

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE LITORAL NORTE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS- ÊNFASE EM GESTÃO AMBIENTAL MARINHA E
COSTEIRA

INGRID TEIXEIRA DOS SANTOS

ANÁLISE DE VINTE ANOS DE DADOS LIMNOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS
NAS LAGOAS COSTEIRAS EUTROFIZADAS DO LITORAL NORTE DO RIO
GRANDE DO SUL- MARCELINO RAMOS, PEIXOTO E PINGUELA (OSÓRIO/RS)

OSÓRIO

2017

INGRID TEIXEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VINTE ANOS DE DADOS LIMNOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS
NAS LAGOAS COSTEIRAS EUTROFIZADAS DO LITORAL NORTE DO RIO
GRANDE DO SUL- MARCELINO RAMOS, PEIXOTO E PINGUELA (OSÓRIO/RS)**

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de graduação em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Schumacher Fermino

Osório

2017

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo as normas do Manual de trabalhos acadêmicos e científicos da UERGS: orientações práticas à comunidade universitária da UERGS / Universidade Estadual do Rio Grande do Sul; Laís Nunes da Silva *et al.*, Porto Alegre: UERGS, 2013. 150 p. ISBN 978-85-60231-16-4

CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Ingrid Teixeira dos

Análise de vinte anos de dados limnológicos e bacteriológicos nas lagoas costeiras eutrofizadas do Litoral Norte do Rio Grande do Sul- Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela (Osório/RS) / Ingrid Teixeira dos Santos. -- 2017.

35 f.

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Schumacher Fermino.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Lagoas Costeiras. 2. Variáveis limnológicas. 3. Qualidade das águas . I. Fermino, Prof^a Dr^a Fabiana Schumacher, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

INGRID TEIXEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VINTE ANOS DE DADOS LIMNOLÓGICOS E BACTERIOLÓGICOS
NAS LAGOAS COSTEIRAS EUTROFIZADAS DO LITORAL NORTE DO RIO
GRANDE DO SUL- MARCELINO RAMOS, PEIXOTO E PINGUELA (OSÓRIO/RS)**

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de graduação em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Schumacher Fermino

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Schumacher Fermino
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Prof^a Dr^a Luciane Oliveira Crossetti
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a Ms Daiana Maffessoni
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

**OSÓRIO
2017**

*Dedico aos meus pais,
José dos Santos e Suelma Teixeira.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus onde busco forças.

Aos meus pais, a possibilidade desta conquista, e pelas palavras de incentivo.

À minha professora orientadora do meu trabalho de conclusão, Fabiana Schumacher Fermio pela dedicação, incentivo e por sempre estar presente perante minhas dúvidas.

Aos meus colegas de curso que me ajudaram ao longo do percurso, em especial ao meu colega e amigo Marcon.

Aos meus professores pelo conhecimento e experiências transmitidas ao longo do curso com dedicação e entusiasmo que me fizeram despertar a vontade de seguir a carreira de bióloga.

À Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, Rio Grande do Sul - pela cedência dos dados limnológicos e bacteriológicos utilizados neste trabalho.

Gostaria de deixar meu sincero agradecimento a todas as pessoas que de uma forma ou de outra me auxiliaram e compreenderam minha ansiedade durante este período da graduação.

*"A menos que modifiquem a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo."*

Albert Einstein

RESUMO

As lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela fazem parte do complexo de lagoas costeiras do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, estão situadas no município de Osório/RS e pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. São classificadas de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005 como sendo Classe 4, Classe 1 e Classe 1, respectivamente. A lagoa Marcelino Ramos, com ligação direta com as demais lagoas deste estudo através de um canal - recebe uma considerável carga de esgoto proveniente do município de Osório. Neste sentido o presente trabalho traz uma análise dos dados limnológicos e bacteriológicos das três lagoas costeiras avaliando oito variáveis limnológicas que são: temperatura da água, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal, potencial hidrogeniônico e condutividade, e coliformes fecais. O objetivo geral foi registrar a possível atenuação de carga poluidora que ocorreu ao longo das três lagoas costeiras, e ao longo de todo período estudado – 1993 até 2013, assim como comparar os dados das estações inverno e verão. Como principal resultado observou-se que, ao longo dos vinte anos de estudo e independentemente da estação inverno ou verão, a variável coliformes fecais foi a mais determinante separando a lagoa Marcelino Ramos das demais.

Palavras-chave: lagoas costeiras; variáveis limnológicas; qualidade das águas.

ABSTRACT

The Marcelino Ramos, Peixoto and Pinguela lagoons are part of the coastal lagoons complex of the Northern Coast of Rio Grande do Sul, they are located in the municipality of Osório / RS and belong to the Tramandaí River Basin. They are classified according to CONAMA Resolution No. 357/2005 as Class 4, Class 1 and Class 1, respectively. The Marcelino Ramos lagoon, with direct connection with the other lagoons of this study through a canal - receives a considerable load of sewage from the municipality of Osório. In this sense, this work presents an analysis of the limnological and bacteriological data of the three coastal lagoons, evaluating eight limnological variables: water temperature, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total phosphorus, ammoniacal nitrogen, hydrogenation potential and conductivity, and fecal coliforms. The general goal was to record the possible mitigation of the pollutant load that occurred over the three coastal lagoons, and throughout the studied period - 1993 to 2013, also to compare the data of the winter and summer seasons. As the main outcome, during the twenty years of study and independently of the winter or summer season, it was observed that the variable fecal coliforms was the most determinant separating the Marcelino Ramos lagoon from the others.

