

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LORENA LIMA NEVES BERGAMIN

**AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DINÂMICA DAS ALGAS PERIFÍTICAS EM  
SISTEMA DE PISCICULTURA INTENSIVA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O  
MANEJO SUSTENTÁVEL**

VITÓRIA

2016

LORENA LIMA NEVES BERGAMIN

**AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DINÂMICA DAS ALGAS PERIFÉRICAS EM  
SISTEMA DE PISCICULTURA INTENSIVA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O  
MANEJO SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valéria de Oliveira Fernandes

VITÓRIA

2016

LORENA LIMA NEVES BERGAMIN

**AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DINÂMICA DAS ALGAS PERIFÉRICAS EM  
SISTEMA DE PISCICULTURA INTENSIVA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O  
MANEJO SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título em Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em:

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Profª Drª Valéria de Oliveira Fernandes**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientadora**

---

**Msc. Adriano Goldner Costa**  
**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal/ Universidade Federal do**  
**Espírito Santo**  
**(Membro interno)**

---

**Msc. Fabíola Chrystian Oliveira Martins**  
**Instituto Federal do Espírito Santo**  
**(Membro Externo)**

À Deus. Aos meus pais. Ao Ernane.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele eu nada seria.

Aos meus pais por todo o amor, por cada conselho, por me incentivarem, pelo apoio, e por estarem ao meu lado sempre.

Ao Ernane a quem eu dedico esse trabalho, não tenho palavras para agradecer tudo o que você fez e faz por mim, pelo carinho, paciência, amor, forças, por me incentivar nos estudos e sempre acreditar em mim.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Valéria de Oliveira Fernandes pela oportunidade de trabalhar em sua equipe, pela orientação, pela amizade, conselhos e todo o ensino.

A todos os meus colegas do LATEAC (Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais) pelo apoio e principalmente a Nayara, Sandra, Paula, Thais e Adriano, por toda a ajuda, tanto no laboratório como nas coletas, pelas risadas e companhia.

Ao Adriano e ao Stéfano pelas inúmeras ajudas nas análises estatísticas.

Aos membros da banca examinadora, Msc. Adriano Goldner Costa e Msc. Fabíola Chrystian Oliveira Martins, pelas valiosas críticas e sugestões a respeito do trabalho.

A minha turma 2012/1, que fizeram com que meus dias na UFES fossem mais divertidos, por cada risada e pelos dias de estudos que passamos juntos.

Aos meus confidentes e melhores companheiros da UFES, Christyan, Izabella, Tayná e João. Com vocês tudo é motivo de riso e mesmo simples almoços no ru tornam se momentos inesquecíveis de muita alegria. Vou sentir a falta de vocês!

A todos os meus amigos da Botânica, principalmente Day, Léo, Tati e Vini pelos maravilhosos almoços no ru e a minha querida Beth pelas conversas e pelo seu delicioso cafezinho.

A todos os meus professores que contribuíram para a minha formação e a Letícia que sempre me ajudava no Colegiado Acadêmico.

A Associação de Pescadores da lagoa Juara e principalmente ao Sr. Cedimar por todo o apoio e ajuda na realização das coletas, obrigada por acreditarem em nosso trabalho.

Afirmou-lhe Jesus: Quem beber desta água tornará a ter sede; aquele, porém, que beber da água que eu lhe der nunca mais terá sede; pelo contrário, a água que eu lhe der será nele uma fonte a jorrar para a vida eterna.

João 4: 13-14

## RESUMO

Nas três últimas décadas houve incentivo da aquicultura em nosso país, principalmente em lagoas costeiras e trechos de rios, atraindo pessoas com pouco ou nenhum conhecimento na área, provocando graves modificações nas condições ambientais, conseqüentemente, afetando a qualidade ecológica e biota aquática. Uma das formas de minimizar a poluição orgânica apontada como a principal causadora de impactos ambientais nestes casos é a tomada de medidas de manejo sustentável, como proposto nesta pesquisa. O objetivo foi avaliar a estrutura e biomassa da comunidade perifítica em 6 tanques-rede de criação de tilápias (*Oreochromis* sp.), localizados na área de piscicultura intensiva da lagoa Juara, Serra, ES, com potencial utilização como fonte alimentar. Nesses tanques-rede, foram utilizados dois tratamentos: com peixe (CP) e sem peixe (SP) em tréplicas. Em cada tratamento foram inseridos substratos artificiais (lâminas de plástico) para o desenvolvimento da comunidade perifítica. Após quinze dias de colonização foram coletadas lâminas para caracterização inicial da comunidade e foram colocados 250 peixes jovens (tamanho médio, cerca de 85 a 89% machos) em seus respectivos tanques. A cada intervalo de sete dias foram realizadas novas coletas das lâminas colonizadas, totalizando 36 dias. Foram analisadas as seguintes variáveis bióticas: riqueza e composição taxonômica, densidade total, abundância, dominância, diversidade, equitabilidade, clorofila *a* e feofitina. Na lagoa foram avaliadas: temperatura do ar/água, transparência da água, estimativa da zona eufótica, pH, turbidez, salinidade, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e principais nutrientes na região adjacente ao experimento. A comunidade de algas perifíticas deste estudo, considerando todos os dias do experimento esteve composta por 28 táxons distribuídos entre 9 classes, sendo as Classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae mais representativas. A comunidade perifítica diferiu significativamente entre os tratamentos com peixes e sem peixes, através dos principais atributos biológicos durante os 36 dias de estudo. A estação amostral foi caracterizada como sendo rasa, com baixa transparência, zona eufótica reduzida, desestratificação térmica, mas com estratificação química de oxigênio, sendo neutra, com médios valores de condutividade, baixos valores de turbidez, dulcícola, médios valores de nitrogênio amoniacal, silicato e baixos valores de ortofosfato. Pode se comprovar que existe herbivoria dos peixes do tipo tilápia sobre a comunidade de algas perifíticas, sendo a fase final da colonização (a partir de 30 dias) preferível a estes peixes. Este estudo contribuiu com dados que aumentam o conhecimento da comunidade de algas perifítica em substratos artificiais e sua interação através da herbivoria por peixes do tipo tilápia auxiliando no manejo sustentável neste ecossistema com sinais de eutrofização localizado no município da Serra, no estado do Espírito Santo.

Palavras chave: Perifíton, substrato artificial, tilápias, aquicultura, lagoa costeira.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa com a localização do município da Serra, ES e da lagoa Juara.....	18
Figura 2: Vista parcial da lagoa Juara mostrando os estandes de macrófitas aquáticas e as ilhas flutuantes (à direita) .....	19
Figura 3: Vista parcial da lagoa mostrando a ocupação urbana nas margens.....	19
Figura 4: Tanques-rede na região da piscicultura intensiva da lagoa Juara utilizados para o experimento.....	20
Figura 5: Suporte de nylon a lâminas de plástico (2,5 de largura x 7 de comprimento) nas unidades experimentais.....	21
Figura 6: Estrutura experimental sendo instalada em tanque-rede na lagoa Juara.....	21
Figura 7: Variação dos dados mensais de chuva acumulada e número de dias com chuva durante o ano do experimento.....	28
Figura 8: Variação temporal da profundidade máxima, transparência da água e zona eufótica na estação amostral ao longo do período estudado.....	30
Figura 9: Perfis verticais de temperatura da água (°C) na estação amostral ao longo do período estudado.....	31
Figura 10: Perfis verticais de oxigênio dissolvido (em % de saturação) na estação amostral ao longo do período estudado.....	32
Figura 11: Variação temporal média e erro padrão do pH na estação amostral ao longo do período de estudo.....	32
Figura 12: Perfis verticais de condutividade elétrica na estação amostral ao longo do período de estudo.....	33
Figura 13: Variação temporal média e erro padrão da turbidez na estação amostral ao longo do período de estudo.....	34
Figura 14: Variação temporal média e erro padrão do silicato na estação amostral ao longo do período de estudo.....	35
Figura 15: Variação temporal média e erro padrão do ortofosfato na estação amostral ao longo do período de estudo.....	35

Figura 16: Variação temporal média e erro padrão do nitrogênio amoniacal na estação amostral ao longo do período de estudo.....	36
Figura 17: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade de algas perifíticas da estação amostral na lagoa Juara, considerando todo o período estudado.....	37
Figura 18: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 15º dia de colonização com ausência de peixes (início do experimento) .....	39
Figura 19: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 22º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.....	40
Figura 20: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 29º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.....	41
Figura 21: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 36º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.....	42
Figura 22: Variação temporal da densidade total média (n=3) da comunidade de algas perifíticas na estação amostral durante o estudo.....	44
Figura 23: Aspecto visual da comunidade perifítica no substrato no 15º dia de colonização.....	44
Figura 24: Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 22º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.....	45
Figura 25: Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 29º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.....	45
Figura 26: Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 36º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.....	46
Figura 27: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas perifíticas na densidade total média (n = 3) nos tratamentos sem peixes.....	47
Figura 28: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas perifíticas na densidade total média (n = 3) nos tratamentos com peixes.....	47

Figura 29: Variação temporal da diversidade e equitabilidade na estação amostral durante todo o período de estudo.....	49
Figura 30: Variação temporal da clorofila a durante todo o período de estudo.....	50
Figura 31: Variação temporal da feofitina durante todo o período de estudo.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Os valores médios (n= 3) e erro padrão de temperatura do ar e velocidade do vento registrada na estação amostral ao longo do período estudado.....	29
Tabela 2- Estatística descritiva das variáveis abióticas (média e erro padrão) (n=3) (* Referentes à profundidade de 40 cm, aproximadamente onde estava o experimento; **Referentes à subsuperfície) (Abreviações: CE: Condutividade elétrica; OD: Oxigênio dissolvido; Tágua: Temperatura da água; pH: Potencial hidrogeniônico; Turb: Turbidez; P-PO43-: Ortofosfato; NH3-NH4+: Nitrogênio amoniacal) .....	29
Tabela 3- Composição taxonômica da comunidade de algas perifíticas na estação amostral da lagoa Juara e ocorrência dos táxons ao longo do estudo (SP = sem peixes; CP = com peixes; X = presença do táxon na amostra) .....	38
Tabela 4- Variação temporal da contribuição relativa das algas perifíticas abundantes e dominantes na densidade total média (n = 3) no período de estudo.....	48
Tabela 5- Resultado do teste de Tukey para as variáveis bióticas entre os tratamentos CP e SP (* P<0,01; NS= não significativo) .....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Variáveis limnológicas determinadas em campo.....	23
3.4.2 Variáveis limnológicas determinadas em laboratório.....	23
<b>3.5 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS.....</b>	<b>24</b>
3.5.1 Análise qualitativa - Riqueza e composição taxonômica.....	24
3.5.2 Análise quantitativa - Densidade total e por classes.....	24
3.5.3 Quantificação de clorofila a e feofitina .....	26
<b>3.6 TRATAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS.....</b>	<b>28</b>
4.1.1 Pluviosidade, vento e temperatura do ar.....	28
<b>4.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....</b>	<b>29</b>
4.2.1 Profundidade máxima, transparência e zona eufótica.....	29
4.2.2 Temperatura da água.....	30
4.2.3 Oxigênio dissolvido.....	31
4.2.4 pH.....	32
4.2.5 Condutividade elétrica.....	33
4.2.6 Turbidez .....	33
4.2.7 Salinidade.....	34
4.2.8 Nutrientes.....	34
4.2.8.1 Silicato.....	34

4.2.8.2 Ortofosfato.....	35
4.2.8.3 Nitrogênio amoniacal.....	36
<b>4.3 COMUNIDADE PERIFÍTICA.....</b>	<b>36</b>
4.3.1 Riqueza e composição Taxonômica.....	36
4.3.2 Densidade total e por classes.....	43
4.3.3 Táxons abundantes e dominantes.....	48
4.3.4 Diversidade e equitabilidade.....	48
4.3.5 Clorofila a e feofitina.....	49
4.4 Análise estatística.....	51
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>5.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>5.3 ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA.....</b>	<b>57</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras podem ser definidas precisamente como ecossistemas aquáticos superficiais que se desenvolvem na interface entre ecossistemas terrestres e marinhos costeiros e podem ser permanentemente abertos ou intermitentemente fechados a partir do mar adjacente por barreiras de deposição (ESTEVEES *et al.*, 2008). As lagoas costeiras são componentes valiosos e representativos em termos de ecossistema e capital natural (cerca de 12.2% do litoral da América do Sul), indicando que estas devem ser uma prioridade entre o planejamento de conservação dos ecossistemas naturais nos países neotropicais (ESTEVEES *et al.*, 2008). Estes ecossistemas possuem rica biodiversidade, apresentando elevada produtividade primária, contribuindo assim com fluxo de energia e manutenção das cadeias alimentares aquáticas (ESTEVEES, 2011).

É muito comum no Brasil a ocorrência de lagoas costeiras próximas a centros urbanos, implicando não só na importância social pelo seu uso, mas também pelos problemas ambientais causados pela ação antrópica (FARIA e ESTEVEES, 2000). Entre os múltiplos usos estão: pesca, lazer, harmonia paisagística, abastecimento doméstico e irrigação. Porém, há impactos decorrentes da ocupação desordenada, como o lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, sem tratamento adequado, resíduos sólidos e, nas últimas décadas resquícios da piscicultura intensiva (tanques-rede), como excesso de ração e excretas dos animais.

A população humana é extremamente dependente dos recursos hídricos para seu desenvolvimento. Contudo, apesar da dependência para a sobrevivência e progresso, as sociedades têm contribuído para a diminuição da quantidade e qualidade da água, em função das formas de consumo, dos altos níveis de poluição e degradação que se observa nas águas superficiais e subterrâneas em diversas localidades do mundo (TUNDISI, 2011). O uso de recursos hídricos para aquicultura tem grande importância para o crescimento da população humana e o seu desenvolvimento no Brasil vem atraindo grandes números de adeptos, que na maioria das vezes, possuem pouco ou nenhum conhecimento específico, tornando este manejo impróprio (TAVARES, 2013).

Com estas características, no estado do Espírito Santo destaca-se no município da Serra a lagoa Juara. A lagoa Juara é um ecossistema raso (profundidade média de 2,40 metros) e vem sendo submetida a inúmeros impactos, como o crescente

lançamento de efluentes domésticos “*in natura*” ocasionando registros de florações algais nos últimos anos, especialmente na época de estiagem (ALVES, 2015). Na última década houve acelerado crescimento populacional e assentamento urbano desprovido de planejamento no entorno (GOMES, 2014).

A lagoa Juara tem elevada importância regional, pois desde o ano de 2000 foram implantados cerca de 150 tanques-rede para o cultivo de tilápias (*Oreochromis* sp.) e caracterizando seu uso para piscicultura intensiva e sustento das famílias de pescadores. A piscicultura em tanques-rede vem crescendo em grande escala nos últimos tempos, porém há oferta de ração para os peixes duas a quatro vezes ao dia o que, somando aos excretas destes animais, tem promovido o aumento da matéria orgânica e a concentração de nutrientes nesse sistema, contribuindo para deterioração da qualidade da água, e aumento da trofia do ambiente.

Assim sendo, o entendimento dos inúmeros processos químicos, físicos e biológicos intrínsecos à eutrofização é um desafio para a eficiência de planos e manejos de recuperação destes ecossistemas (CROSSETI, 2008). A eutrofização causa profundas mudanças qualitativas e quantitativas no meio aquático e aumento da produtividade, podendo comprometer significativamente a qualidade de suas águas e a quebra relativa da estabilidade do ecossistema (homeostasia) (ESTEVES, 2011).

A avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas pode ser feita através de variáveis físicas, químicas e biológicas. Dentre estas, nas últimas décadas, tem se destacado a comunidade perifítica, a qual se caracteriza como sendo um conjunto de microorganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos artificiais ou naturais vivos ou mortos (WETZEL, 1983). A comunidade de algas perifíticas é frequentemente utilizada em estudos ambientais como bioindicadora da qualidade da água e de seu estado trófico por apresentar vantagens como modo de vida sésil, curto ciclo de vida dos organismos, resposta rápida a mudanças ambientais e elevada riqueza de espécies (LOWE & PAN, 1996).

O valor nutritivo, em potencial, das algas perifíticas é elevado, baseado nos teores de fósforo total, nitrogênio total, proteínas totais e carboidratos solúveis, sendo a comunidade basicamente dependente dos nutrientes presentes na água e não no substrato em si, daí a importância do perifíton como recurso alimentar para diversos níveis tróficos, especialmente invertebrados e peixes, herbívoros e detritívoros

(FERNANDES, 1993, 1997). Segundo Moschini-Carlos (1999), o perifíton é rico em proteínas, vitaminas e minerais e constitui importante alimento para muitos organismos aquáticos, especialmente alguns peixes de importância econômica.

O manejo equilibrado das técnicas aplicadas na aquicultura é a grande saída para o desenvolvimento racional deste empreendimento que muitas vezes tem causado problemas sérios quanto às questões ambientais (TAVARES, 2013). A aquicultura baseada na comunidade perifítica é uma abordagem que possibilita a prática da criação de forma ecológica, e pode colaborar com o desenvolvimento de estratégias para o manejo sustentável dos sistemas (SIQUEIRA e RODRIGUES, 2009).

Neste sistema de cultura, ramos lenhosos, varas de bambu ou quaisquer outros substratos rígidos são plantados ou fixos em águas rasas, tais como lagos, lagoas, reservatórios, etc., para permitir o crescimento do perifíton, aumentando sua biomassa, que fornece alimento natural para peixes herbívoros e onívoros (EL-SAYED, 2006).

