA (2008) **Assessment of the GHG status of freshwater reservoirs: scoping paper**. Working Group on Greenhouse Gas Status of Freshwater Reservoirs. International Hydrological Programme. 28p. IHP/GHG-WG/3.
- UNESCO/IHA (2009). **Measurement specification guidance for evaluating the ghg status of man-made freshwater reservoirs**. Edition 1. June 4, 2009.
- UTERMÖHL H. (1958). **Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton - Methodik**. *Mitt int Ver theor angew Limnol* 9: 1- 38.
- VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. do C. E. 2004. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química**. *Rev. Química Nova*, Vol. 27, No. 1, p. 139-145.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 2007. **Biologia vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 830p.
- VIEIRA, I. 1982. **Aspectos Sinecológicos da Ictiofauna de Curuá-Úna, Represa Hidroelétrica da Amazônia Brasileira**. Tese de livre docência em biologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais. 107 p.
- WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 919 p.1993.
- WETZEL, R. G. **Limnologia**. London: Academic Press, 2001. p. 1006.



## ANEXOS:

### ANEXO A – Relação da densidade de algas com as variáveis microclimáticas e da água para análise de partição de variâncias.

#### X1 = Clima Y = Algas

Analysis 'Interactive-forward-selection', step 'Forward Selection'

Method: RDA

**Total variation is 184.00000, explanatory variables account for 21.7%**

(adjusted explained variation is 9.3%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.1763	0.0329	0.0078	0.3823
Explained variation (cumulative)	17.63	20.92	21.71	59.94
Pseudo-canonical correlation	0.7467	0.4929	0.2962	0.0000
Explained fitted variation (cumulative)	81.21	96.38	100.00	

#### X2 = Água Y= Algas

Analysis 'Interactive-forward-selection', step 'Forward Selection'

Method: RDA

**Total variation is 168.00000, explanatory variables account for 25.2%**

(adjusted explained variation is 6.5%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.2031	0.0358	0.0118	0.0016
Explained variation (cumulative)	20.31	23.89	25.07	25.23
Pseudo-canonical correlation	0.9050	0.5589	0.4309	0.3115
Explained fitted variation (cumulative)	80.48	94.68	99.35	100.00

#### Relação do Clima x Algas sem o efeito da água

Analysis 'Constrained-partial'

Method: partial RDA

**Partial variation is 97.10070, explanatory variables account for 16.5%**

(adjusted explained variation is 0.0%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.0753	0.0171	0.0030	0.2701
Explained variation (cumulative)	13.04	16.00	16.51	63.24
Pseudo-canonical correlation	0.7667	0.6779	0.2151	0.0000
Explained fitted variation	78.94	96.90	100.00	

(cumulative)

### Relação da Água x Algas sem o efeito do clima

Analysis 'Constrained-partial-2'

Method: partial RDA

**Partial variation is 126.09505, explanatory variables account for 35.7%**

(adjusted explained variation is 15.9%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.1627	0.0770	0.0177	0.0106
Explained variation (cumulative)	21.68	31.94	34.30	35.71
Pseudo-canonical correlation	0.7020	0.6951	0.4423	0.4055
Explained fitted variation (cumulative)	60.70	89.44	96.04	100.00

**Anexo B** – Calculo final da partição de variância para obtenção das quatro frações de variância.

			R <sup>2</sup> Ajustado
	Passo 1	Algas vs Clima	0,217
	Passa 2	Algas vs Água	0,252
	Passo 3	Algas vs Clima - Água	0,165
	Passo 4	Algas vs Água - Clima	0,357
			%
Clima sem o efeito da água	[a]	0,165	16,5
	[b]	0,052	5,2
Água sem o efeito do clima	[c]	0,357	35,7
Resíduo	[d]	0,426	42,6

**Anexo C** – Contribuição em percentual da quantidade de explicação das variáveis microclimática e limnológicas selecionadas no teste de Monte Carlo (*Forward Selection*)

Analysis 'Interactive-forward-selection-2', step 'Forward Selection'

Forward Selection Results: Clima

Name	Explains %	Contribution %	pseudo-F	P
V.vento	14,6	51.0	3,6	0,006
D.Vento	4,5	14.8	3,5	0,02
Umidade	2,6	9.6	2,8	0,044
<b>Total</b>	<b>21,7</b>	Passo 1		

**Analysis 'Interactive-forward-selection', step 'Forward Selection'**

Forward Selection

Results: Água

Name	Explains %	Contribution %	pseudo-F	P
Transp	10,7	39.7	2.3	0.004
Turb	7	25.9	1.5	0.004
pH	3,5	13.6	0.8	0.05
OD	4	14.8	0.9	0.022
Total	25,2	Passo 2		

## Anexo D – S mario dos resultados da nMDS e RDA final

Analysis 'NMDS', step 'PCA rotation of NMDS'

Method: PCA with supplementary variables

Total variation is 23.00000, supplementary variables account for 96.7%  
(adjusted explained variation is 94.8%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.8729	0.0692	0.0579
Explained variation (cumulative)	87.29	94.21	100.00
Pseudo-canonical correlation (suppl.)	0.9968	0.8746	0.8969

Analysis 'Interactive-forward-selection-3', step 'Forward Selection'

Method: RDA Final

**Total variation is 184.00000, explanatory variables account for 64.2%**  
(adjusted explained variation is 47.5%)

Summary Table:

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.4651	0.0838	0.0658	0.0138
Explained variation (cumulative)	46.51	54.89	61.47	62.86
Pseudo-canonical correlation	0.9117	0.8378	0.7135	0.4923
Explained fitted variation (cumulative)	72.45	85.51	95.75	97.91