Keywords: coastal lagoons; limnological variables; quality of water.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....	13
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	13
2.2 HISTÓRICO DA ÁREA.....	14
3 OBJETIVOS.....	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5 RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	16
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Essencial à vida e à sobrevivência de todos os organismos vivos incluindo o homem, a água é conhecida como solvente universal e transporta compostos orgânicos, gases, elementos e substâncias dissolvidas (TUNDISI, 2005; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

No Brasil existe grande disponibilidade de água doce, sendo 53% do total de água existente na América do Sul e 12% do total mundial, porém é falsa a concepção de que a água doce disponível no planeta seja abundante. Apenas 3% de toda água da Terra é doce, sendo que 75% estão concentradas nas geleiras e 10% confinadas em aquíferos subterrâneos, portanto somente 15% de água doce está disponível (TUNDISI, 2011). Em virtude do avanço das pressões antrópicas sobre os recursos hídricos, torna-se cada vez mais necessário o acompanhamento das alterações da qualidade da água com a finalidade de impedir que problemas decorrentes da poluição acabem comprometendo o aproveitamento múltiplo e integrado desse recurso (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999). Por ser vital aos ecossistemas, fundamental para o abastecimento do consumo humano e ao desenvolvimento de suas atividades, faz-se necessário o monitoramento e o acompanhamento da qualidade da água doce disponível. Pode-se dizer então que as águas doces são essenciais ao abastecimento do consumo humano, ao desenvolvimento de suas atividades e de importância vital aos ecossistemas (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999).

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 (ESTEVES, 2011). 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. Estes ecossistemas possuem rica biodiversidade, apresentando elevada produtividade primária, contribuindo assim com fluxo de energia e manutenção das cadeias alimentares aquáticas (ESTEVES, 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 ESTEVES, 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).

A qualidade da água não se dá apenas pelo seu estado de pureza ou por características básicas (insípida, inodora e incolor), ela pode ser determinada a partir das características químicas, físicas e biológicas (BRAGION; SALGADO, 2011). Porém, é importante salientar também que a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas, químicas e biológicas, mas pela qualidade de todo o recurso hídrico envolvendo a saúde e o funcionamento equilibrado do ecossistema (LIMA, 2001). A água é qualitativamente avaliada através de indícios que constituem o que os técnicos chamam de parâmetros de qualidade. Os parâmetros estudados são definidos da seguinte maneira (REDE DAS ÁGUAS, 2002): temperatura: influenciam na densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, que refletem sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar), fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas), por fatores sazonais e diurnos ou estratificação vertical (CETESB, 2009). Potencial Hidrogeniônico (pH): representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; varia de 1 a 14. Indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7). O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos (REDE DAS ÁGUAS, 2002). É um fator de extrema importância, pois quando sofre alguma alteração considerável afeta não só os demais parâmetros como todas as

formas de vida existentes no corpo d'água (CETESB, 2009). Oxigênio Dissolvido (OD): um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente de 8 a 10 mg/L de oxigênio dissolvido. A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam presença de matéria orgânica, pois a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água (REDE DAS ÁGUAS, 2002). Nitrogênio amoniacal: pode estar presente na água sob várias formas moleculares: amônia, nitrito ou nitrato. É um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso pode causar eutrofização. Nos animais e vegetais o nitrogênio se encontra na forma orgânica, mas em contato com a água, rapidamente transforma-se em nitrogênio amoniacal. A presença de nitrogênio amoniacal na água representa a presença de matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. Também pode indicar a despejo de esgotos (APHA, 1995). Fosfatos: o fosfato pode ser proveniente de adubos à base de fósforo, ou da decomposição de materiais orgânicos e esgoto. Indica a presença de adubos químicos, detergentes e matéria orgânica. É essencial ao crescimento de organismos e pode ser o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo d'água (APHA, 1995). O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes: fosfatos orgânicos, ortofosfatos e os polifosfatos. Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, é denominado também um macro-nutriente, por ser exigido em grandes quantidades pelas células. Dessa forma, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico (CETESB, 2009). Coliformes Termotolerantes: o Ministério da Saúde, através da Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001, adotou a denominação coliformes a 45°C, considerando os padrões “coliformes de origem fecal” e “coliformes termotolerantes” como equivalentes a coliformes a 45°C. Somente a presença de *E. coli* indica contaminação por fezes. A presença de coliformes a 45°C não prova, necessariamente, contaminação de origem fecal (SILVA; CAVALLI; OLIVEIRA, 2006).

O presente trabalho teve por objetivo analisar e comparar o gradiente de purificação ao longo do percurso da água e uma possível atenuação da carga

poluidora a partir do despejo do esgoto da cidade de Osório e comparar os dados das estações correspondentes ao verão e ao inverno no período de vinte anos (1993-2013), em três lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul – Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela, considerando os parâmetros estudados - temperatura da água, pH, fósforo total, nitrogênio total, DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), nitrogênio amoniacal, OD (Oxigênio dissolvido), e bacteriológicos: coliformes fecais.

2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O local do estudo foram as lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela (Osório, Rio Grande do Sul, Brasil). Estas lagoas fazem parte do complexo de lagoas costeiras do chamado Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Situam-se entre os paralelos 29°45'00" S e 29°53'59" S, e meridianos 50°10'22" W e 50°16'35" W, (Figura1). Segundo PEDROZO (2000) os ecossistemas das lagoas costeiras do estado do Rio Grande do Sul são ambientes de alta relevância científica e econômica.