A produção de peixes em sistema baseado em perifíton foi testado na África e Ásia, com considerável sucesso, indicando que este sistema é muito adequado para o cultivo de tilápias (AZIM et al., 2004). É claro que a aquicultura baseada no perifíton pode ser tecnologia apropriada para reduzir os custos de produção e permitir a produção de tilápia economicamente viável (EL-SAYED, 2006).

Poucos estudos foram desenvolvidos no estado do Espírito Santo com este enfoque até o momento, tendo apenas as contribuições de Almeida (2010), que avaliou os efeitos da predação por tilápia (*Oreochromis* sp.) sobre a estrutura e biomassa da comunidade ficoperifítica em substrato natural (colmo de bambu) em tanque de piscicultura em um curto intervalo de tempo e Ribeiro (2012) que estudou a variabilidade temporal em curto prazo da comunidade de algas perifíticas em tanques de piscicultura com fluxo contínuo.

Para as demais contribuições relacionadas a comunidade perifítica em reservatórios no estado destacam-se os trabalhos no reservatório de Duas Bocas de Cetrangolo (2004), que avaliou a variação espacial e temporal da comunidade ficoperifítica em substrato natural e Sartori (2005), que avaliou a variação temporal da comunidade ficoperifítica em substrato artificial. Cavati (2008), estudou as algas epilíticas em um reservatório tropical raso e Gonçalves (2010), avaliou a seletividade das algas

perifíticas em diferentes substratos artificiais em escalas temporais em reservatório artificial eutrófico (Vitória-ES).

As contribuições de trabalhos com perifíton em rios no estado, deram-se através de Martins (2006), que avaliou as respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica *in situ* submetidas a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória; Cavati (2006), que trabalhou com epifíton de substrato natural em dois ambientes do Baixo rio Doce; Pereira (2012), que analisou a distribuição espacial da comunidade perifítica no rio São Mateus; Mendes (2013), que fez um levantamento da comunidade perifítica e fitoplânctonica no rio Santa Maria do Doce para estruturação de uma coleção ficológica para o ensino de Biologia e Reis (2014), que estudou as diatomáceas perifíticas como bioindicadoras da qualidade da água no rio São Mateus.

Em lagoas costeiras, naturais e ou artificiais, os estudos iniciaram na lagoa da UFES em Vitória, com as contribuições de Martins (2002) que comparou a comunidade fitoplânctonica e perifítica em substrato natural; Semionato (2002), que avaliou a variação temporal da estrutura da comunidade ficoperifítica em substrato artificial; Costa (2010), que analisou a variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade ficoperifítica em substrato artificial; Costa (2011), que estudou as respostas da comunidade de algas perifíticas sob diferentes intensidades de luz e Santos (2011), que avaliou a variação temporal, em curto prazo, da comunidade de algas perifíticas em *Typha angustifolia* Linnaeus.

Na bacia hidrográfica do rio Jacaraípe foram desenvolvidas as pesquisas de Almeida (2011), que avaliou a ecologia das algas perifíticas em substrato artificial na lagoa Juara e Bastos (2014), que analisou a comunidade ficoperifítica como bioindicadora da qualidade ambiental da lagoa Jacuném.

Assim sendo, o presente estudo visa contribuir para a diminuição da utilização de ração na piscicultura intensiva da lagoa Juara utilizando a comunidade perifítica em substratos artificiais de baixo custo e minimizando a eutrofização artificial neste ecossistema, tendo caráter pioneiro no estado do Espírito Santo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL:

Avaliar a utilização da comunidade de algas perifíticas como alternativa alimentar para as tilápias (*Oreochromis* sp.) em tanques-rede na lagoa Juara (Serra, ES) e contribuir para o manejo sustentável.

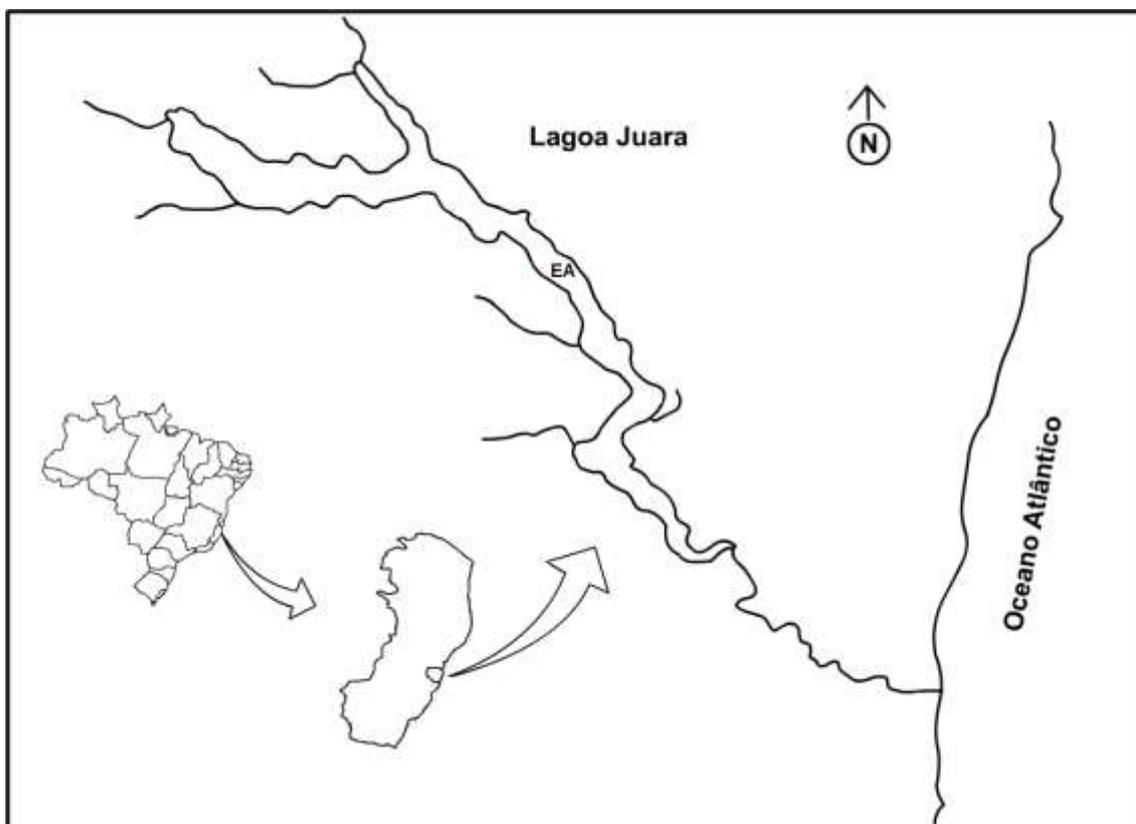
### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Avaliar a estrutura da comunidade perifítica em experimentos com dois tratamentos em tanques-rede: sem peixes e com peixes, por meio de seus principais atributos: riqueza de táxons, composição taxonômica, densidade total, abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade, além da biomassa (teor de clorofila *a* e feopigmentos) durante 36 dias em coletas semanais.
- Caracterizar a estação amostral quanto às principais variáveis ambientais (limnológicas e climatológicas).
- Correlacionar os dados bióticos com as variáveis limnológicas.
- Discutir a respeito da utilização da comunidade de algas perifíticas na piscicultura intensiva da lagoa Juara como subsídio ao manejo sustentável e melhoria da qualidade ecológica da lagoa.
- Contribuir para o conhecimento da comunidade perifítica em lagoas costeiras urbanas no estado do Espírito Santo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A lagoa Juara possui área de 2,9 km<sup>2</sup> e está situada na bacia hidrográfica do rio Jacaraípe com área de drenagem de 221,4 km<sup>2</sup>, a qual abrange 80% da malha urbana e representa 40% da área total do município de Serra, no estado do Espírito Santo (SILVA, 2013) (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa com a localização do município da Serra, ES e da lagoa Juara. Fonte: Imagem modificada de (ALMEIDA, 2011).

No que se refere às características climáticas, o município da Serra possui segundo a classificação de Köppen, clima determinado pela precipitação pluviométrica: Tropical Úmido (AW) – que é caracterizado pela presença de uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno, com temperatura média anual de 24°C com amplitude de 18°C a 34°C, apresentando regime pluviométrico com faixas anuais de precipitação variando de 900 a 1200 mm (SILVA, 2013). O período chuvoso compreende de

outubro a janeiro, enquanto o período seco compreende entre junho e agosto (SIAG, 2016).

O ambiente terrestre no entorno da lagoa Juara apresenta plantações de *Eucaliptus* sp. e ainda podem ser observados vestígios de mata ciliar, na lagoa há bancos de macrófitas aquáticas de diferentes dimensões e ilhas flutuantes que se deslocam com a ação do vento, estando composta por macrófita (*Typha* sp.) e, inclusive, por árvores de pequeno porte (OLIVEIRA, 2011) (Figura 2). Na porção proximal ao mar da lagoa, é evidenciado a ocupação urbana (Figura 3).



**Figura 2:** Vista parcial da lagoa Juara mostrando os estandes de macrófitas aquáticas e as ilhas flutuantes (à direita).

Fonte: Arquivo próprio.



**Figura 3:** Vista parcial da lagoa mostrando a ocupação urbana nas margens.

Fonte: Arquivo próprio.

No ano de 2000 formou-se a Associação de Pescadores da Lagoa Juara (APLJ) e foram implantados 150 tanques rede de tela para o cultivo de tilápias (*Oreochromis* sp.) com capacidade para 500 peixes cada. Desde então, a lagoa é utilizada para piscicultura intensiva, com comercialização e fornecimento para o restaurante da associação (PROJETO REDE, 2013).

Na época da coleta em outubro/2014 a lagoa contava com cerca de 100 tanques rede localizados em sua porção mediana (em relação ao comprimento) sendo utilizado para o cultivo dos peixes que eram alimentados com ração de 2 a 4 vezes por dia.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Seis tanques-rede para cultivo de tilápias (tamanho de 2x2m, 4m<sup>3</sup> e 1,20 de profundidade) foram utilizados na região de piscicultura intensiva da lagoa Juara (georeferenciada pelo GPS ETrex) (Figura 4).



**Figura 4:** Tanques-rede na região da piscicultura intensiva da lagoa Juara utilizados para o experimento.

Fonte: Arquivo próprio.

Para cada um dos seis tanques-rede uma estrutura experimental foi confeccionada pela autora desta pesquisa e instalada para a colonização da comunidade de algas perifíticas. Para isso, seis unidades experimentais em forma de varal (arame galvanizado) foram construídas, cada uma com 50 fios de nylon para servirem de suporte a lâminas de plástico (2,5 de largura x 7 de comprimento), as quais foram posicionadas, em cada tanque-rede, perpendicularmente à superfície da água e

submersas a aproximadamente 25 cm (Figura 5 e 6). O substrato artificial foi selecionado devido à fácil manipulação, baixo custo, por ser inerte do ponto de vista químico e por apresentar superfície resistente à ação mecânica para raspagem (SCHWARZBOLD, 1990).



**Figura 5:** Suporte de nylon a lâminas de plástico (2,5 de largura x 7 de comprimento) nas unidades experimentais.

Fonte: Arquivo próprio.



**Figura 6:** Estrutura experimental sendo instalada em tanque-rede na lagoa Juara.

Fonte: Arquivo próprio.

Dos seis tanques-rede, três receberam 250 tilápias (*Oreochromis* sp.) jovens (tamanho médio) sendo a 85% a 89% machos que foram colocados após quinze dias da instalação do experimento nos tanques-rede (Tratamento com peixe - CP). Os

demais três tanques-rede não receberam peixes e serviram como controle (Tratamento sem peixe - SP). Durante todos os dias do experimento os peixes foram alimentados com ração de 2 a 4 vezes por dia, da mesma forma que os pescadores alimentam os peixes diariamente nos tanques.

O experimento foi realizado no período outubro/2014 a dezembro/2014 totalizando 36 dias. A instalação das unidades experimentais foi realizada no dia 30 de outubro de 2014 e após quinze dias de colonização da comunidade periférica (tempo necessário para a instalação da biomassa de algas periféricas), no dia 13 de novembro de 2014 (Pré-tratamento) foram coletadas lâminas aleatoriamente para caracterização inicial da comunidade e foram colocados 250 peixes em seus respectivos tanques. A cada intervalo de sete dias foram feitas coletas das lâminas colonizadas: dia 20 de novembro (Coleta 1 – 22º dia), 27 de novembro (Coleta 2 – 29º dia) e a última coleta no dia 04 de dezembro de 2014 (Coleta 3 – 36º dia).

A quantidade e duração das coletas foi estabelecida de acordo com a dinâmica de colonização da comunidade periférica, levando-se em consideração que em 30 dias a comunidade estaria em sua fase madura. De acordo com Schwarzbald, Burliga & Torgan (2013), tratando-se de substrato artificial, o período de colonização de microalgas pode variar entre duas, três ou quatro semanas, tanto em sistemas lótico como lêntico.

### **3.3 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS**

Os dados climatológicos mais próximos do município da Serra, referentes aos meses das coletas, foram obtidos no INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016). Foram obtidas informações mensais sobre o número de dias com chuva e a chuva acumulada. Em cada coleta, também foram determinadas a temperatura do ar (°C) com termômetro de bulbo e a velocidade do vento ( $m.s^{-1}$ ) com anemômetro portátil Instrutherm AD-250.

### **3.4 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS**

As variáveis limnológicas foram analisadas em tréplica ( $n=3$ ) e amostradas em três diferentes pontos da estação amostral (próximos aos tanques-redes) da subsuperfície

até próximo ao sedimento da coluna d'água. Tais medidas foram determinadas sempre pela manhã (entre 09:00 e 11:00).

#### 3.4.1 – Variáveis limnológicas determinadas em campo

A profundidade da coluna d'água (m) e a transparência da água (m) foram determinadas com disco de Secchi, no lado sombreado da embarcação. A profundidade da zona eufótica (m) foi estimada com base nos valores de transparência multiplicados por três (COLE, 1975), sendo o valor final admitido como correspondente a 1% da radiação incidente na superfície da coluna d'água (ESTEVES, 2011).

A temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e o oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$  e % de saturação) foram determinados a cada 0,40 m da coluna d'água, desde a subsuperfície até próximo ao sedimento, utilizando-se o medidor Multiparâmetros YSI 85, com o qual também foram determinados os perfis verticais de salinidade ( $\mu\text{s.}$ ) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ).

#### 3.4.2 Variáveis limnológicas determinadas em laboratório

O pH foi determinado através do pHmetro AT-300 Alfakit e a turbidez (NTU) através do Turbidímetro TN100 Alfakit, ambos foram determinados de amostras de água coletadas na subsuperfície (cerca de 40 cm).

Para análise dos nutrientes, amostras de água foram coletadas na subsuperfície (cerca de 40 cm) com passagem manual do frasco, no mesmo local onde foram determinadas as demais variáveis limnológicas. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e mantidas sob baixa temperatura no transporte até o laboratório, quando então foram filtradas a vácuo em filtro de fibra de vidro GF-1, para determinação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio amoniacal, ortofosfato e silicato). Após esta etapa, as amostras foram mantidas congeladas para posterior análise. As análises foram realizadas no Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Os nutrientes analisados e seus respectivos métodos estão listados a seguir:

- Nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{g NH}_3\text{-NH}_4^+ \text{L}^{-1}$ ) (KOROLEFF, 1976);

- Silicato ( $\mu\text{g Si-SiH}_4\text{O}_4\cdot\text{L}^{-1}$ ) (GOLTERMAN *et al.*, 1978);
- Ortofosfato ( $\mu\text{g P-PO}_4\cdot\text{L}^{-1}$ ) (GOLTERMAN *et al.*, 1978);

### 3.5 VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

Em cada coleta foram retiradas aleatoriamente de cada estrutura experimental 10 lâminas, as quais foram acondicionadas em frascos de vidro contendo água da torneira (câmaras úmidas, cerca de 50 ml) para evitar a desidratação do perifíton. O perifíton foi isolado do substrato através de raspagem com estilete, pincel macio e jatos de água da torneira, sendo posteriormente homogeneizado, o qual foi dividido em três frascos que foram utilizados para análise qualitativa, quantitativa e de clorofila a juntamente com feofitina.

#### 3.5.1 Análise qualitativa – Riqueza e composição taxonômica

As amostras qualitativas foram fixadas com solução formalina 4% e foram analisadas em microscópio óptico de captura de imagem Nikon Eclipse E200 equipado com câmera fotográfica. Os táxons foram fotografados, medidos, e identificados utilizando bibliografia especializada, visando a identificação ao nível específico sempre que possível. A riqueza total foi determinada através do número de táxons presentes nas amostras.

#### 3.5.2 Análise quantitativa - Densidade total e por classes

A análise quantitativa foi realizada a partir de amostras fixadas com solução de lugol acético 5% e seguiu o método de sedimentação em câmaras (UTERMÖHL, 1958), utilizando-se microscópio invertido Nikon Eclipse TS 400, com aumento de 400 vezes. O procedimento de contagem foi o de campos aleatórios descrito por Uehlinger (1964). Cada célula, colônia e filamento foram considerados como um indivíduo. O limite de contagem foi estabelecido pela quantificação de no mínimo 400 indivíduos da espécie mais comum (Lund *et al.*, 1958). Os resultados da análise quantitativa foram expressos em indivíduos/cm<sup>2</sup> e calculados de acordo com APHA (1992), através da fórmula seguinte:

$$\text{Indivíduos/cm}^2 = \frac{N \times A_t \times V_t}{A_c \times V_s \times A_s}$$

Onde:

N = número de organismos contados;

A<sub>t</sub> = área total do fundo da câmara de sedimentação (mm<sup>2</sup>);

V<sub>t</sub> = volume total da amostra raspada (mL);

A<sub>c</sub> = área contada (área do campo x número de campos contados) (mm<sup>2</sup>);

V<sub>s</sub> = volume da câmara de sedimentação (mL);

A<sub>s</sub> = área do substrato raspado (cm<sup>2</sup>).

A partir da densidade, foram determinadas as espécies dominantes, ou seja, aquelas cuja a ocorrência superou 50% do número total de indivíduos em cada amostra, e abundantes, aquelas cuja ocorrência numérica superou o valor médio do número total de indivíduos de cada amostra (LOBO & LEIGHTON, 1986).

Através dos dados de densidade, calcularam-se também os índices de diversidade e equitabilidade. A diversidade específica (H') foi calculada através do índice de diversidade (SHANNON & WEAVER, 1963) e expressa em bits/indivíduos, segundo a expressão:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$$\text{Sendo: } p_i = n_i / N$$

Onde:

H' = diversidade específica;

n<sub>i</sub> = número de indivíduos da espécie i;

N = número total de indivíduos.

A equitabilidade (J') foi calculada através da seguinte fórmula, proposta por Pielou (1975, *apud* LEGENDRE & LEGENDRE, 1983):

$$J' = H'/H'_{\text{max}}$$

Sendo:  $H'_{\max} = \log 2 S$

Onde:

$J'$  = eqüitabilidade;

$H'$  = diversidade da amostra;

$H'_{\max}$  = diversidade máxima da amostra;

$S$  = número de espécies da amostra.

### 3.5.3 Quantificação de clorofila *a* e feofitina

Os pigmentos fotossintetizantes foram extraídos utilizando acetona 90% a frio, segundo Apha (2005). As amostras foram filtradas em microfiltro de fibra de vidro GF-1 (25 mm), sendo a extração feita com acetona 90% por 24 horas, sob refrigeração, após maceração dos filtros. As amostras foram centrifugadas e o sobrenadante lido em espectrofotômetro (espectrofotômetro FEMTO 700 PLus). Clorofila *a* foi calculada a partir da fórmula proposta por Parsons *et al* (1984) e feofitina a partir da fórmula proposta por Lorenzen (1967), modificadas para perifíton, com os resultados expressos em  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ :

- $Cl\ a = 11,85 A_{665} - 1,54 A_{647} - 0,08 A_{630}$

$$\mu\text{g cm}^{-2} = \frac{C_x \times v}{AR \times p}$$

Onde:

$A_x$  = absorvância no comprimento de onda  $x$ , sendo  $A_{665}$ ,  $A_{647}$  e  $A_{630}$  corrigidos com  $1 \times A_{750}$ ,  $A_{510}$  corrigido com  $2 \times A_{750}$  e  $A_{480}$  corrigido com  $3 \times A_{750}$ ;

$C_x$  = valor obtido com as fórmulas  $Cl\ a$ ;

$v$  = volume de acetona;

$AR$  = área raspada;

$p$  = passo óptico da cubeta.

- Feofitina

$$\text{Feo} = \frac{26,73 [(1,7 A665ac) - A665] \times v}{A \times p}$$

Onde:

A665ac = leitura no comprimento de onda 665 depois da acidificação com HCL 0,1N, corrigido de 1 x A750, também acidificado.

A665 = leitura no comprimento de onda 665, corrigido de 1 x A750;

v = volume de acetona;

A = área raspada;

p = passo óptico da cubeta

### 3.6 TRATAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O conjunto de dados durante cada período estudado foi inicialmente avaliado utilizando-se a estatística descritiva, através da determinação do valor de média, desvio-padrão e erro padrão, calculados com auxílio do programa Microsoft Excel 2013.

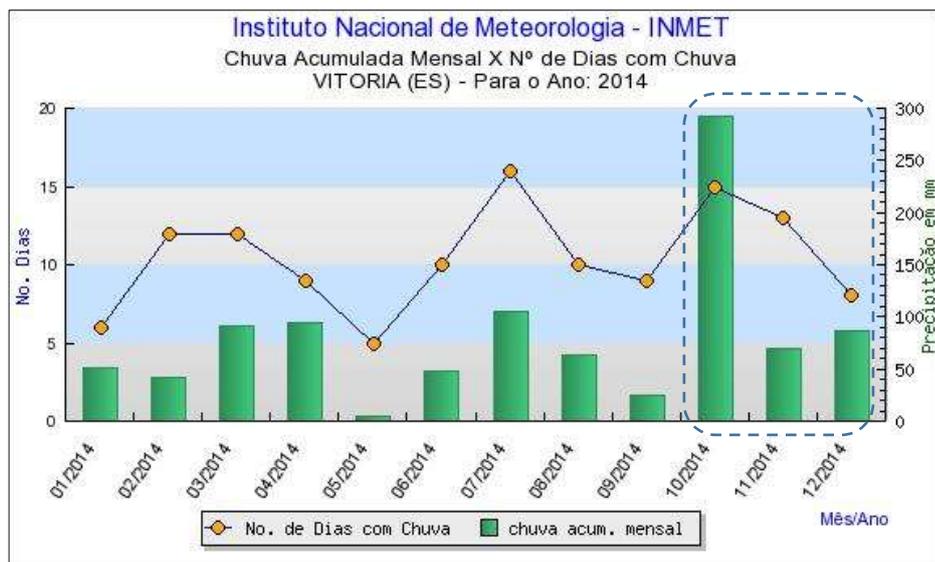
Para verificar a ocorrência de variações significativas entre os dados bióticos foi realizado o teste de significância Tukey ao nível de significância de ( $p < 0,5$ ) através do programa estatístico PAleontological STatistics 2.16.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

#### 4.1.1 Pluviosidade, vento e temperatura do ar

De acordo com a Figura 7 o mês de outubro de 2014, no qual foi instalado o experimento na lagoa Juara foi o mês onde houve maior chuva acumulada (290 mm) e o segundo mês com mais dias (15 dias) com chuva do ano de 2014. O mês de novembro, o qual foi o principal mês de realização das coletas obteve chuva acumulada de 70 mm e cerca de 13 dias com chuva. O mês de dezembro, quando as coletas encerraram teve chuva cumulada de cerca de 90 mm e menos de 10 dias com chuva.



**Figura 7:** Variação dos dados mensais de chuva acumulada e número de dias com chuva durante o ano do experimento.

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

Os valores médios ( $n=3$ ) e erro padrão da temperatura do ar e velocidade do vento registrada na estação amostral em cada período estudado está representada na Tabela 1. A velocidade média do vento nos momentos de coleta oscilou entre 0 a 1.7 m/s com erro padrão de 0.03, mostrando ausência de vento e brisa leve.

O menor valor médio de temperatura do ar foi na 2ª coleta (22º dia) com 27° C e o maior valor foi nas 3ª (29º dia) e 4ª (36º dia) coletas com 30° C, não houve erro padrão dos valores da média.

**Tabela 1-** Os valores médios (n= 3) e erro padrão de temperatura do ar e velocidade do vento registrada na estação amostral ao longo do período estudado.

VARIÁVEIS	UNIDADE	15º	22º	29º	36º
Vento	m/s	1.7 (0.03)	0.00 (0.00)	1.3 (0.20)	1.3 (0.00)
Temp. Ar	° C	28.0 (0.00)	27.0 (0.00)	30.0 (0.00)	30.0 (0.00)

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

**Tabela 2-** Estatística descritiva das variáveis abióticas (média e erro padrão) (n=3) (\* Referentes à profundidade de 40 cm, aproximadamente onde estava o experimento; \*\*Referentes à subsuperfície) (Abreviações: CE: Condutividade elétrica; OD: Oxigênio dissolvido; Tágua: Temperatura da água; pH: Potencial hidrogeniônico; Turb: Turbidez; P-PO43-: Ortofosfato; NH3-NH4+: Nitrogênio amoniacal).

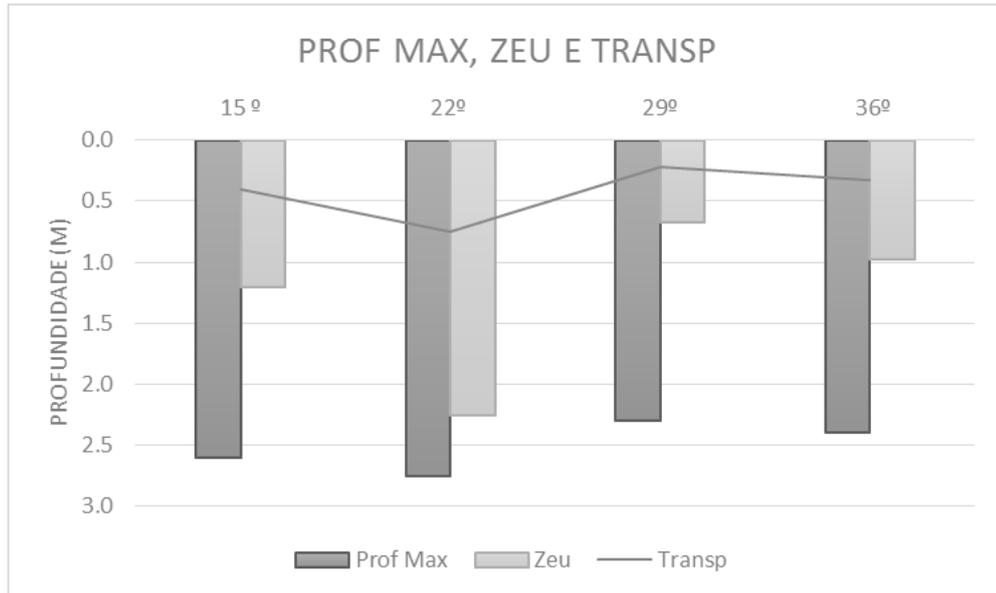
VARIÁVEIS	UNIDADE	15º	22º	29º	36º
CE*	µS cm-1	136.5 (0.06)	129.0 (0.52)	134.4 (2.97)	136.7 (0.34)
OD*	%	81.0 (23.05)	70.7 (17.94)	63.1 (9.02)	54.7 (5.62)
OD*	mg L-1	6.4 (1.74)	4.3 (0.10)	4.9 (0.74)	4.3 (0.47)
Tágua*	° C	27.5 (0.12)	26.5 (0.09)	28.1 (0.06)	28.7 (0.07)
pH**		7.6 (0.28)	7.7 (0.08)	7.8 (0.22)	7.9 (0.19)
Turb.**	NTU	8.8 (0.95)	6.5 (0.37)	8.8 (0.08)	6.7 (0.08)
N-NH4+**	µg L-1	58.1 (20.04)	58.7 (7.01)	181.4 (29.84)	150.4 (24.68)
P-PO43-**	µg L-1	4.8 (0.60)	5.7 (0.59)	5.5 (0.31)	5.5 (0.20)
Silicato**	µg L-1	35.2 (3.19)	30.0 (3.84)	22.6 (6.68)	46.8 (3.49)

Fonte: Elaboração própria.

### 4.2.1 Profundidade máxima, transparência e zona eufótica

Os resultados obtidos para profundidade máxima, transparência da água através do disco de Secchi e estimativa zona eufótica na estação amostral durante o período estudado estão apresentados na Figura 8. Os maiores valores de profundidade máxima, transparência e zona eufótica foram registrados na 2ª coleta (22º dia), com 2.7 m, 0.7 m e 2.2 m respectivamente. Os menores valores de profundidade máxima,

transparência e zona eufótica foram registrados na 3ª coleta (29º dia), com 2.3 m, 0.2 m e 0.6 m.

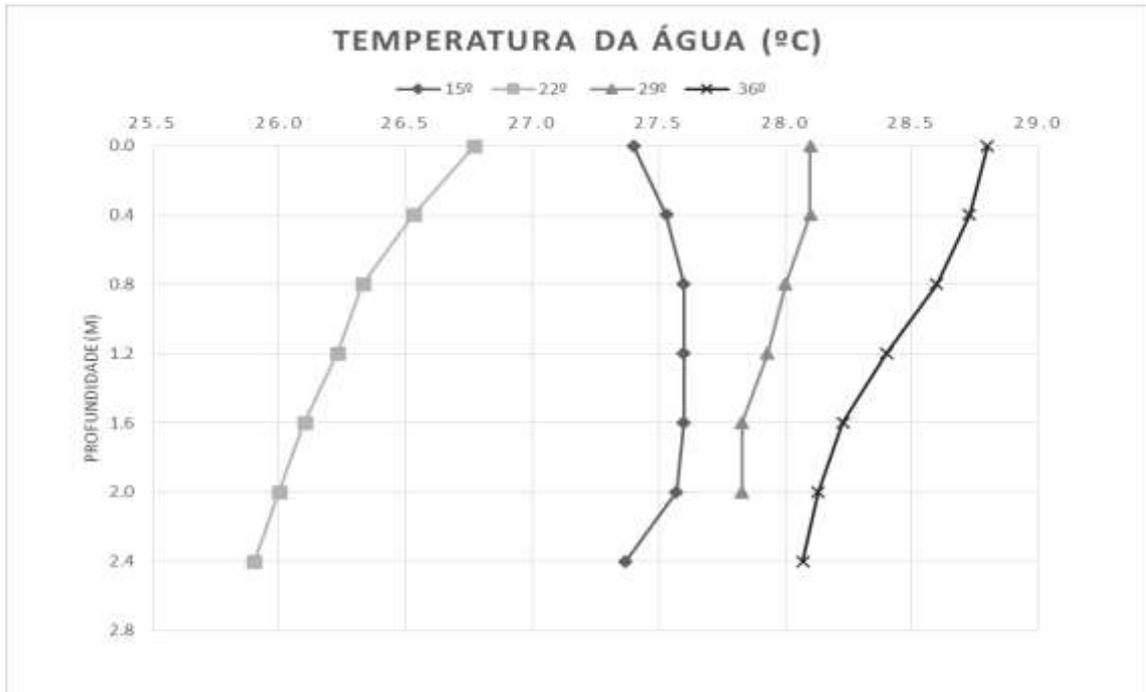


**Figura 8:** Variação temporal da profundidade máxima, transparência da água e zona eufótica na estação amostral ao longo do período estudado.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.2 Temperatura da água

Os perfis verticais de temperatura da água ao longo do período estudado estão representados na Figura 9. Os perfis verticais de temperatura da água na estação amostral apresentaram homogeneidade da coluna d'água. Portanto, com relação a esta variável, em praticamente todo o período estudado houve variação de menos de 1°, com desestratificação térmica. A maior variação de temperatura da água entre a superfície e o fundo ocorreu na 2ª coleta (22º dia), onde a temperatura variou de 26.7 °C a 25.9°C.

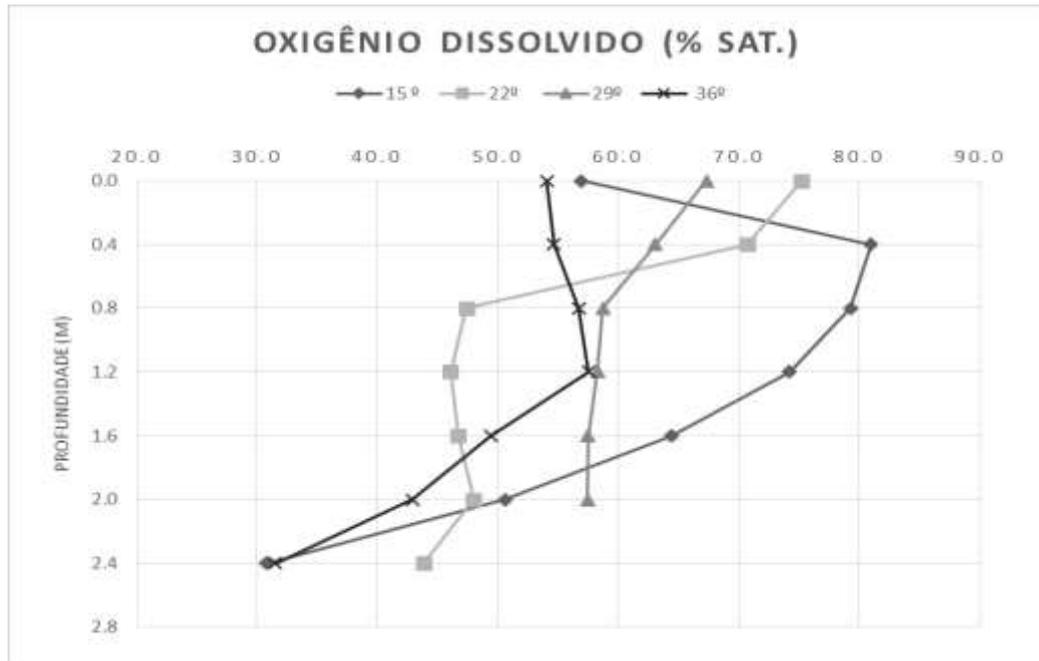


**Figura 9:** Perfis verticais de temperatura da água (°C) na estação amostral ao longo do período estudado.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.3 Oxigênio dissolvido

Os perfis verticais de oxigênio dissolvido (em % de saturação) na estação amostral ao longo do período estudado estão representados na Figura 10. Os perfis verticais de oxigênio dissolvido apresentaram estratificação em todos os dias exceto na 3ª coleta (29º dia) na qual a variação foi menor que 1°. A maior variação no perfil de oxigênio entre a superfície e o fundo ocorreu na instalação do experimento (15º dia), onde o valor registrado na superfície foi de 56.9 % e no fundo de 30.8%. A menor variação foi na 3ª coleta (29º dia), quando o valor registrado na superfície foi de 67.3% e no fundo de 57.4%.