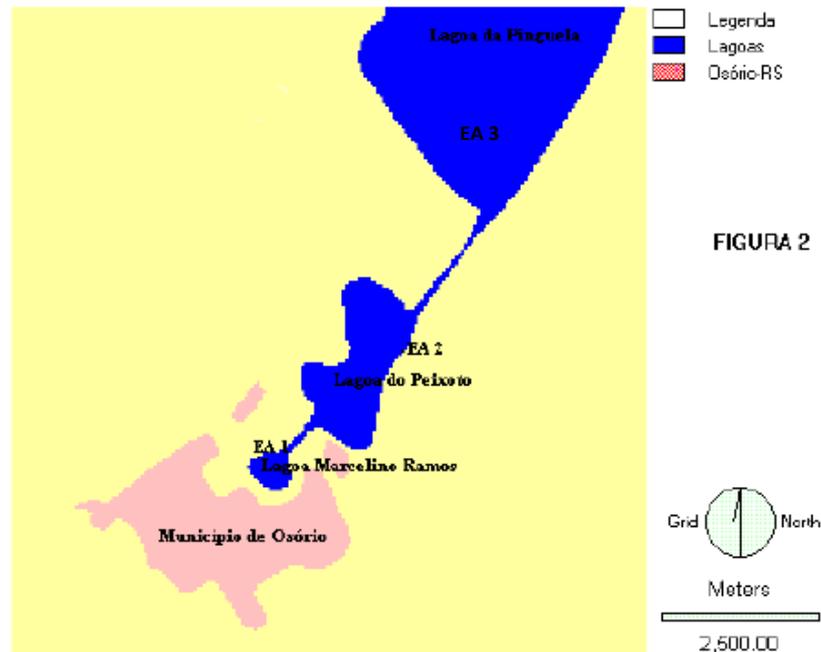


Figura 1: Lagoas costeiras Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela, assim como o município de Osório/RS, com localização das estações amostrais (EA1, EA2, EA3).

2.2 HISTÓRICO DA ÁREA

As lagoas costeiras de Osório serviram para transportar mantimentos ao povoado entre os séculos XIX e XX (AGUIAR, 2006). O bairro Porto Lacustre, formado às margens da Lagoa do Marcelino, guarda alguns vestígios desta época no município emancipado em 1857. Hoje, as lagoas servem para turismo e lazer para os veranistas que buscam roteiros alternativos no Litoral Norte. Entre Osório e Torres, as lagoas se desenham paralelas ao Oceano Atlântico, muitas interligadas por canais, formando um dos maiores complexos lagunares do Brasil. Estas lagoas – Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela - pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, que, juntamente com o município de Osório, e outros 16 municípios, abrangem uma área de aproximadamente 2700 km² de extensão, sendo 500 km de áreas alagáveis. O Município de Osório é privilegiado do ponto de vista hídrico, possuindo 23 lagoas. Artificialmente existem ligações entre a Lagoa do Peixoto, local onde ocorre a captação de água para servir a população de Osório e a Lagoa do Marcelino Ramos, que se encontram com o Rio Tramandaí estendendo-se até a Lagoa de Tramandaí e assim ligando-se ao oceano completando o subsistema.

Ambas as lagoas são rasas e não possuem influência salina. São afetadas diretamente e sofrem impactos ambientais como ocupação desordenada das margens e supressão de Áreas de Preservação Permanente. Na margem sul da Lagoa Marcelino Ramos encontra-se bastante matéria orgânica e coliformes fecais devido ao lançamento de esgotos cloacais de Osório e tem sua qualidade bastante comprometida (Prefeitura Osório).

As três lagoas estudadas fazem parte da bacia do Rio Tramandaí situada no Litoral Norte do Rio Grande do Sul com uma área de aproximadamente 270 mil hectares, compreendendo 17 municípios: Arroio do Sal, Capão da Canoa, Imbé, Itati, Maquiné, Terra de Areia, Xangri-lá, Três Forquilhas, Três Cachoeiras, Tramandaí, Cidreira, Balneário Pinhal, Osório (onde se situam as lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela), Dom Pedro de Alcântara, Torres, Palmares do Sul e São Francisco de Paula. (Plano de Bacias do Rio Tramandaí, 2005).

3 OBJETIVOS

→ Observar e registrar a possível atenuação de carga poluidora que ocorreu ao longo das três lagoas costeiras, e ao longo de todo período estudado – 1993 até 2013, considerando os parâmetros estudados; e se houve diferenciação desta carga ao longo do inverno e verão e ao longo dos vinte anos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Análises limnológicas: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) – SMEWW, sendo DBO – SMEWW 5210B – Titulométrico Winkler; Fósforo total – SMEWW 4500-P e Nitrogênio Amoniacal e Total – SMEWW 4500 – NH₃ B; Turbidez - SMEWW 2130 B; temperatura da água com termômetro em graus Celcius; e bacteriológicos - método substrato Cromogênico/Enzimático SMEWW, 2130 B). Oxigênio dissolvido e pH com medições através do uso de sondas. Trabalhou-se com duas coletas ao ano na subsuperfície da água em região litorânea, uma realizada nos meses que correspondem à estação inverno e outra aos meses que correspondem à estação verão, ao longo de vinte anos de estudo (1993-2013).

Tratamento Estatístico - a análise descritiva foi inicialmente avaliada por meio de gráficos de perfis de média. A análise conjunta dos dados foi feita mediante análises estatísticas multivariadas. A análise de componentes principais (ACP) foi realizada a partir de matriz de covariância com transformação dos dados pelo $[\log(x + 1)]$ para os dados abióticos. As transformações de dados e as análises multivariadas foram feitas a partir do programa PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

5 RESULTADOS e DISCUSSÃO

De acordo com o Art. 4º capítulo II seção I da Resolução 357,2005 do CONAMA, os corpos de água doce podem ser classificados em:

I- classe especial: aquelas águas destinadas ao abastecimento para consumo humano depois de uma desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II- classe 1: são águas destinadas ao consumo humano após passar por um tratamento convencional; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças que serão consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam consumidas cruas.

III- classe 2: águas que são destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas de parques e de jardins, campos de esporte e lazer, onde o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e a pesca.

IV- classe 3: aquelas águas destinadas ao abastecimento humano desde que passe por um tratamento convencional ou avançado; a dessedentação de animais; à recreação de contato secundário; à irrigação de culturas cerealíferas, forrageiras e arbóreas; à pesca amadora.

V- classe 4 são águas que podem ser destinadas a navegação; e a harmonia paisagística.

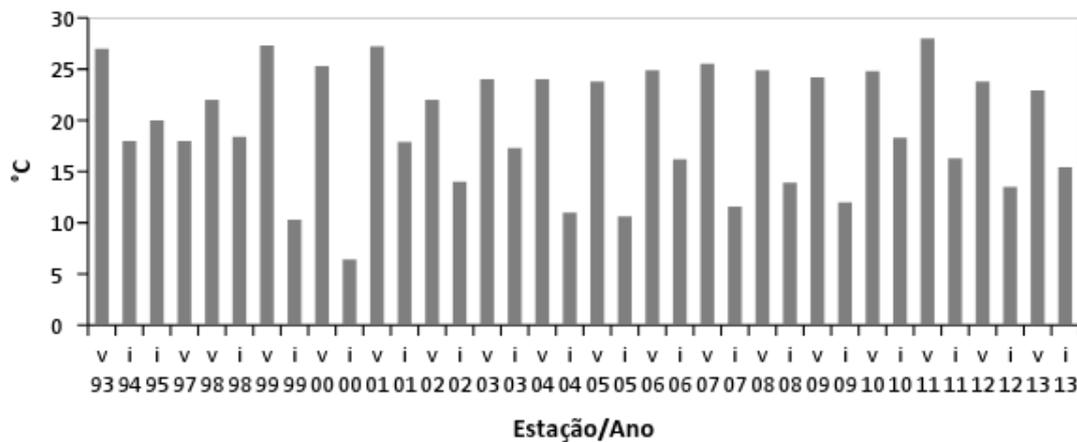
A Resolução CONAMA (2005) classifica as lagoas Marcelino Ramos como sendo Classe 4, Peixoto e Pinguela como Classe 1.

Foram estudadas oito variáveis limnológicas (temperatura da água, condutividade, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), amônia e coliformes fecais durante um período de 20 anos (1993 até 2013) nas estações inverno e verão, em três lagoas costeiras eutrofizadas e interligadas – Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela,

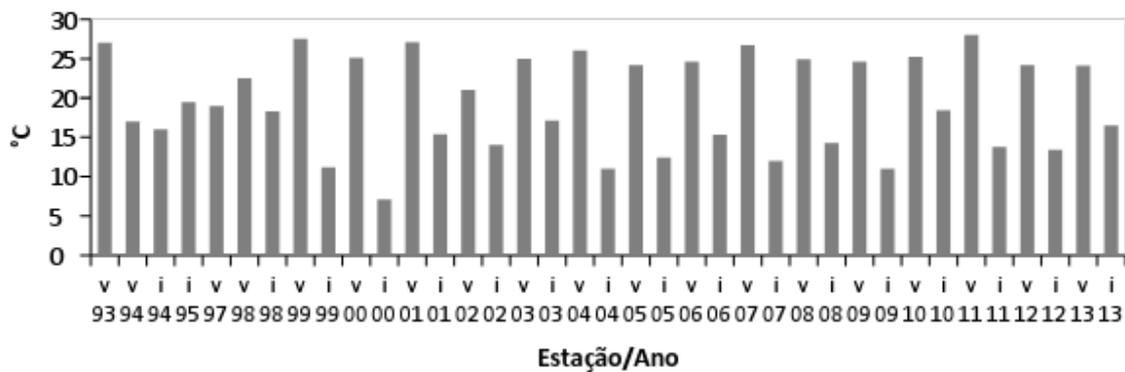
localizadas no litoral norte do Rio Grande do Sul. Abaixo seguem os resultados representados por gráficos de cada variável estudada:

Na variável temperatura da água (Figura 2), o menor valor encontrado para a lagoa Marcelino Ramos foi de 6,4°C (inverno 2000) e o maior foi 28°C (verão 2011), o menor na lagoa Peixoto foi 7,1°C (inverno 2000) e o maior foi 28°C (verão 2011), o menor na Pinguela foi 8°C (inverno 2000) e o maior foi 27,2°C (verão 1999).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