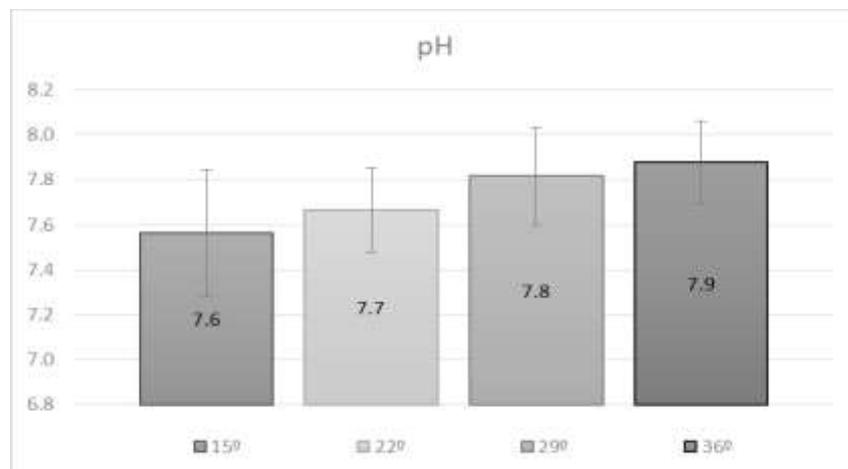


**Figura 10:** Perfis verticais de oxigênio dissolvido (em % de saturação) na estação amostral ao longo do período estudado.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.4 pH

A variação temporal média do pH na estação amostral ao longo do período de estudo está representada na Figura 11. Os valores obtidos permitiram caracterizar a estação de amostragem como neutra. O maior valor registrado foi de 7.9 na 4ª coleta (36º dia), com erro padrão de 0.19. O menor valor (7.6) foi registrado na instalação do experimento (15º dia), com erro padrão de 0.28.

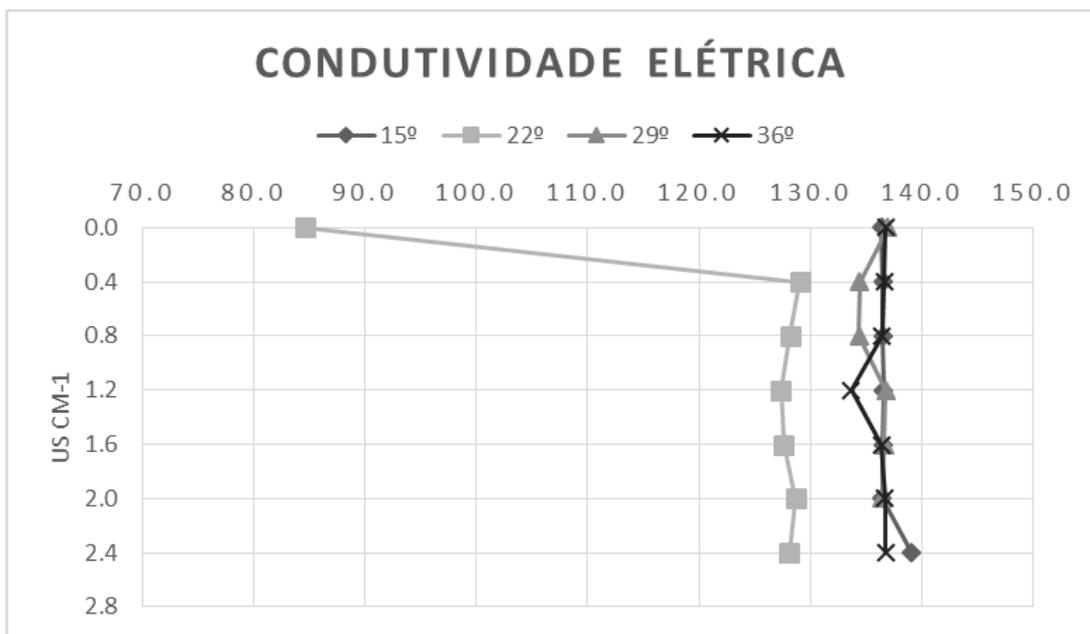


**Figura 11:** Variação temporal média e erro padrão do pH na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.5 Condutividade elétrica

Os perfis verticais de condutividade elétrica na estação amostral ao longo do período de estudo estão representados na Figura 12. Foi registrada homogeneidade na coluna d'água. A maior variação no perfil de condutividade elétrica entre a superfície e o fundo ocorreu na 2ª coleta (22º dia), onde o valor registrado na superfície foi de 84.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e no fundo de 128.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

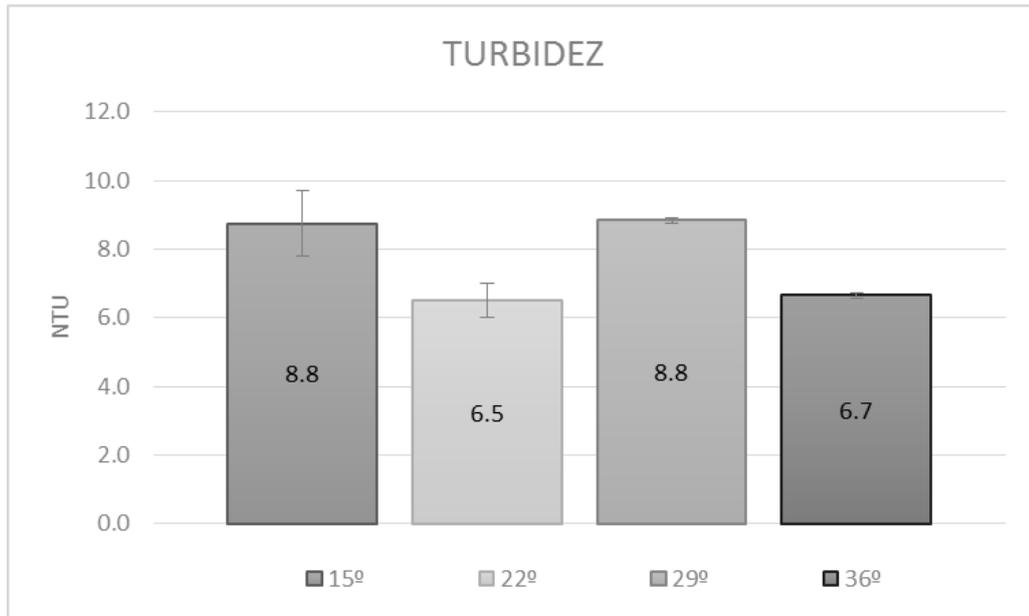


**Figura 12:** Perfis verticais de condutividade elétrica na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.6 Turbidez

A variação temporal média da turbidez na estação amostral ao longo do período de estudo está representada na Figura 13. O maior valor registrado foi de 8.8 na 3ª coleta (29º dia), com erro padrão de 0.08. O menor valor (6.5) foi registrado na 2ª coleta (22º dia), com erro padrão de 0.50.



**Figura 13:** Variação temporal média e erro padrão da turbidez na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

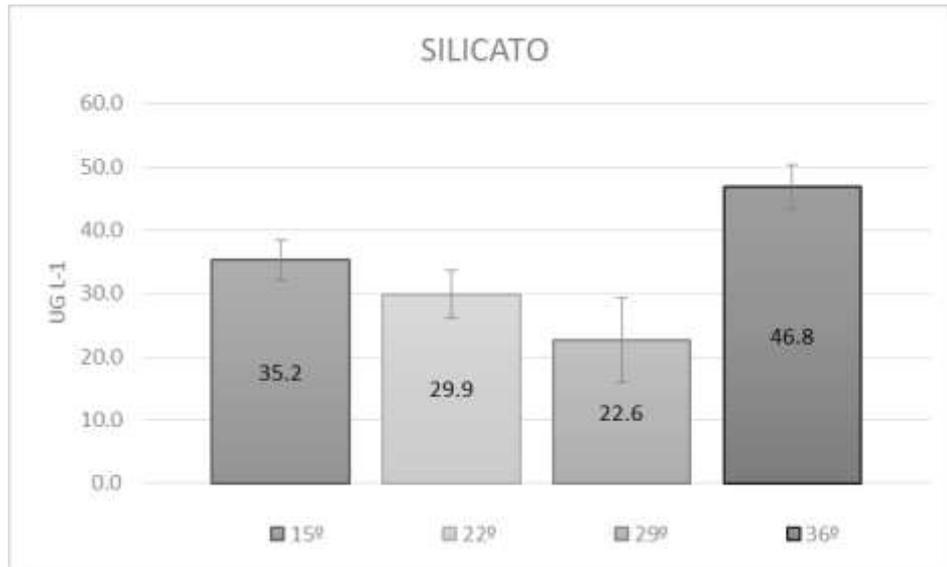
#### 4.2.7 Salinidade

A estação amostral estudada apresentou valores de salinidade de 0.1  $\mu$ .s em todos os dias de estudo, caracterizando-a como um ambiente dulcícola.

#### 4.2.8 Nutrientes

##### 4.2.8.1 Silicato

A variação temporal média do silicato na estação amostral ao longo do período de estudo está representada na Figura 14. A maior média foi registrada na 4ª coleta (36º dia), com 46.8  $\mu$ g/L e erro padrão de 3.49. O menor valor médio foi registrado na 3ª coleta (29º dia), com 22.6  $\mu$ g/L e erro padrão de 6.68.

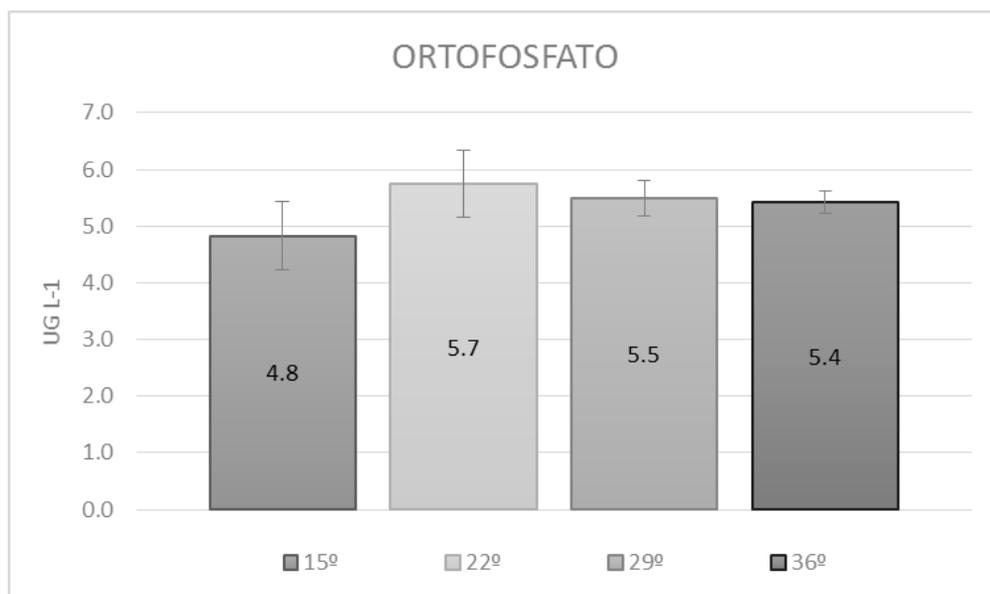


**Figura 14:** Variação temporal média e erro padrão do silicato na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.8.2 Ortofosfato

A variação temporal média do ortofosfato na estação amostral ao longo do período de estudo está representada na Figura 15. Os valores médios de ortofosfato apresentaram certa homogeneidade ao longo do período de estudo, sendo o valor maior na 2ª coleta (22º dia) com 5.7 µg/L e erro padrão de 0.59 e o valor menor no 15º dia com 4.8 µg/L e erro padrão de 0.60.

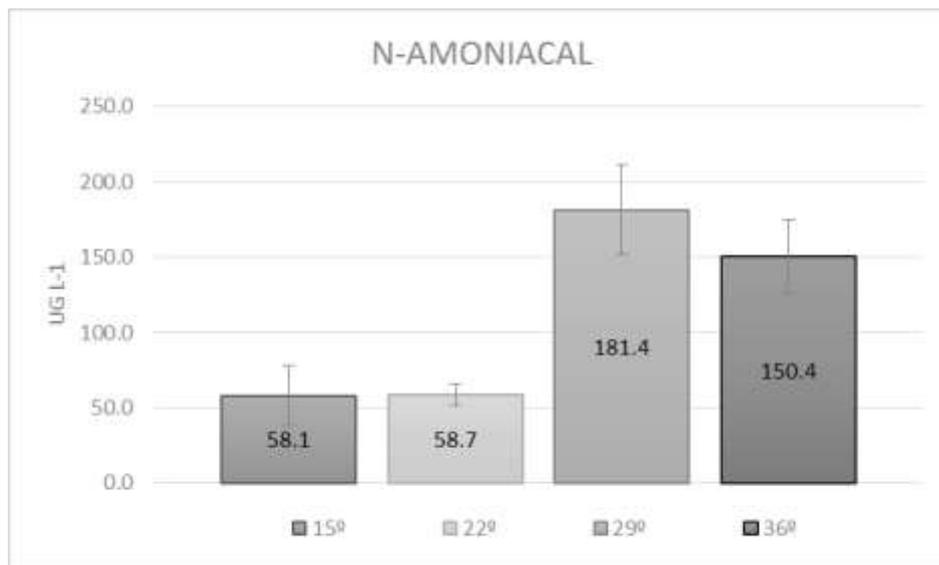


**Figura 15:** Variação temporal média e erro padrão do ortofosfato na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.8.3 Nitrogênio amoniacal

A variação temporal média do nitrogênio amoniacal na estação amostral ao longo do período de estudo está representada na Figura 16. Os maiores valores médios de nitrogênio amoniacal foram registrados nos últimos dias de coleta. O maior valor médio foi no 29º dia com 181.4 µg/L e erro padrão de 29.8 µg/L e o menor valor foi na instalação do experimento (15º dia) com 58.1 e erro padrão de 20.04.



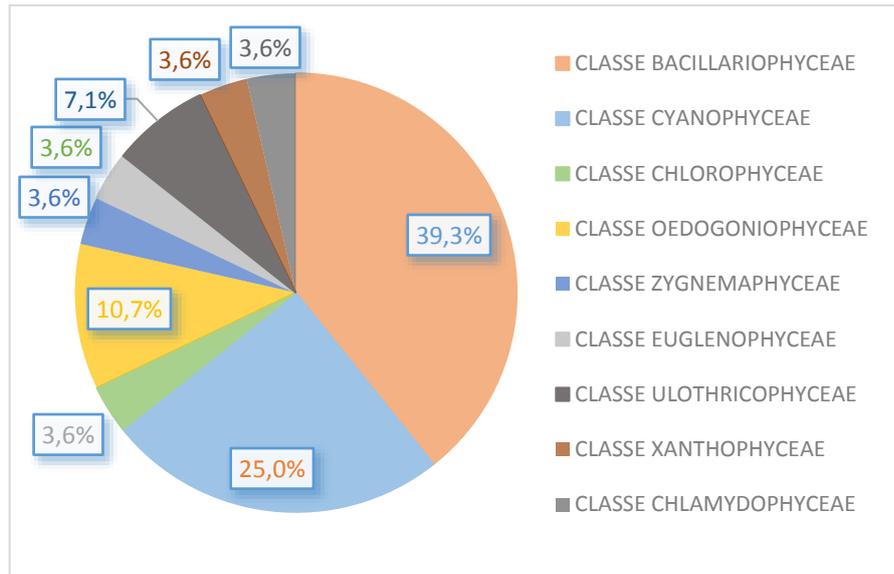
**Figura 16:** Variação temporal média e erro padrão do nitrogênio amoniacal na estação amostral ao longo do período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

### 4.3 COMUNIDADE PERIFÍTICA

#### 4.3.1 Riqueza e composição taxonômica

A comunidade de algas perifíticas da estação amostral, considerando todos os dias do experimento na lagoa Juara esteve composta por 28 táxons distribuídos entre 9 classes, sendo a Classe Bacillariophyceae mais representativa com 11 táxons (39,3%), 7 da Classe Cyanophyceae (25,0%), 3 da Classe Oedogoniophyceae (10,7%), 2 da Classe Ulothricophyceae (7,1%), e apenas 1 representante das Classes Chlorophyceae, Zygnemaphyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae e Chlamydomphyceae (3,6% cada) (Figura 17 e Tabela 3).



**Figura 17:** Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade de algas perifíticas da estação amostral na lagoa Juara, considerando todo o período estudado.

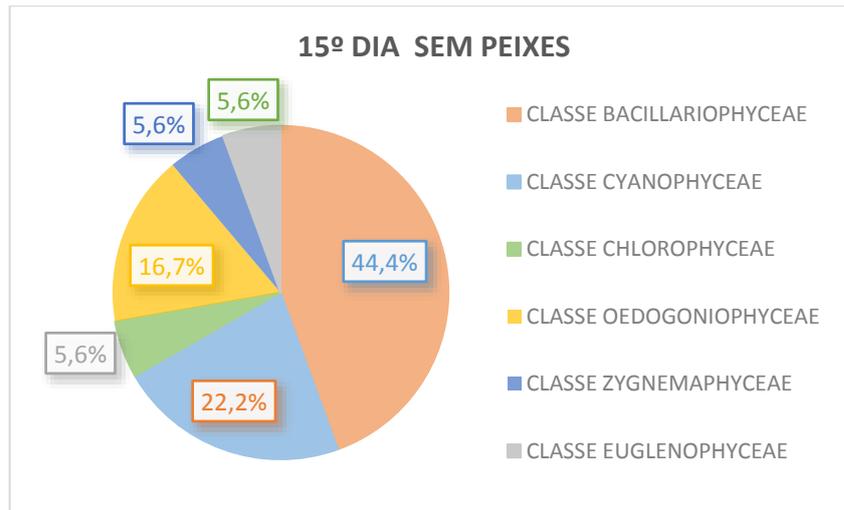
Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 3-** Composição taxonômica da comunidade de algas perifíticas na estação amostral da lagoa Juara e ocorrência dos táxons ao longo do estudo (SP = sem peixes; CP = com peixes; X = presença do táxon na amostra).