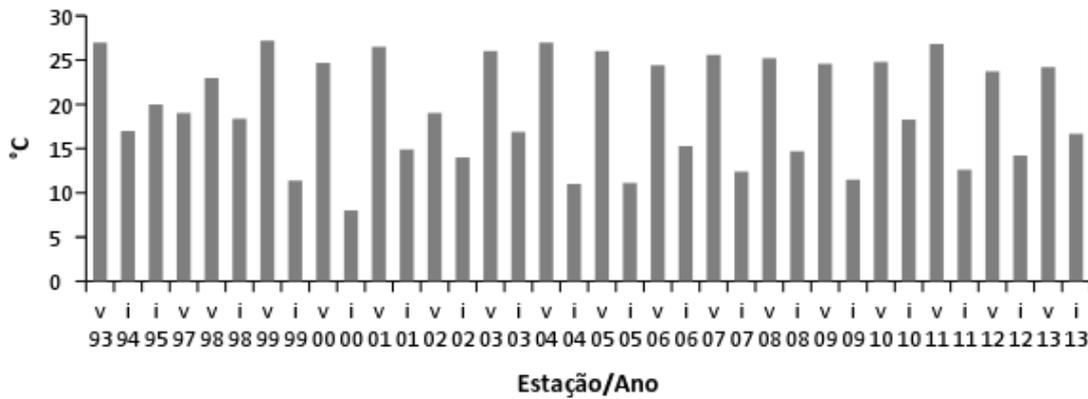
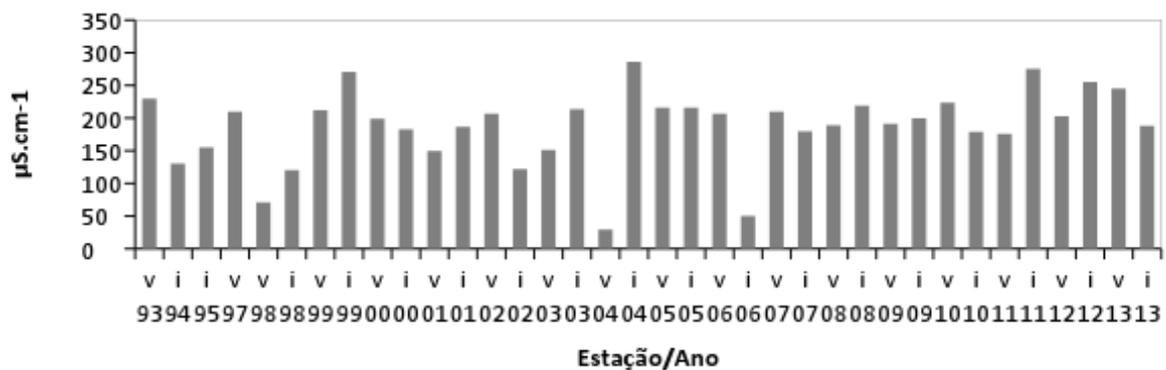


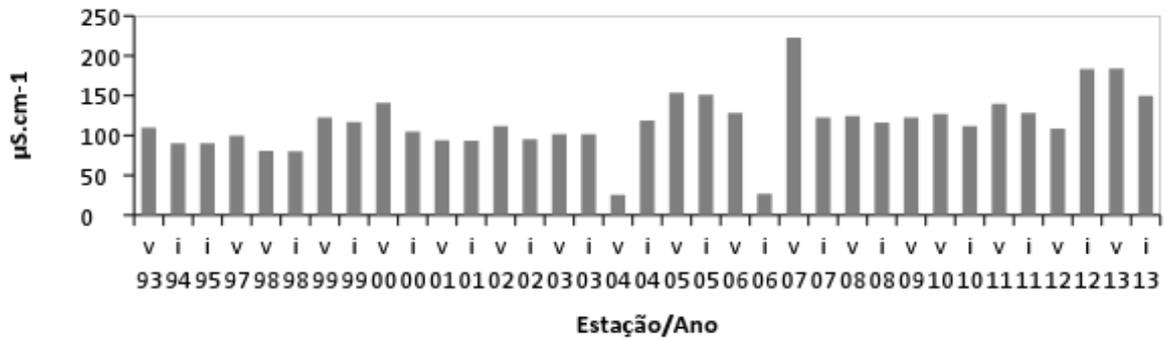
Figura 2. Valores da temperatura da água (°C) ao longo de 20 anos (n=1, 1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

A condutividade obteve, de forma geral nas três lagoas, menores e maiores valores no ano de 2004, seguido de 2007. Na lagoa Marcelino Ramos foi de 29,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (verão 2004) e o maior foi 286 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (inverno 2004), o menor na Peixoto foi 25,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (verão 2004) e o maior foi 223 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (verão 2007), o menor na Pinguela foi 15,9 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (verão 2004) e o maior foi 724 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (verão 2007), (Figura 3).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

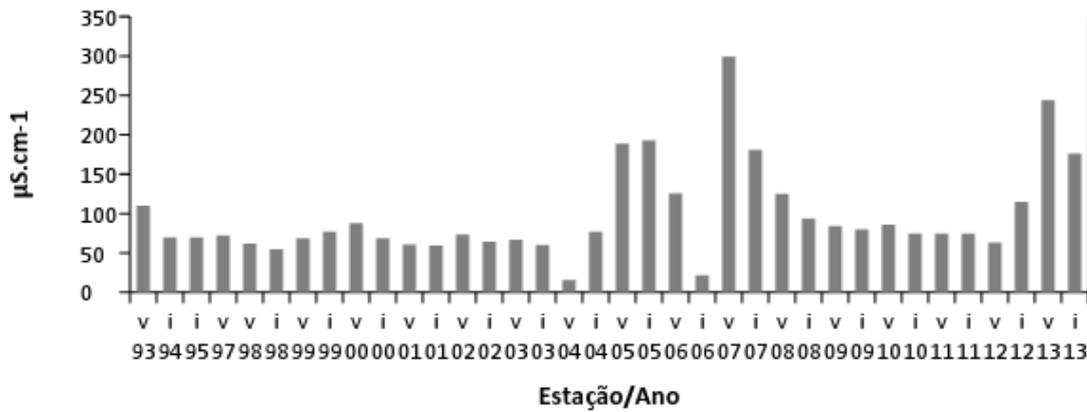
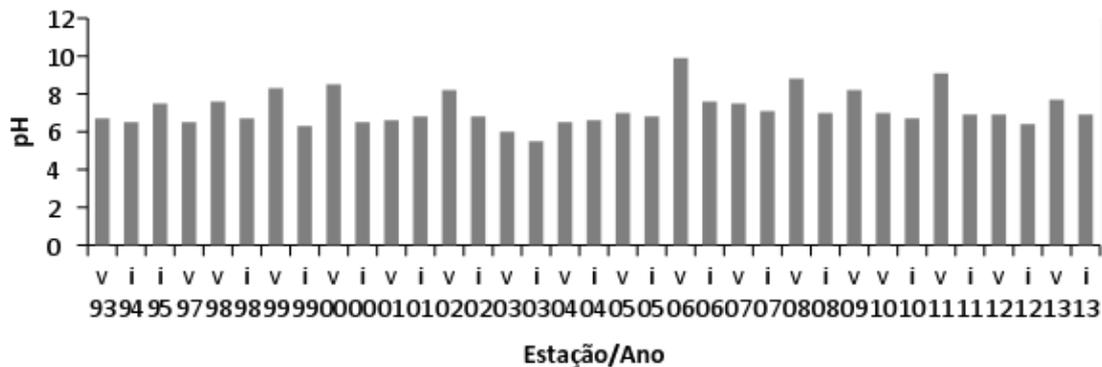


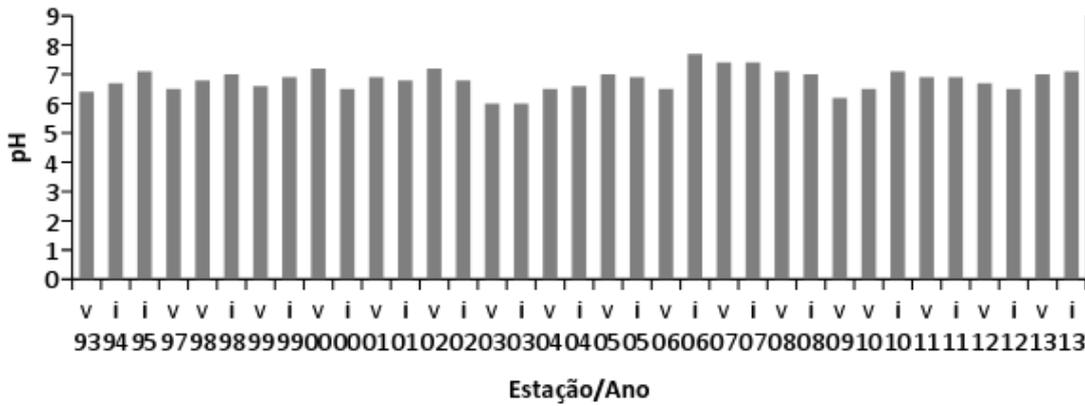
Figura 3. Valores da condutividade (Condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, $n=1$) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

Considerando o potencial hidrogeniônico – pH – os valores variaram, ao longo das três lagoas estudadas, de 5,5 no inverno 2003 até 9,9 no verão 2006, sendo que os valores médios ficaram em 6,8 para as lagoas Peixoto e Pinguela e 7,2 para a lagoa Marcelino Ramos (Figura 4).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

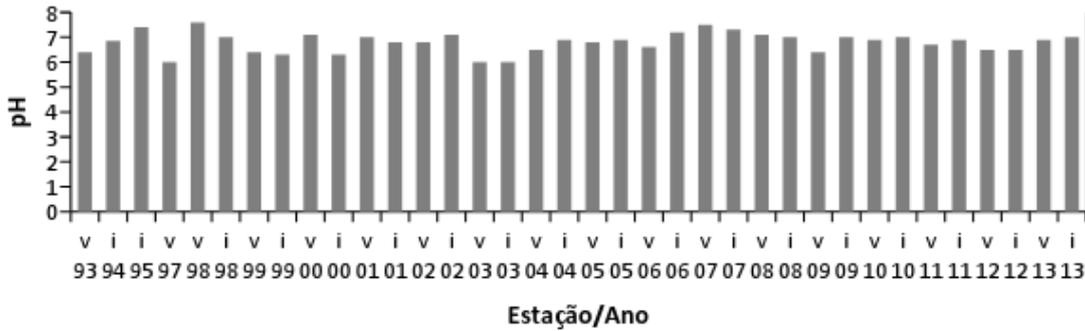
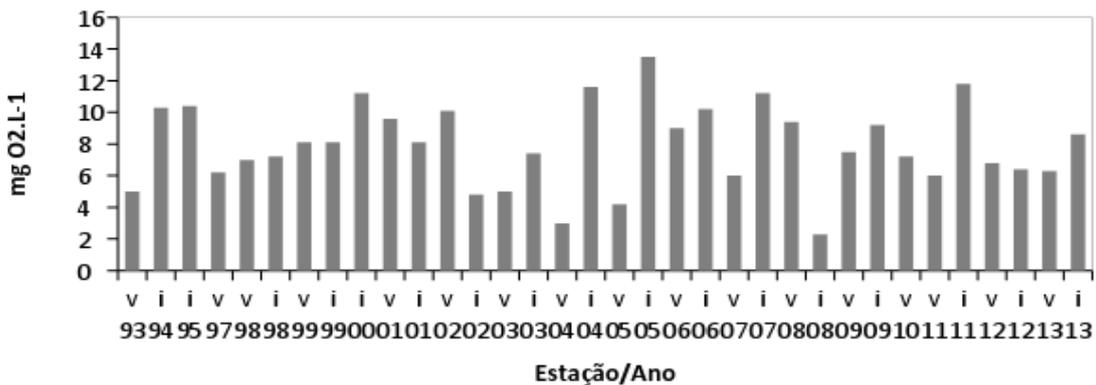