Táxon	15 dias		22 dias		29 dias		36 dias	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	
<b>CLASSE BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X		X	X	X		X	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X	X	X	X	X			
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	X	X	X	X	X	X		
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg		X	X					
<i>Synedra</i> sp				X	X			
<i>Eunotia</i> sp 1	X	X	X	X	X	X		
<i>Eunotia</i> sp 2		X	X	X	X	X	X	X
<i>Cymbella</i> sp	X			X		X	X	X
<i>Pinnularia</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>CLASSE CYANOPHYCEAE</b>								
<i>Chroococcus</i> sp	X			X				
<i>Heteroleibleinia pusilla</i> (Hansgig) Compère	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Calothrix cf. fusca</i> (Kützing) Bornet et Flahault				X	X	X	X	X
<i>Anabaena</i> sp			X					X
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sawageau	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Xenococcus</i> sp				X	X	X	X	X
<b>CLASSE CHLOROPHYCEAE</b>								
<i>Stigeoclonium elongatum</i> (Hassall) Kützing	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>CLASSE OEDOGONIOPHYCEAE</b>								
<i>Oedogonium</i> sp 1	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp 2	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Bulbochaete</i> sp	X	X	X	X				
<b>CLASSE ZYGNEMAPHYCEAE</b>								
<i>Cosmarium</i> sp	X							
<b>CLASSE EUGLENOPHYCEAE</b>								
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) Stein	X							
<b>CLASSE ULOTHTRICOPHYCEAE</b>								
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kützing			X	X	X	X	X	X
<i>Uronema confervicolum</i> Lagerheim		X			X			X
<b>CLASSE XANTHOPHYCEAE</b>								
<i>Tetraplekton torson</i> (Skuja) Dedusenko		X	X	X	X			
<b>CLASSE CHLAMYDOPHYCEAE</b>								
<i>Chlamydomonas</i> sp.							X	

Fonte: Elaboração própria

Nos primeiros 15 dias de colonização, a comunidade de algas perifíticas esteve composta por 18 táxons sendo distribuídos por 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi a Bacillariophyceae com 8 táxons (44,4%), seguida pela Classe Cyanophyceae com 4 táxons (22,2%), Classe Oedogoniophyceae com 3 táxons (16,7%), as demais Classes Chlorophyceae, Zygnemaphyceae e Euglenophyceae com 1 táxon cada (5,6% cada) (Figura 18)



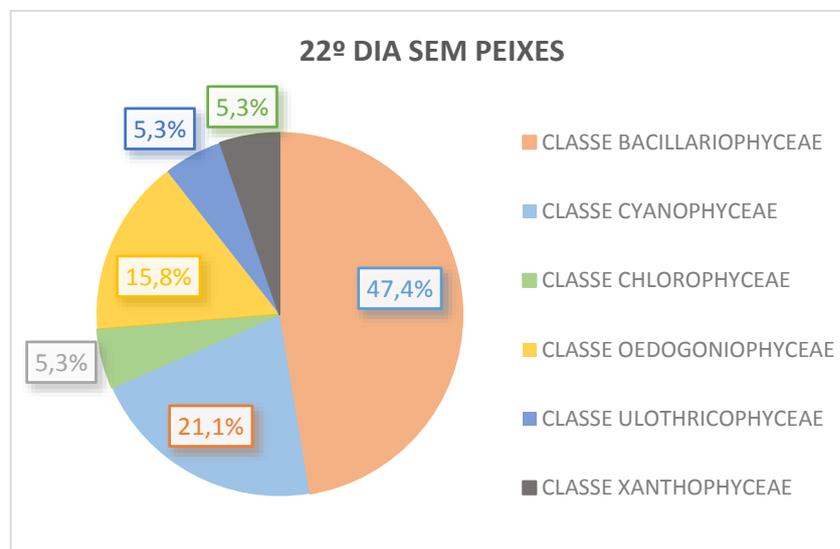
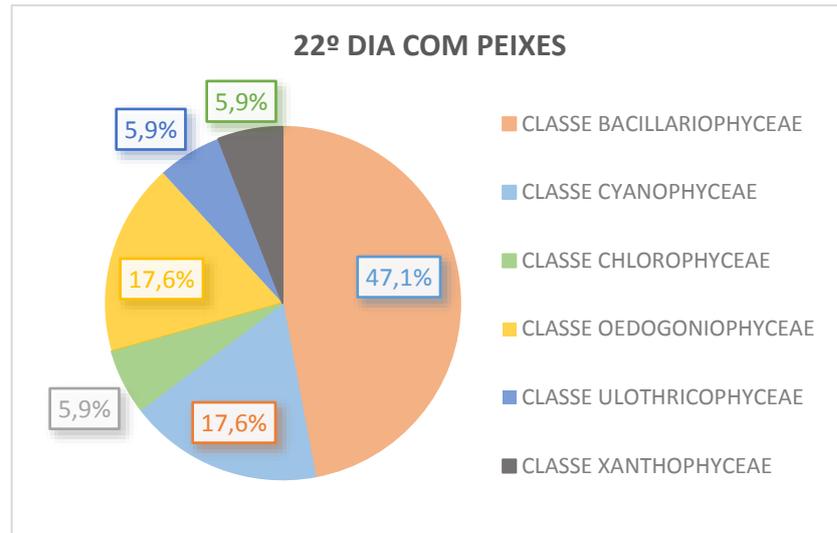
**Figura 18:** Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 15º dia de colonização com ausência de peixes (início do experimento).

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 19 representa a contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica na 2ª coleta, 22º dia de colonização nos tratamentos com peixes (CP) e sem peixes (SP) respectivamente.

A comunidade de algas perifíticas no tratamento CP esteve composta por 17 táxons sendo distribuídos em 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae com 8 taxons (47,1%), seguida da Classe Cyanophyceae e Oedogoniophyceae ambas com 3 taxóns (17,6%), as demais Classes Chlorophyceae, Ulothricophyceae e Xanthophyceae com 1 táxon cada (5,9% cada).

A comunidade de algas perifíticas no tratamento SP esteve composta por 19 táxons sendo distribuídos em 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae com 9 taxons (47,4%), seguida da Classe Cyanophyceae com 4 táxons (21,1%), Classe Oedogoniophyceae com 3 taxóns (15,8%), as demais Classes Chlorophyceae, Ulothricophyceae e Xanthophyceae com 1 táxon cada (5,3% cada).



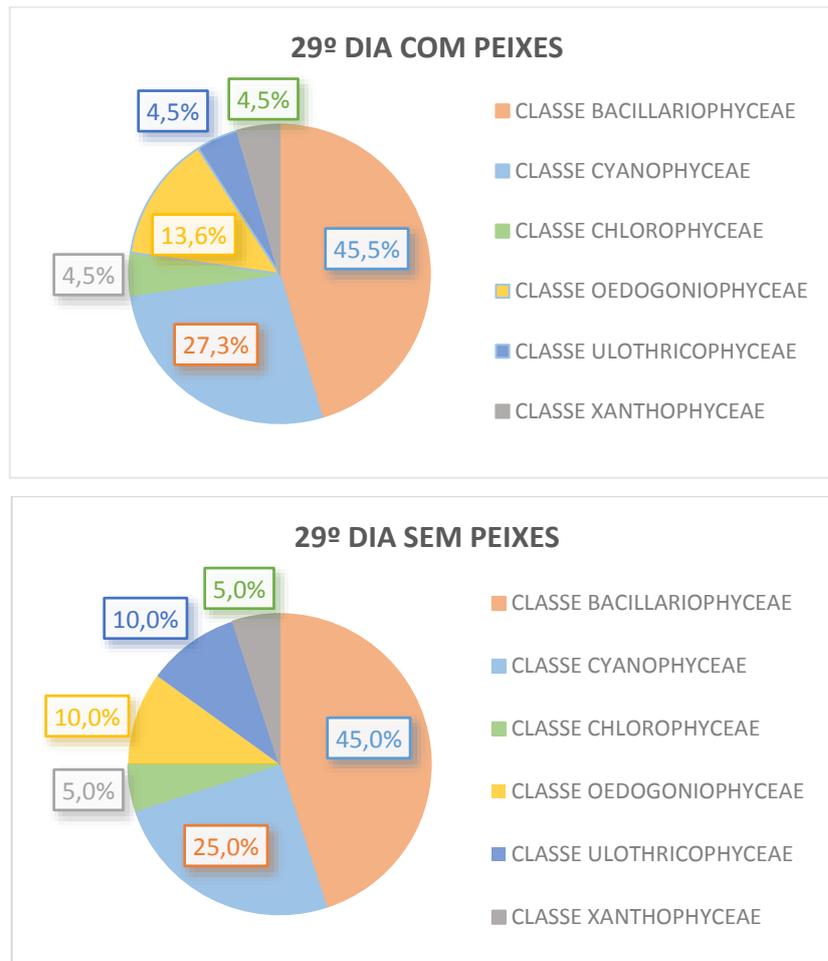
**Figura 19:** Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 22º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 20 representa a contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica na 3ª coleta, 29º dia de colonização nos tratamentos com peixes (CP) e sem peixes (SP) respectivamente.

A comunidade de algas perifíticas no tratamento CP esteve composta por 22 táxons sendo distribuídos em 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae com 10 táxons (45,5%), seguida da Classe Cyanophyceae com 6 táxons (27,3%), Classe Oedogoniophyceae com 3 táxons (13,6%), as demais Classes Chlorophyceae, Ulothricophyceae e Xanthophyceae com 1 táxon cada (4,5% cada).

A comunidade de algas perifíticas no tratamento SP esteve composta por 20 táxons sendo distribuídos em 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae com 9 taxons (45,0%), seguida da Classe Cyanophyceae com 5 táxons (25,0%), Classe Oedogoniophyceae e a Classe Ulothricophyceae com 2 taxóns cada (10,0% cada) e as demais Classes Chlorophyceae, e Xanthophyceae com 1 táxon cada (5,0% cada).



**Figura 20:** Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 29º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.

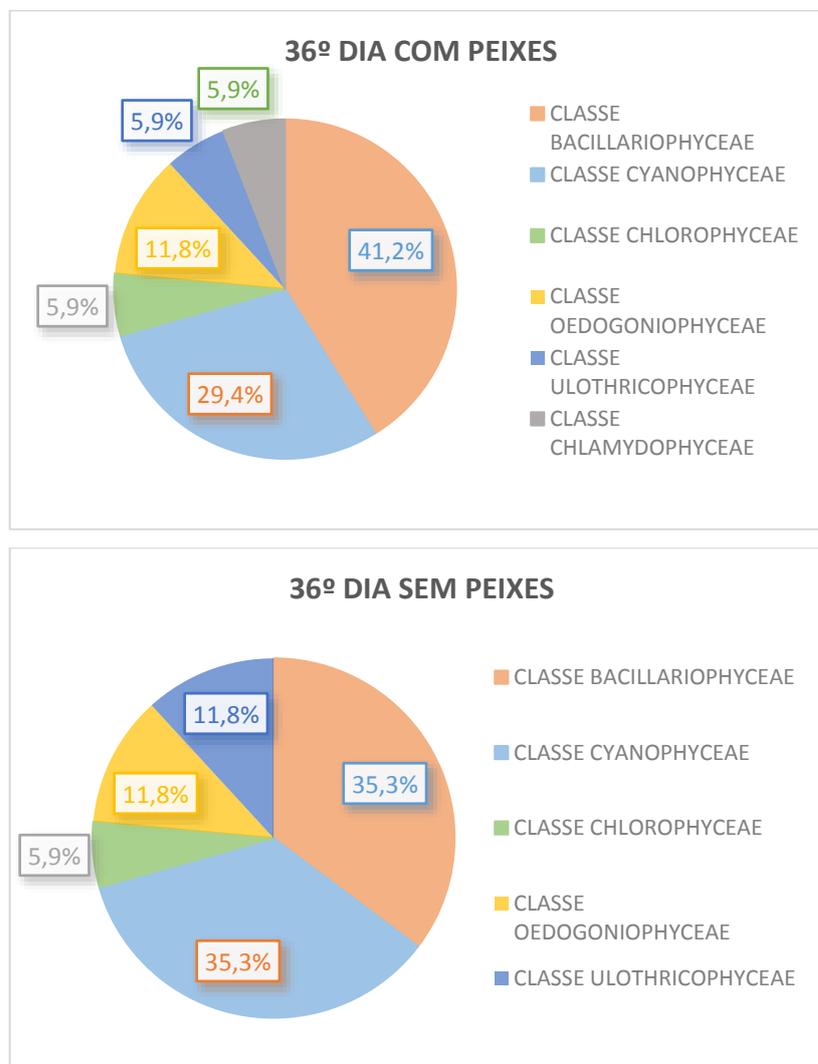
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 21 representa a contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de táxons, na comunidade perifítica no 36º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.

A comunidade de algas perifíticas no tratamento CP esteve composta por 17 táxons sendo distribuídos em 6 Classes. A Classe com maior representatividade foi

Bacillariophyceae com 7 taxons (41,2%), seguida da Classe Cyanophyceae com 5 taxons (29,4%), Classe Oedogoniophyceae com 2 taxons (11,8%), as demais Classes Chlorophyceae, Ulothricophyceae e Chlamydoephyceae com 1 táxon cada (5,9% cada).

A comunidade de algas perifíticas no tratamento SP esteve composta por 17 taxons sendo distribuídos em 5 Classes. As Classes com maiores representatividades foram Bacillariophyceae e Cyanophyceae com 6 taxons cada (35,3% cada), seguida das Classes Oedogoniophyceae e Ulothricophyceae com 2 taxons cada (11,8% cada), e a Classe Chlorophyceae com 1 táxon (5,9%).



**Figura 21:** Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza relativa de taxons, na comunidade perifítica no 36º dia de colonização nos tratamentos com peixes e sem peixes respectivamente.

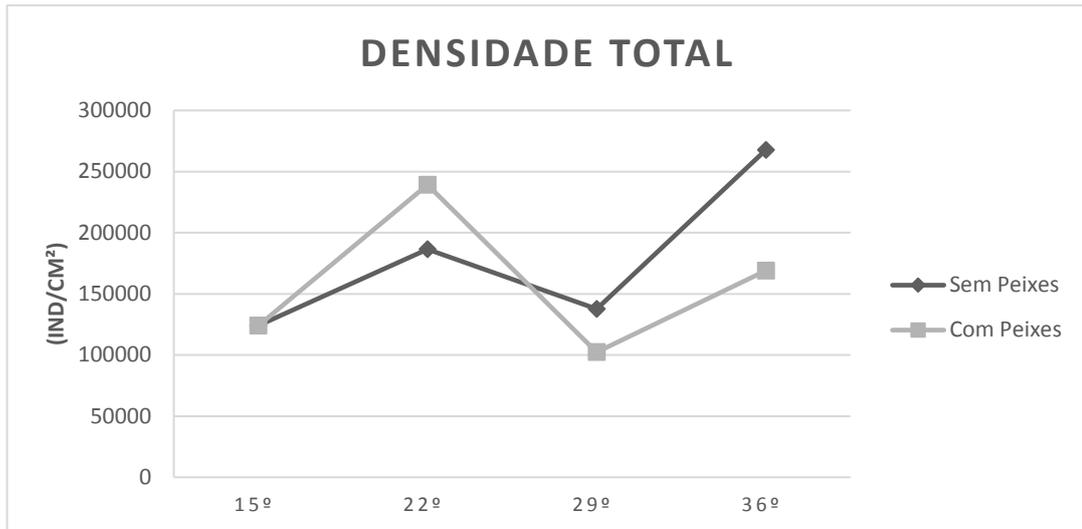
Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos táxons exclusivos, foram registrados 3: 1 pertencente à Classe Zygnemaphyceae e 1 à Classe Euglenophyceae, ambos nos primeiros 15 dias (SP) de colonização e 1 à Classe Chlamydomonadales no tratamento com peixes (CP) no 36º dia de colonização da comunidade de algas perifíticas.

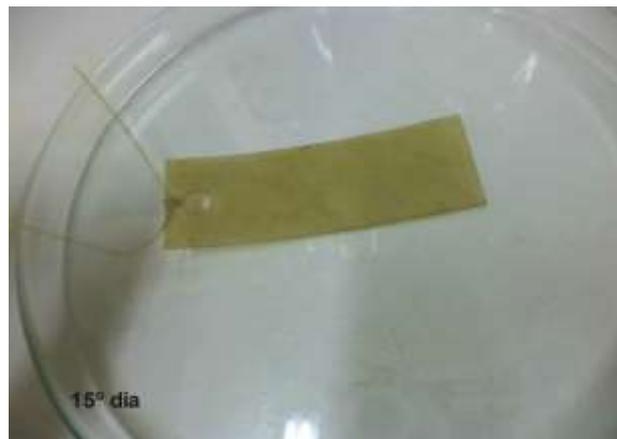
Em termos de composição taxinômica dentre os tratamentos CP e SP a maioria dos táxons foi comum aos tratamentos, aparecendo em quase todos ou em todos os dias de colonização, exceto as espécies *Anabaena* sp, *Cosmarium* sp, e *Thrachelomonas armata* que foram exclusivas do tratamento SP e a espécie *Chlamydomonas* sp que foi exclusiva do tratamento CP.

#### 4.3.2 Densidade total e por classes

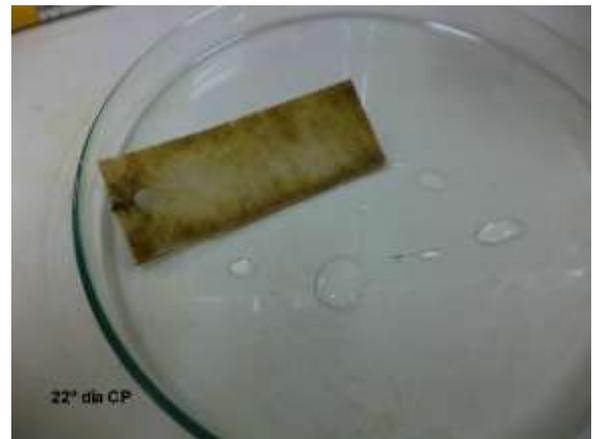
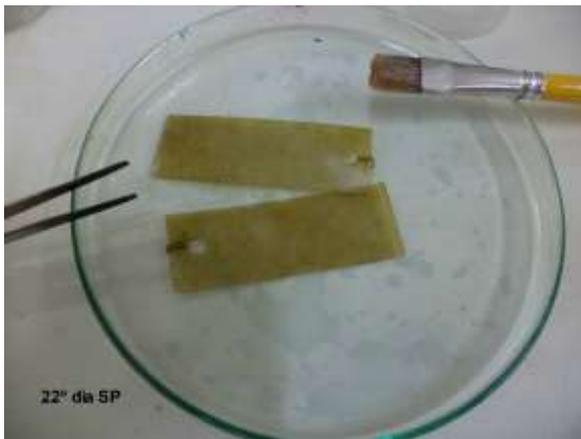
A Figura 22 mostra a variação temporal da densidade total média ( $n=3$ ) da comunidade de algas perifíticas na estação amostral durante todo período estudado. Com 15 dias de colonização da comunidade a algas perifíticas apresentou densidade total média de 124097 ind/cm<sup>2</sup> (Figura 23). No 22º dia de colonização a densidade total média no tratamento CP foi maior que no tratamento SP, sendo 239178 ind/cm<sup>2</sup> e 186369 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente (Figura 24). No 29º dia de colonização a densidade total média no tratamento SP foi sutilmente maior que no tratamento CP, sendo 137539 ind/cm<sup>2</sup> e 102314 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente (Figura 25). A maior diferença de densidade só pode ser observada no 36º dia de colonização quando a densidade total média do tratamento SP chegou a 267765 ind/cm<sup>2</sup> enquanto a densidade total média do tratamento CP foi de 168862 ind/cm<sup>2</sup> (Figura 26).



**Figura 22:** Variação temporal da densidade total média (n=3) da comunidade de algas perifíticas na estação amostral durante o estudo.  
Fonte: Elaboração própria.



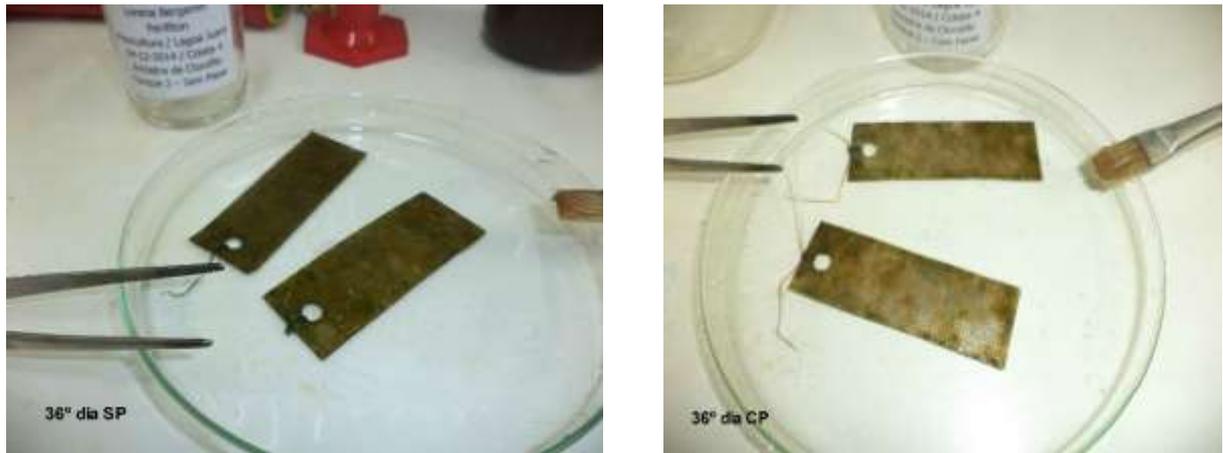
**Figura 23:** Aspecto visual da comunidade perifítica no substrato no 15º dia de colonização.  
Fonte: Arquivo próprio.



**Figura 24:** Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 22º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.  
Fonte: Arquivo próprio.



**Figura 25:** Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 29º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.  
Fonte: Arquivo próprio.



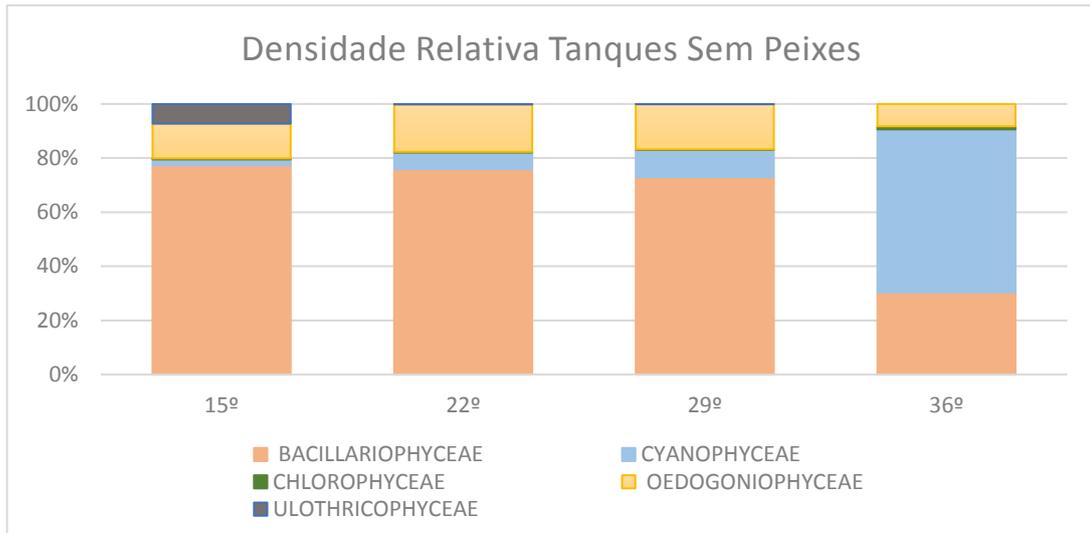
**Figura 26:** Aspecto visual da comunidade perifítica nos substratos no 36º dia de colonização nos tratamentos SP e CP respectivamente.

Fonte: Arquivo próprio.

Quanto à contribuição relativa das Classes na densidade total média ( $n = 3$ ), as Classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae foram as que apresentaram maior representatividade em todos os períodos e tratamentos.

Nos tratamentos SP (Figura 27), a Classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu até o 29º dia de colonização sendo substituída a partir daí por Cyanophyceae, a qual foi predominante no 36º dia de colonização (60,24%).

As maiores contribuições da Classe Oedogoniophyceae foram no 22º (17,52%) e 29º (16,67%) dia de colonização. A Classe Ulothricophyceae teve sua maior contribuição no 15º dia de colonização (7,25%) e foi diminuindo gradativamente (0,16% e 0,08%) até sua ausência no 36º dia. A Classe Chlorophyceae a qual teve a menor contribuição em todos os períodos (0,39%, 0,27% e 0,12%), apresentou se maior apenas no 36º dia de colonização (1,13%) em relação aos outros períodos.

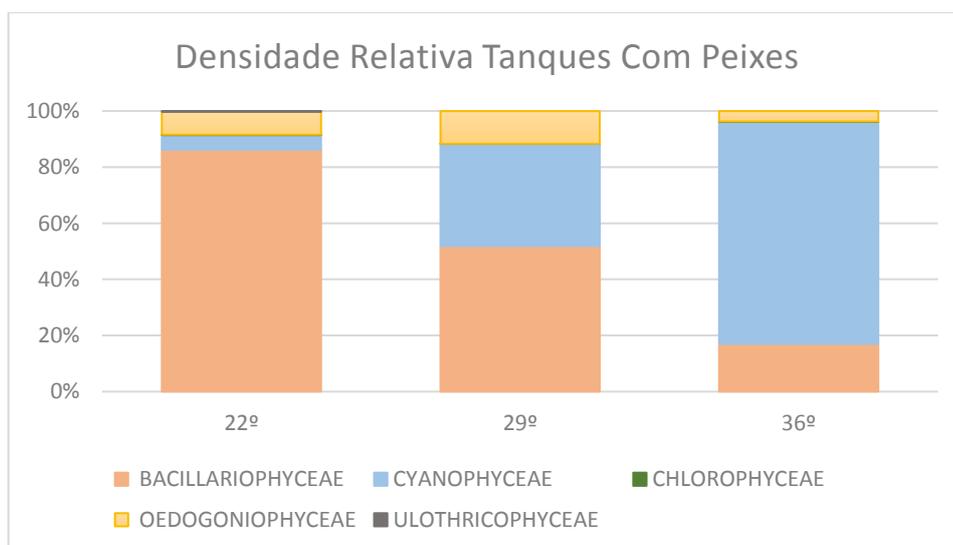


**Figura 27:** Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas perifíticas na densidade total média (n = 3) nos tratamentos sem peixes.

Fonte: Elaboração própria.

Nos tratamentos CP (Figura 28), a Classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu no 22º dia de colonização e foi sendo substituída gradativamente pela Classe Cyanophyceae onde foi maior no 36º dia (79,10%).

A maior contribuição da Classe Oedogoniophyceae foi no 29º dia de colonização (11,64%) e a menor no 36º dia (3,69%). A Classe Ulothricophyceae teve sua única contribuição no 22º dia (0,23%). A Classe Chlorophyceae a qual teve a menor contribuição em todos os períodos, apresentou se maior apenas no 22º dia de colonização (0,16%) em relação aos outros períodos (0,03% e 0,15%).



**Figura 28:** Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas perifíticas na densidade total média (n = 3) nos tratamentos com peixes.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.3 Táxons abundantes e dominantes

Na Tabela 4 é possível observar os táxons abundantes e dominantes nos diferentes dias de colonização e tratamentos durante todo o período de estudo.

A Classe mais representativa dentre os táxons abundantes foi Bacillariophyceae com 4 táxon, as demais Classes Oedogoniophyceae, Ulothricophyceae e Cyanophyceae com 1 representante cada. Os táxons abundantes foram diminuindo de acordo com o aumento dos dias de colonização da comunidade perifítica. No 15º dia de colonização houve a presença de 5 táxons abundantes, no 22º em ambos os tratamentos houve a presença de 4 táxons, no 29º em ambos os tratamentos houve a presença de 3 táxons e no 36º dia houve a presença de apenas 1 táxon em cada tratamento.

Houve a presença de dois táxons dominantes de diferentes Classes. No 29º dia de colonização no tratamento SP houve a presença de 1 táxon da Classe Bacillariophyceae e no 36º dia em ambos os tratamentos houve a presença de 1 táxon da Classe Cyanophyceae.

**Tabela 4-** Variação temporal da contribuição relativa das algas perifíticas abundantes e dominantes na densidade total média (n = 3) no período de estudo.

<b>TÁXON ABUNDANTE</b>	<b>15º SP</b>	<b>22º SP</b>	<b>22º CP</b>	<b>29º SP</b>	<b>29º CP</b>	<b>36º SP</b>	<b>36º CP</b>
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X						
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		X	X				
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X			
<i>Pinnularia</i> sp	X	X	X		X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp 1	X	X	X	X	X		
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kützing	X						
<i>Heteroleibleinia pusilla</i> (Hansgig) Compère				X	X		
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

<b>TÁXON DOMINANTE</b>	<b>15º SP</b>	<b>22º SP</b>	<b>22º CP</b>	<b>29º SP</b>	<b>29ºCP</b>	<b>36º SP</b>	<b>36º CP</b>
<i>Pinnularia</i> sp				X			
<i>Heteroleibleinia pusilla</i> (Hansgig) Compère						X	X
<b>TOTAL</b>				<b>1</b>		<b>1</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.4 Diversidade e equitabilidade

Os valores de diversidade específica e equitabilidade da comunidade de algas perifíticas em todo período estudado podem ser observados na Figura 29.

O maior valor de diversidade pode ser observado 15º dia de colonização (2,97 bits/ind). Com o passar dos dias de colonização a diversidade diminuiu exceto pelo 29º dia no tratamento CP (2,15 bits/ind), onde teve um leve aumento em comparação com o tratamento SP neste mesmo período (2,10 bits/ind). No 22º dia, a diversidade apresentou valores próximos em ambos os tratamentos, sendo SP com valor de 2,45 bits/ind e CP com valor de 2,40 bits/ind. Os menores valores de diversidade foram observados no período do 36º dia de colonização, o tratamento SP apresentou valor de 1,70 bits/ind e o tratamento CP apresentou valor de 1,11 bits/ind.

O maior valor de equitabilidade pode ser observado no 15º dia de colonização (0,85) e o menor do 36º dia no tratamento CP (0,29). No 22º dia a equitabilidade apresentou valor de 0,50 e 0,45 nos tratamentos SP e CP respectivamente. No 29º dia de colonização a equitabilidade apresentou um leve aumento com valor maior no tratamento CP (0,49).



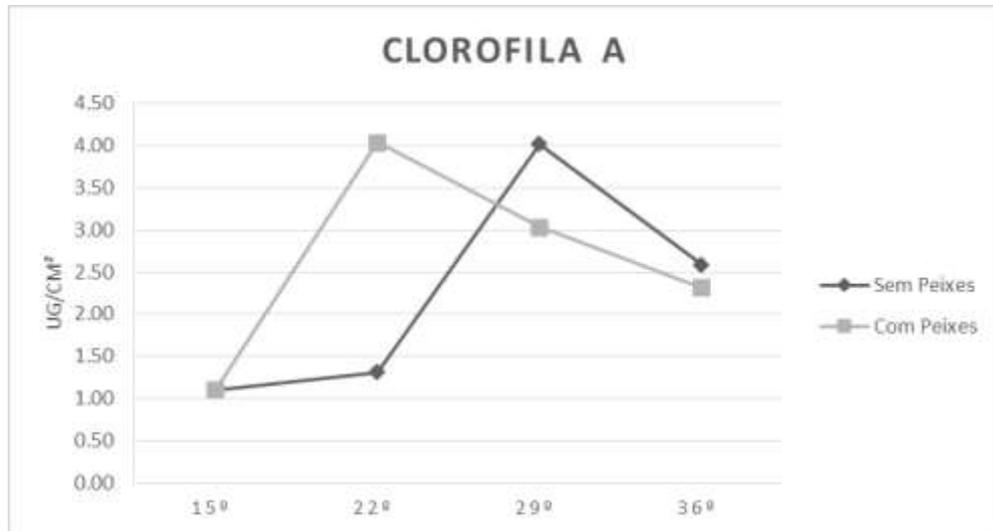
**Figura 29:** Variação temporal da diversidade e equitabilidade na estação amostral durante todo o período de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.5 Clorofila a e feofitina

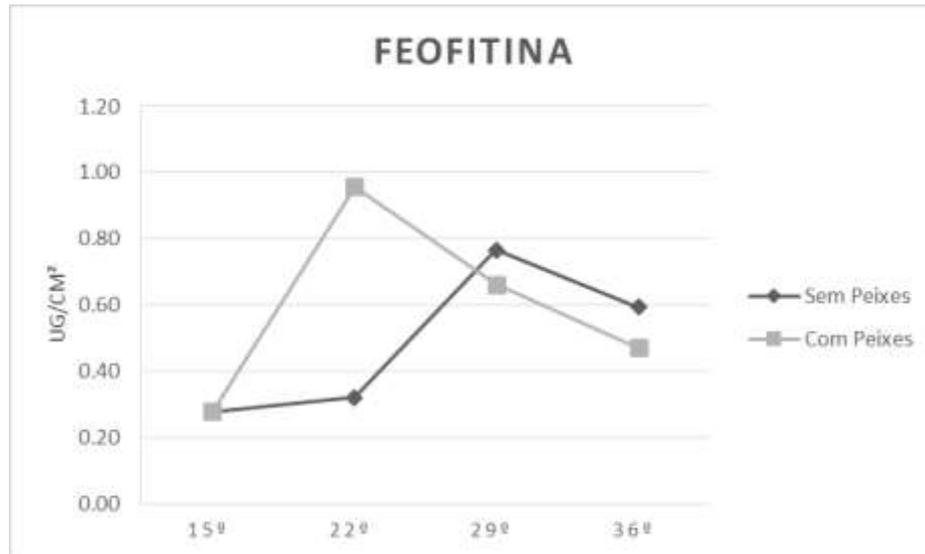
A Figura 30 mostra a variação temporal da clorofila a em todo o período de estudo. No 15º dia de colonização a clorofila a apresentou valor de 1.10  $\mu\text{g cm}^{-2}$ . Os valores de clorofila a foram maiores nos tanques sem peixes, exceto no 22º dia de colonização onde houve um aumento no valor do tratamento CP (4.03  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) em relação ao SP (1.31  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ). No 29º e 36º dia os valores de clorofila a foram maiores no tratamento

SP ( $4.02 \mu\text{g cm}^{-2}$  e  $2.56 \mu\text{g cm}^{-2}$ ) do que no tratamento CP ( $3.03 \mu\text{g cm}^{-2}$  e  $2.32 \mu\text{g cm}^{-2}$ ).