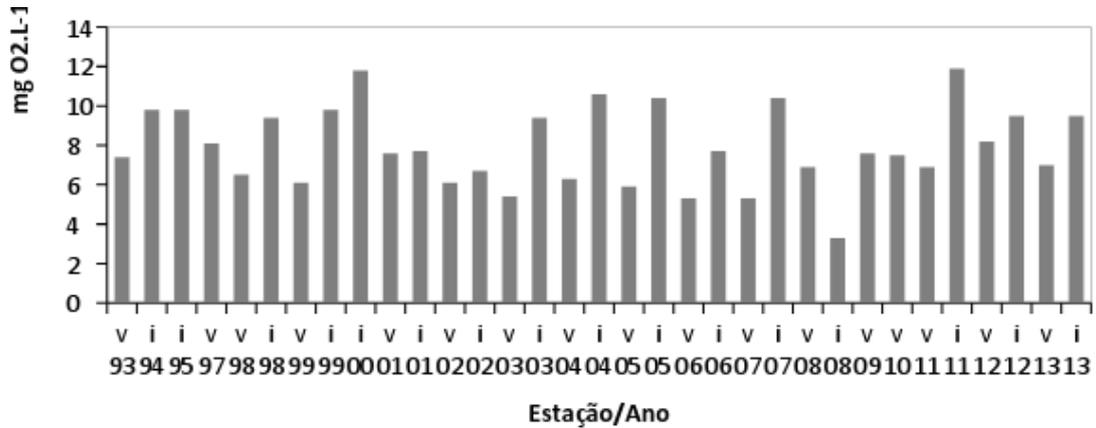
Figura 4. Valores do Potencial Hidrogeniônico (pH, n=1) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

Considerando os teores de oxigênio dissolvido, em mg O₂.L⁻¹, com valores médios nas estações verão e inverno do período de 1993 até 2013, obteve-se: na lagoa Marcelino 7,0 no verão e 8,7 no inverno; na lagoa Peixoto 6,5 no verão e 9,1 no inverno; na lagoa Pinguela, 7,6 no verão e 9,3 no inverno (Figura 5).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

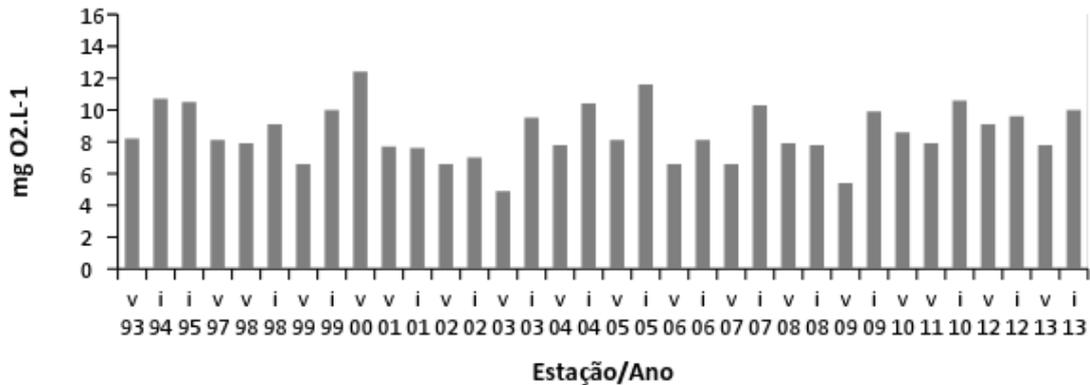
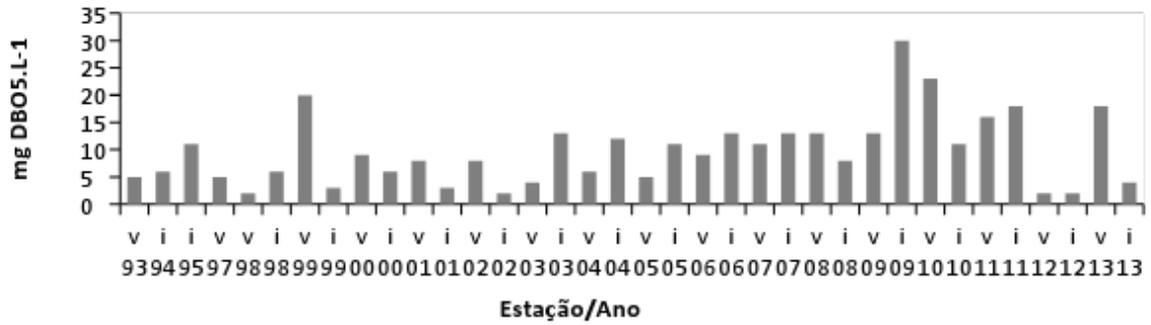