**Figura 30:** Variação temporal da clorofila a durante todo o período de estudo.  
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 31 mostra a variação temporal da feofitina em todo o período de estudo. O padrão de valores da feofitina foi semelhante aos valores de clorofila a. No 15º dia de colonização a feofitina apresentou valor de  $0.28 \mu\text{g cm}^{-2}$ . Os valores de feofitina foram maiores nos tratamentos SP, exceto no 22º dia de colonização onde houve um aumento no valor do tratamento CP ( $0.96 \mu\text{g cm}^{-2}$ ) em relação ao SP ( $0.32 \mu\text{g cm}^{-2}$ ). Assim como nos valores de clorofila a, no 29º e 36º os valores de feofitina foram maiores no tratamento SP ( $0.77 \mu\text{g cm}^{-2}$  e  $0.59 \mu\text{g cm}^{-2}$ ) do que no tratamento CP ( $0.66 \mu\text{g cm}^{-2}$  e  $0.47 \mu\text{g cm}^{-2}$ ).



**Figura 31:** Variação temporal da feofitina durante todo o período de estudo.  
Fonte: Elaboração própria.

#### 4.4 Análise estatística

A tabela 5 apresenta o resultado do teste de significância Tukey aplicado as variáveis bióticas entre os tratamentos CP e SP.

O teste de Tukey mostrou diferença significativa, seja para densidade, clorofila ou feofitina, exceto para clorofila a no 22º dia de colonização onde não houve diferença significativa.

**Tabela 5-** Resultado do teste de Tukey para as variáveis bióticas entre os tratamentos CP e SP (\* P<0,01; NS= não significativo).

VARIÁVEIS	VALORES DE $p$
<b>DENSIDADE</b>	
22º SP-CP	0,0001*
29º SP-CP	0,0003*
36º SP-CP	0,0001*
<b>CLOROFILA <math>\alpha</math></b>	
22º SP-CP	0,13 NS
29º SP-CP	0,0006*
36º SP-CP	0,0070*
<b>FEOFITINA</b>	
22º SP-CP	0,0121*
29º SP-CP	0,0078*
36º SP-CP	0,0019*

Fonte: Arquivo próprio.

## **5 DISCUSSÃO**

### **5.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS**

A lagoa Juara é um típico sistema costeiro continental raso, inserido numa região de clima tropical, submetido a elevadas temperaturas durante todo o ano e altos índices de precipitação nos meses de verão, padrão térmico este ocorrido até 2013 (SILVA, 2013). Deste ano para cá as chuvas tornaram se mais atípicas e o estado tem passado por sério déficit hídrico.

Os dados climatológicos caracterizaram o período de estudo como tendo dias mais chuvosos no mês de outubro, quando começou o experimento, e temperaturas médias mais elevadas e poucos dias de chuva nos meses de novembro e dezembro.

A velocidade do vento no momento das coletas (início da manhã) apresentou pouca variação. Assim como a temperatura do ar e os elevados valores registrados entre as amostragens é uma característica de regiões de clima tropical nesta época.

Mas por se tratar de um ecossistema raso a lagoa Juara sofre uma grande influência dos ventos podendo desestratificar quimicamente ou termicamente sua coluna d'água, como foi observado neste estudo. O escoamento superficial, em decorrência da precipitação, é responsável pelo transporte de matéria alóctone para a lagoa Juara, tais como materiais de sua margem e provenientes da maior vazão do córrego Laranjeiras. A pluviosidade tem influência direta nos ambientes aquáticos, acarretando na elevação nos níveis de água e aumentando a concentração de matéria orgânica dissolvida, conseqüentemente causando o aumento de partículas provenientes da ressuspensão do sedimento, e das águas tributárias e superficiais e ocasionando uma diluição nas concentrações de nutrientes (ESTEVEZ, 2011).

### **5.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS**

As lagoas costeiras são ecossistemas geralmente rasos e têm sua dinâmica intimamente ligada aos fatores climáticos, como temperatura, ventos e precipitação, que são decisivos para o estabelecimento do padrão de funcionamento destes

ecossistemas (KJERVE, 1994). A lagoa Juara apresentou pouca variação da profundidade em decorrência da precipitação pluviométrica, a qual foi maior em outubro.

A coloração escura e a baixa transparência da água observadas na lagoa Juara no período de estudo podem estar associadas a presença de compostos húmicos na água. Grande parte do aporte de compostos orgânicos dissolvidos (COD) a partir dos entornos dos ecossistemas aquáticos é constituído por compostos húmicos. Sua origem está predominantemente associada com a decomposição de determinado tipo de vegetação terrestre e são carreados para o ambiente aquático basicamente por lixiviação através do solo; também podem ser liberadas após a senescência de espécies de macrófitas aquáticas, sendo estes compostos consideravelmente refratários de luz (POMPÊO, 1999).

A porção iluminada da coluna d'água pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática, sendo vital para os organismos planctônicos fotossintetizantes (ESTEVES, 2011). Devido aos baixos valores de transparência, a zona eufótica foi, em geral, muito reduzida no 22º dia, evidenciando que a luz constitui um fator limitante para os produtores primários deste ecossistema. Porém, é importante salientar que a comunidade de algas perifíticas foi amostrada em substratos artificiais na subsuperfície, ou seja, havia luz durante todo o período de estudo para estes organismos.

A desestratificação térmica registrada é comum em ambientes tropicais que apresentam a profundidade reduzida. Em todas as amostragens houve variação de cerca de 1º de temperatura apenas. Esteves (2011) comenta que em lagos rasos tropicais existem estratificações e desestratificações diárias ou também podem apresentar temperaturas uniformes em toda coluna d'água, e a propagação do calor pode acontecer de uma maneira muito eficiente, sendo o vento o agente fornecedor de energia indispensável para mistura das massas d'água. Há constante incidência de ventos em diferentes momentos do dia, favorecendo a mistura da coluna d'água (OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2013; ALVES, 2015; ALMEIDA, 2015).

A saturação de oxigênio é a quantidade máxima que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura, e em lagos tropicais a estratificação química, especialmente de oxigênio é independente da estratificação térmica (ESTEVES, 2011). Os perfis clinogradados observados de oxigênio dissolvido apresentaram os maiores valores até cada primeiro metro de profundidade da coluna d'água e discreta redução nas camadas mais profundas, e não foram constatadas hipoxias ou anoxias, embora no 15º dia houvesse apenas 30% de saturação do oxigênio dissolvido a 2.4 metros de profundidade.

Em seus trabalhos, Silva (2013) e Oliveira (2011), também observaram na lagoa Juara variação do oxigênio com valores maiores nas primeiras camadas da coluna d'água e redução nas camadas mais profundas. De acordo com Fernandes (1997) as influências da concentração de matéria orgânica sobre a variação do oxigênio na coluna d'água são perceptíveis durante os períodos com maiores registros de pluviosidade, ou por consequência de ventos fortes. As pequenas reduções de oxigênio nas camadas mais profundas da lagoa podem estar relacionadas às atividades biológicas, como a redução da atividade fotossintética pelo fitoplâncton, aumento da respiração do zooplâncton e demais seres e dos processos de decomposição de matéria orgânica, os quais são responsáveis por consumir o oxigênio, ocorrendo preferencialmente próximo ao sedimento (COSTA, 2010).

Segundo Esteves (2011), a grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8, e a lagoa Juara apresentou valores com pouca variação entre as amostragens que permitiram caracteriza-la como neutra. Em trabalhos anteriores neste mesmo ecossistema foram observados valores semelhantes de pH (OLIVEIRA, 2011; ALMEIDA, 2011; SILVA, 2013), sendo esses valores encontrados dentro dos parâmetros de qualidade para a sobrevivência da vida aquática, indicando um ambiente favorável para proliferação da vida (BRANCO, 1991).

A condutividade é uma expressão numérica da habilidade da água em conduzir corrente elétrica, fornecendo importantes informações sobre o metabolismo do ecossistema ajudando a detectar eventuais fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (TAVARES, 2013). Silva (2013) e Almeida (2015) também obtiveram valores próximos em seus estudos neste mesmo ecossistema, de 101.0 a 198.4 e

135.5 a 194.2 respectivamente. Os valores de condutividade apresentaram homogeneidade entre os dias de coletas, sendo estes valores medianos comumente registrados em ecossistemas continentais de água doce e podem ser explicados pelo excesso de matéria orgânica em decomposição proveniente de materiais alóctones (matéria orgânica das margens) e autóctones (rações e excretas nitrogenadas provenientes dos cultivos em tanques redes).

Os valores de turbidez registrados para a estação amostral na lagoa Juara foram pouco variáveis entre os dias de coletas. Sendo próximos aos valores encontrados por Silva (2013) (6.7 a 37.0 NTU) e Almeida (2015) (6.7 a 11.6 NTU) neste mesmo ecossistema.

A turbidez é a medida da capacidade que a água tem de dispersar a radiação e conseqüentemente está ligada à presença de partículas sólidas suspensas, que por sua vez, possuem tamanho reduzido e não são capazes de sedimentar, atenuando a transmissão da luz (ESTEVEZ, 2011). A turbidez e transparência registradas neste estudo podem ser explicadas pelo manejo da própria piscicultura intensiva (adição de ração e excretas) e pela comunidade fitoplanctônica presente na coluna d'água, além da possibilidade da ressuspensão de material orgânico e inorgânico do sedimento.

Durante todo o período estudado a estação amostral na lagoa Juara foi caracterizada como dulcícola, com baixos valores de salinidade (0.1  $\mu$ s.), corroborando os dados de Oliveira (2011), Silva (2013) e Almeida (2015).

Os organismos, para sua sobrevivência, requerem grande quantidade de nutrientes em concentrações específicas, e dentre esses nutrientes, destacam-se o nitrogênio, fósforo e a sílica. Estes nutrientes são importantes na regulação do crescimento dos organismos fotossintetizantes, entretanto, em altas concentrações podem gerar a eutrofização desses ecossistemas.

Uma das principais conseqüências do cultivo intensivo em tanques-rede é que os resíduos provenientes das rações utilizadas na alimentação, somados aos excretas dos peixes, tornam-se matéria orgânica que se transformará em nitrogênio e fósforo

na coluna d'água, resultando assim, no aumento de nutrientes do ambiente, acarretando a eutrofização artificial (OLIVEIRA, 2011).

Em ecossistemas aquáticos, o nitrogênio pode ser observado sob a forma oxidada, como o nitrato, ou reduzida, como o nitrito e nitrogênio amoniacal. Dentre as principais formas inorgânicas do nitrogênio presentes nos ambientes aquáticos, a mais importante é o nitrogênio amoniacal, pois sua absorção é energeticamente mais viável para os organismos fotossintetizantes (ESTEVES, 2011). Os valores de nitrogênio amoniacal apresentaram valores mais elevados nas últimas duas coletas, mais que o dobro do que foi registrado no início do estudo. Tais valores na água durante este estudo podem ser atribuídos a oferta de ração e alta liberação de excretas ricas em compostos nitrogenados pelos próprios peixes.

Assim como o nitrogênio, os compostos fosfatados são extremamente importantes para as funções vitais dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia na forma de ATP (trifosfato de adenosina), metabolismo celular e também na estrutura da membrana celular (fosfolipídios), atuando como um regulador na produtividade primária aquática em ambientes continentais. Todas as formas de fósforo são importantes, entretanto, os ortofosfatos assumem a maior relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos organismos fotossintetizantes aquáticos (CHESTER, 1990).

Em lagos tropicais, devido à alta temperatura, o metabolismo dos organismos aumenta consideravelmente, fazendo com que o ortofosfato seja rapidamente assimilado, sendo um dos principais motivos pelo qual nestes lagos, a concentração de ortofosfato seja muito baixa (ESTEVES, 2011). Sendo esta uma possível explicação para os baixos valores de ortofosfato encontrados neste estudo, explicando por que em muitos ecossistemas de águas continentais o fósforo é o principal fator limitante da produtividade (WETZEL, 2001).

O silicato é elevado em lagoas costeiras devido à geologia do ambiente, que geralmente é composta por rochas sedimentares (FERREIRA & PINTO, 2014). Sob a forma solúvel, o silicato é um composto importante, utilizado por diatomáceas na elaboração de carapaças (ESTEVES, 2011), tal fato pode ser explicado pela

densidade registrada de indivíduos de Classe Bacillariophyceae, justificando as concentrações registradas no presente estudo.

### 5.3 ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA

A comunidade de algas perifíticas nos tratamentos realizados na lagoa Juara, considerando todo período sucessional, esteve composta por 28 táxons, com predomínio das Classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae. Almeida (2011), estudando a comunidade em substrato artificial nessa mesma lagoa, também encontrou aproximadamente a mesma quantidade de táxons durante o período sucessional (20 táxons), com predomínio qualitativo de diatomáceas e cianobactérias.

Em relação a riqueza, a Classe Bacillariophyceae foi a que apresentou maior biodiversidade em todos os estágios de colonização, assim como os valores encontrados por Fernandes (1993) em lagoa costeira, Rodrigues (1998) em rio e Cavati (2006) em lagoa costeira. As espécies abundantes dessa classe foram *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema gracile*, *Navicula cryptotenella* e *Pinnularia* sp, sendo essa última dominante no tratamento SP do 29º dia de colonização.

As algas dessa classe apresentam estruturas que servem para sua fixação ao substrato, como os pedúnculos mucilaginosos e produção de matrizes mucilaginosas, possibilitando aos organismos dessa classe sobreviver em ambientes com amplas variações ambientais. A ocorrência das Bacillariophyceae também está associada à disponibilidade de compostos a base de sílica na coluna d'água, uma vez que é esse o principal constituinte de suas frústulas (ESTEVES, 2011).

A segunda Classe que apresentou maior biodiversidade, estando presente em todos os estágios de colonização foi a Cyanophyceae, assim como registrado por Ribeiro (2012). A espécie mais abundante dessa classe no presente estudo foi *Heteroleibleinia pusilla*, sendo esta dominante nas últimas coletas. Trata-se de uma alga filamentosa fixa ao substrato por uma das extremidades por meio da mucilagem que chega a formar um pequeno pedúnculo, tornando se boa competidora por espaço e confere elevada resistência a distúrbios (KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 2005). A maioria das cianobactérias são cosmopolitas e se desenvolvem muito bem em

sistemas com elevada concentração de nutrientes, pH de neutro a alcalino, pouca turbulência e elevadas temperaturas (TAVARES, 2013), podendo se proliferar, ocorrendo a formação de *bloom* (ROUND, 1983).

O decréscimo do número de táxons com o decorrer do tempo de experimento, pode estar relacionado ao aumento da competição por recursos (luz e nutrientes) e espaço na matriz perifítica devido ao aumento da densidade de organismos, além das inúmeras alterações ecológicas, podendo variar de acordo com as taxas de imigração, emigração, reprodução, mortalidade e herbivoria (SCHWARZBOLD, BURLIGA & TORGAN, 2013).

A sucessão da comunidade perifítica pode ser descrita como um processo cíclico, com uma fase inicial, na qual a densidade aumenta rapidamente, uma fase intermediária, com pico de densidade, na qual a comunidade atinge seu clímax, e uma última fase, com diminuição da densidade ou retrocesso sucessional (ÁCS & KISS, 1993). De acordo com as características anteriores, houve um processo cíclico e significativo expresso pelo teste de Tukey, diferindo a sucessão da comunidade nos tratamentos sem peixes e com peixes, e o padrão da flutuação da densidade total pode ser determinado pela tendência da variação da densidade de diatomáceas, devido a sua rápida adaptação às condições locais e amplo espectro de tolerância ecológica (LOBO & BUSELATO-TONIOLLI, 1985 *apud* SIQUEIRA, 2008)

Chuvas, ventos, mudança de local do experimento, no 15º dia de colonização, dos tanques SP para os CP, e até mesmo a interação das tilápias com a comunidade de algas perifíticas pode ter influenciado na dinâmica da comunidade perifítica, atuando como um efeito estimulador de crescimento da comunidade com o avanço da sua organização estrutural. Podendo explicar o aumento inicial da biomassa perifítica nos tanques com peixes. Os fatores autogênicos associados às mudanças sucessionais da comunidade, bem como os fatores alogênicos, representados pelas perturbações físicas ambientais, pode ser os principais fatores controladores do processo sucessional (RODRIGUES, 1998). Segundo Peterson (1996), as perturbações de baixa a moderada intensidade podem retardar a senescência do perifíton, promovendo um estado de rejuvenescimento fisiológico, através do aumento do suprimento de nutrientes e melhoria do regime de luz dentro do biofilme.

Asaduzzaman *et. al.* (2008) observaram que a predação das tilápias foi menor nos primeiros estágios de desenvolvimento do perifíton mas depois houve a redução de cerca de 50% da biomassa de algas perifíticas quando comparadas aos tratamentos sem tilápias. Fato que também foi observado por Almeida (2010) em seu estudo, onde houve aumento da comunidade nos estágios iniciais para ambos os tratamentos (SP e CP) mas os efeitos da predação foram mais evidentes nos mais estágios tardios da colonização.

Nesta pesquisa, após o 29º dia de colonização foi possível observar diminuição da densidade perifítica nos taques com peixes, fato que corrobora a predação dos peixes sobre a comunidade de algas perifíticas.

De acordo com a densidade relativa, a substituição da Classe de diatomáceas pela Classe de cianobactérias ao decorrer do processo sucessional pode ser influenciada por fatores presentes no meio como maior disponibilidade de nutrientes nos tanques com peixes, nutrientes estes provenientes da utilização de ração para a alimentação dos peixes e de suas excretas nitrogenadas, favorecendo o desenvolvimento destas algas. Siqueira (2008) observou o aumento de diatomáceas e cianobactérias nos tanques redes, e a presença dessa última Classe contribui com a aceleração da eutrofização artificial. Yang & Dudgeon (2010) também observaram o predomínio da Classe Cyanophyceae nos tratamentos com a presença de peixes, enquanto que na ausência destes predadores a Classe mais representativa foi a Bacillariophyceae.

A biomassa de algas perifíticas baseada na clorofila *a* e a feofitina apresentou valores significativos de acordo com o teste de Tukey (exceto os valores de clorofila no 22º dia que será explicado futuramente), ocorreu aumento ao decorrer da sucessão, apresentando maiores valores nos tratamentos sem peixes, sendo um padrão similar ao da densidade, porém no 36º dia apresentaram uma diminuição. Almeida (2010) observou o mesmo padrão de diminuição da clorofila *a* no último dia de colonização. Essa diminuição pode ter ocorrido devido ao aumento da competição, principalmente por luz e o número de algas senescentes presentes na biomassa perifítica, por se tratar de um período avançado de colonização, podendo explicar a não correspondência do aumento da densidade e a diminuição da clorofila *a* e feofitina

nesta fase. De acordo com Schwarzbald, Burliga & Torgan (2013), quando ocorrem maiores taxas de emigração, mortalidade e pastejo por predadores, diminuirá conseqüentemente a biomassa. Asaduzzaman *et. al.* (2008) e Yang & Dungeon (2010) também observaram valores maiores de clorofila *a* nos tanques sem peixes.

A razão entre a concentração de feofitina (clorofila degradada) e a concentração de clorofila *a* é um indicativo do estado fisiológico da comunidade (ALMEIDA, 2010). Quanto mais próximo de 1 é esse valor, mais senescente a comunidade pode estar (PETERSON & STEVENSON, 1992), de acordo com isso podemos explicar a não significância dos dados de clorofila entre os tratamentos com peixes e sem peixes no 22º dia de colonização e a significância dos dados de feofitina para este mesmo e período e tratamentos, ambos obtidos através do teste de Tukey.

Segundo Margalef (*apud* SILVA, 2013), a diversidade específica é uma função do número e abundância de espécies presentes e a equitabilidade, que diz como os indivíduos estão distribuídos entre as espécies (uniformidade).

Felisberto & Rodrigues (2012) avaliando a dinâmica sucessional de algas perifíticas observaram maior diversidade nos 15º e 18º dias de sucessão, assim como foi registrado neste estudo, com as maiores taxas de diversidade foram no estágio intermediário da sucessão.

Através do teste estatístico de Tukey foram evidenciadas diferenças significativas na densidade total, biomassa (clorofila *a*) e do estado fisiológico da comunidade (através da feofitina), entre os tratamentos com peixes e sem peixes. Estes dados são úteis para corroborar a predação de peixes do tipo tilápia sobre a comunidade de algas perifíticas e sua utilização pelos peixes como fonte alimentar, apresentados em diversos trabalhos (ASADUZZAMAN *et. al.*, 2008; EL-SAYED, 2006; AZIM *et al.*, 2004; AZIM *et al.*, 2005, entre outros).

Substratos artificiais como este que foi utilizado neste estudo são de baixo custo, fácil aquisição e são inertes do ponto de vista químico, sendo excelentes para o crescimento e desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas. Os próprios materiais componentes dos tanques-rede, como boias e telas, servem como

substratos para o desenvolvimento da comunidade, fato este observado em campo e relatado pelos pescadores da associação.

Através deste estudo podemos concluir que a aquicultura baseada na comunidade periférica é uma abordagem que possibilita a prática da criação de forma ecológica, e pode colaborar com o desenvolvimento de estratégias para o manejo sustentável dos sistemas como a lagoa Juara, através da diminuição de custos para os produtores, redução de ração comercial, e para o ambiente, pela menor adição de nutrientes ao meio, evitando o aumento do processo de eutrofização artificial que a lagoa vem sofrendo ao decorrer dos anos.

## 5 CONCLUSÕES

- A comunidade perifítica diferiu significativamente entre os tratamentos com peixes e sem peixes, através dos principais atributos biológicos durante os 36 dias de estudo;
- A riqueza de táxons foi semelhante ao decorrer dos dois tratamentos, com predomínio das Classes Bacillariophyceae seguida da Classe Cyanophyceae;
- Faz se necessário o monitoramento deste ambiente estudado pois este vem sofrendo eutrofização artificial e existe a presença de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas;
- A estação amostral foi caracterizada como sendo rasa, com baixa transparência, zona eufótica reduzida, desestratificação térmica, mas com estratificação química de oxigênio, sendo neutra, com médios valores de condutividade, baixos valores de turbidez, dulcícola, médios valores de nitrogênio amoniacal, silicato e baixos valores de ortofosfato;
- Através deste estudo pode se comprovar que existe herbivoria dos peixes do tipo tilápia sobre a comunidade de algas perifíticas, sendo a fase final da colonização (a partir de 30 dias) preferível a estes peixes;
- Este estudo contribuiu com dados que aumentam o conhecimento da comunidade de algas perifítica em substratos artificiais e sua interação através da herbivoria por peixes do tipo tilápia auxiliando no manejo sustentável neste ecossistema com sinais de eutrofização localizado no município da Serra, no estado do Espírito Santo.

## REFERÊNCIAS

- ÁCS, E. & KISS, K. T. 1993. **Colonization process of diatoms on artificial substrats in the river Danube near Budapest (Hungary)**. *Hydrobiologia* 269:307-315.
- ALMEIDA, L. B. **Variação espacial longitudinal da comunidade fitoplanctônica, estado trófico e variáveis ambientais de duas lagoas costeiras do município da Serra/ES: lagoa Juara e lagoa Jacuném**. 2015. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- ALMEIDA, S. Z. **Estrutura e dinâmica da comunidade ficoperifítica: influência da herbivoria em tanque de piscicultura em curto intervalo de tempo**. 2010. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2010.
- \_\_\_\_\_. **Ecologia de algas perifíticas em uma lagoa costeira com múltiplos usos (lagoa Juara, Serra, ES)**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2011.
- ALVES, F. B. **Aspectos ecofisiológicos das cianobactérias em uma lagoa costeira urbana (lagoa Juara, Serra, ES)**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- ASADUZZAMAN, M. et al. **Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems**. *Aquaculture*. Bangladesh, p. 371-380. set. 2008.
- APHA - **American Publication Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 18º Ed. U.S.A: Washington D. C., 1992.
- \_\_\_\_\_. **American Publication Health Association, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater**. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 21º Ed. USA: Washington D. C., 2005.
- AZIM, M.E. *et al.* 2004 **Periphyton based pond polyculture system: a bioeconomic comparison of on-farm and on-station trials**. *Aquaculture*, 242 p.
- AZIM, M.E. *et al.* **The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds**. *Aquaculture*, [s.l.], v. 232, n. 1-4, p.441-453, abr. 2005.

BASTOS, K. V. **Comunidade ficoperifítica como bioindicadora da qualidade ambiental da lagoa Jacuném (Serra, ES)**. 2014. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, Vitória, ES, 2014.

BRANCO, C. W. C. **A comunidade planctônica e a qualidade da água no lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil**. 1991. 341f. Dissertação- Universidade Federal de Brasília, Brasília, 1991.

CAVATI, B.; FERNANDES, V.O. **Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno – Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal**. Acta Sci. Bio. Sci., 2008, v.30, n.4, p. 439-448.

CAVATI, B. **Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno, Linhares-ES): variação espacial e temporal da comunidade**. 2006. 96p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

\_\_\_\_\_. **Algas epilíticas em um reservatório tropical raso (Vitória, ES): Estrutura e dinâmica em diferentes escalas temporais**. 2008. 170p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

CETRANGOLO, C. **Variação temporal e espacial da comunidade ficoperifítica em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas – Cariacica)**. 2004. 77p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

CHESTER, R. **Marine Geochemistry**. Unwin Hyman, London, p. 346 – 421, 1990.

COLE, G. A. **Textbook of Limnology**. Saint-Louis: C. V. Mosby, 1975. 283p.

COSTA, A. G. **Estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas em substrato artificial e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Guarapari-ES**. 2010. 132f. TCC (graduação) Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

\_\_\_\_\_. **Respostas da comunidade de algas perifíticas sob diferentes intensidades de luz na lagoa da UFES (Vitória, ES)**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2011.

CROSSETTI, L.O.; BICUDO, C.E.M. **Phytoplankton as a monitoring to in a tropical urban shallow reservoir (Garças pond): the assemblage index application**. Hydrobiologia, The Hague, v. 610, p. 161-173, 2008.

EL-SAYED, A. M. **Tilapia Culture**. Cambridge, Usa: CABI Publishing, 2006. 277 p.

ESTEVEES, F. A. **Fundamento de limnologia**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

ESTEVEES, F. A. *et al.* **Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management.** *Braz. J. Biol.*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, v. 68, n. 4, p.967-981, nov. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-69842008000500006>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842008000500006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842008000500006)>. Acesso em: 06 jun. 2016.

FARIA, B. M.; ESTEVES, F.A. **Carbono orgânico nas lagoas costeiras do norte fluminense: origem, degradação e transferência para a cadeia trófica.** In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (Eds.) **Ecologia de restinga e lagoas costeiras.** NUPEM/UFRJ: Macaé, p.261-275, 2000.

FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. **Dinâmica sucessional da comunidade de algas perifíticas em um ecossistema lótico subtropical.** *Rodriguédia*, v. 63, n.2, p.46-473, 2012.

FERNANDES, V. O. **Estudos limnológicos na lagoa de Jacarepaguá (RJ): variáveis abióticas e mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em *Typha dominguensis* pers.** 1993. 131f. Dissertação - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1993.

\_\_\_\_\_. **Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substratos na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ).** 1997. 198f. Tese- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

FERREIRA D. E.; PINTO, L. A. **Classificação e limitações de uso preliminar por enquadramento da qualidade das águas superficiais em julho de 2013 da lagoa maior urbana, Três Lagoas/MS.** *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 2, 2014.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for chemical analysis of freshwater.** (IBP Handbook, n. 8 2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. 213 p.

GOMES, Y. M. **Avaliação da presença de cianobactérias potencialmente tóxicas e microcistinas nas lagoas hipereutróficas da região da grande Vitória, ES.** 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2014.

GONÇALVES, J. S. **Avaliação da seletividade das algas perifíticas em diferentes substratos artificiais em escalas temporais em reservatório artificial eutrófico (Vitória-ES).** 2010. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2012.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. Gráficos meteorológicos.** 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

KJERFVE, B. **Coastal lagoons**. In: KJERFVE, B. (Ed.) Coastal lagoons Processes. P. 1-8. Elsevier Science, Amsterdam. 1994.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. **Chroococcales**. In: ETTL, A. et al. (Orgs.). **SüBwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. v. 19, 1999. 548p.

\_\_\_\_\_. **Oscillatoriales**. In: BÜDEL, B. et al (Orgs.). **SüBwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota**. Stuttgart: Spektrum Akademischer Verlag. v. 19, n. 2, 2005. 759p.

KOROLEFF, F. 1976. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of sea water analysis**. Verlag. Chemie Weinheim., p. 117 181.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. Elsevier Sci. Publ, 1983. 419p.

LOBO, E.A., BUSELATO-TONIOLLI, T.C., 1985. **Tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento da comunidade do perifíton no curso inferior do rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Rickia 12: 35-51.

LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. **Estruturas comunitárias de las fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile**. Rev. Biol. Mar., v. 22, n. 1, p. 1-29. 1986.

LORENZEN, C. J. **Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations**. Limnology and Oceanography, v. 12, p. 343-346, 1967.

LOWE, R. L.; PAN, Y. **Benthic alga lcomunities as biological monitors**. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. New York: Academic Press. p. 705-739. 1996.

LUND, J. W.; KIPLIND, C.; LECREN, E. D. **The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting**. Hydrobiologia, v. 11, p. 143 – 170, 1958.

MARTINS, F. C. O. **Estrutura das comunidades perifíticas (em substrato natural) e fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES) e utilização destas comunidades como bioindicadoras da qualidade da água**. 2002. 65p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

\_\_\_\_\_. **Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES**. 2006. 133p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

- MENDES, N. G. S. **Levantamento de microalgas no rio Santa Maria do Doce (Santa Teresa-ES) como base para estruturação de uma coleção ficológica para o ensino de biologia.** 2013. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, ES, 2013.
- MOSCHINI-CARLOS, V., 1999. **Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais.** In: Pompêo, M. L. M. (Org.). **Perspectivas da limnologia no Brasil.** São Luís: Ed. União: 91-103.
- OLIVEIRA, L. B. **Variação espaço-temporal das respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira tropical com múltiplos usos: lagoa Juara (Serra, ES).** 2011. 145 f. Dissertação - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
- PARSONS, T. R.; TAKAHASHI, M.; HARGRAVE, B. **Biological Oceanographic Process.** 3. Ed. Oxford: Pergamon Press Ltd, 1984. 330p.
- PEREIRA, T. A. **Distribuição espacial da comunidade perifítica no rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil.** 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2012.
- PETERSON, C. G.; STEVENSON, R. J. **Resistance and recovery of lotic algal communities: Importance of disturbance timing, disturbance history, and current.** *Ecology*, v. 73, p. 1445-1461, 1992.
- PETERSON, C.G. 1996. **Response of benthic algal communities to natural physical disturbance.** p. 375-402. *IN* R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe [eds.], *Algal ecology; freshwater benthic ecosystems.* Academic Press.
- POMPÊO, M.L.M. (ed.) **Perspectivas da Limnologia no Brasil.** São Luís: Gráfica e Editora União, 198 pg., 1999.
- PROJETO REDE. **Diagnostico da Associação de Pescadores da Lagoa Juara - APLJ.** Vitória, ES: Andesa, 2013. 31 p.
- REIS, L. A. C. **Diatomáceas perifíticas como bioindicadoras da qualidade da água no rio São Mateus, ES.** 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2014.
- RIBEIRO, P. V. L. **Variabilidade temporal em curto prazo da comunidade de algas perifíticas em tanques de piscicultura com fluxo contínuo (Viana, ES).** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo.
- RODRIGUES, L. **Sucessão do perifíton na planície de inundação do alto rioParaná: interação entre nível hidrológico e regime hidrodinâmico.** 1998. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.

ROUND, F. E. **The biology of the algae**. London: Edward Arnold Ltd, 1965. 269 p.

\_\_\_\_\_. **The taxonomy of the Chlorophyta**, 2. **Brit. Phycology Journal**, v. 6, n. 2, p. 235-264, 1971.

\_\_\_\_\_. **Biologia das algas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms. Biology and orphology of the genera**. New York: Cambridge University Press, 1990. 129p.

SAND-JENSEN, K. **Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities**. In: Wetzel, R. G. (Ed.). **Periphyton of freshwater ecosystems**. The Hague Dr. W. Junk, 1983. p. 63-71.

SANTOS, R. C. **Variação temporal, em curto prazo, da comunidade de algas perifíticas em *Typha angustifolia* Linnaeus na lagoa da UFES (Vitória-ES)**. 2011. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Es, 2011.

SARTORI, G. **Variação temporal da comunidade perifítica em substrato artificial no ponto de captação do reservatório Duas Bocas (Cariacica, ES)**. 2005. 56p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SCHWARZBOLD, A., 1990. **Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton**. Acta Limnol. Brasil. 3, 545-592.

SCHWARZBOLD, A.; BURLIGA, A. L.; TORGAN, L. C. (Org.). **Ecologia do Perifíton**. São Carlos, SP: Rima, 2013. 397 p.

SEMIONATO, S. **Variação temporal da comunidade perifítica (em substrato artificial) e sua utilização como bioindicador da qualidade da água na lagoa da UFES (Vitória, ES)**. 2002. 60p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press, 1963, 173p.

SIAG - SERVIÇO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Incaper (Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural)**. Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em: 01 de maio de 2016.

SILVA, N. H. V. F. **Comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira: lagoa Juara/Serra**. 2013. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SIQUEIRA, N. S. **Perifíton em tanques de cultivo de peixes em reservatório: O processo de colonização e sucessão utilizando substrato artificial**. 2008. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ecologia de

Ambientes Aquáticos Continentais, Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

SIQUEIRA, N. S.; RODRIGUES, L. **Biomassa perifítica em tanques-rede de criação de tilápia do nilo - *Oreochromis niloticus* (Linneau, 1758)**. Boletim do Instituto de Pesca (Online), v. 35, p. 181/3-190, 2009.

TAVARES, L. H. S. **Uso Racional da água em Aquicultura**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, 2013. 190 p.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no século XXI**. 1ª ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2011.

UEHLINGER, V. **Étude statistique dès méthodes de dénombrement planctonique**. *Arch. Sci.*, v. 17, n. 2, p. 121-123. 1964.

UTERMÖHL, H. Zur **vervollkommung der quantitativen phytoplankton: methodik**. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.* v. 9, p. 1-38. 1958.

VAN DEN HOECK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H. M. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 623p.

YANG, G. Y. & DUDGEON, D. > **Response of grazing impacts of an algivorous fish (*Pseudogastromyzon myersi*: Baliitoridae) to seasonal disturbance in Hong Kong streams**. *Freshwater Biology*, v. 55, p. 411-423, 2010.

WETZEL, R.G. Opening remarks. In:Wetzel, R.G. **Periphyton of freshwater ecosystems: Proceedings of the First International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystems**. 1ed. Boston:The Hague Dr. W. Junk. 1983. p.3-4

WETZEL, R. G. **Limnology**, 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2001.