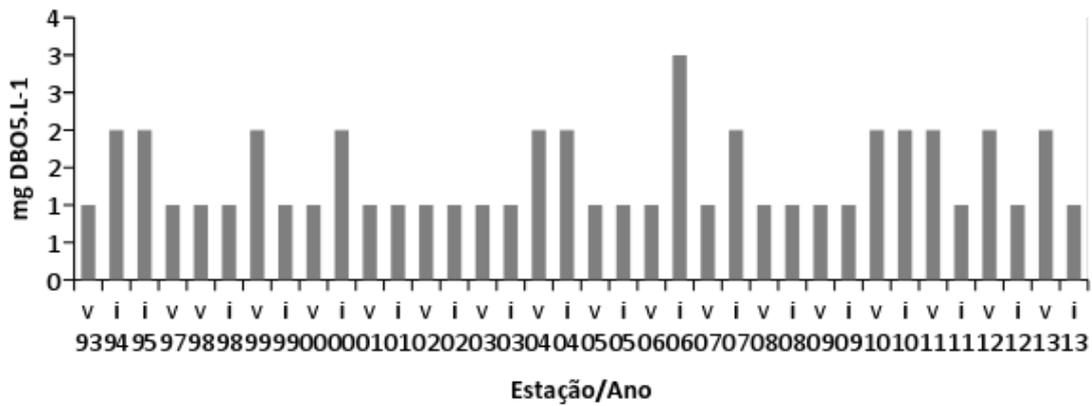
Figura 5. Valores do Oxigênio Dissolvido (OD, em mg O₂.L⁻¹, n=1) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

A variável demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), teve valores para a lagoa Marcelino que variaram de 2 mg DBO₅.L⁻¹ até 30 mg DBO₅.L⁻¹, repetindo-se em diferentes anos/estações de coleta. Para a lagoa Peixoto, valores de 1 mg DBO₅.L⁻¹ até 3 mg DBO₅.L⁻¹, também repetindo-se em estações/anos de coleta. A mesma tendência foi observada na lagoa Pinguela, onde os valores variaram de 1 mg DBO₅.L⁻¹ até 3 mg DBO₅.L⁻¹ em diferentes estações/ano de coleta (Figura 6).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

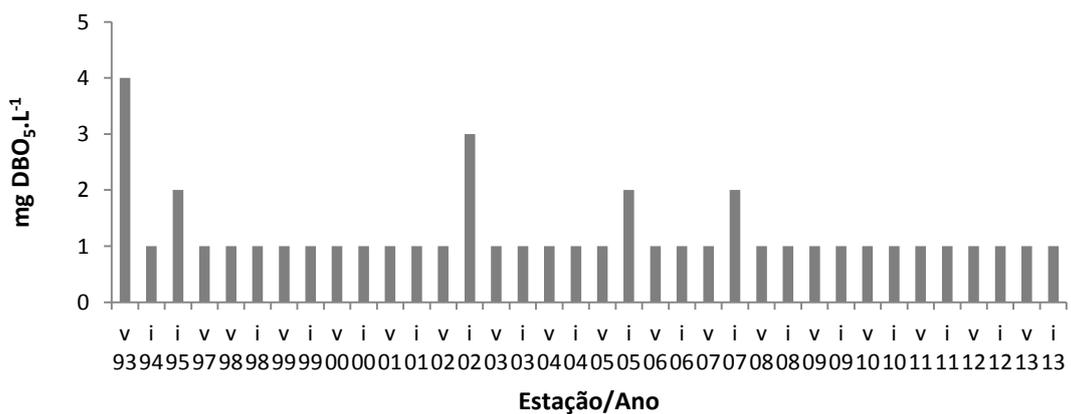
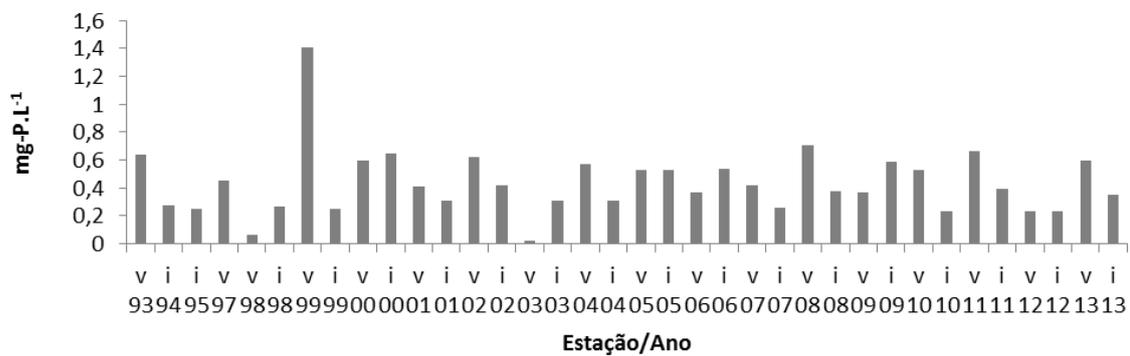


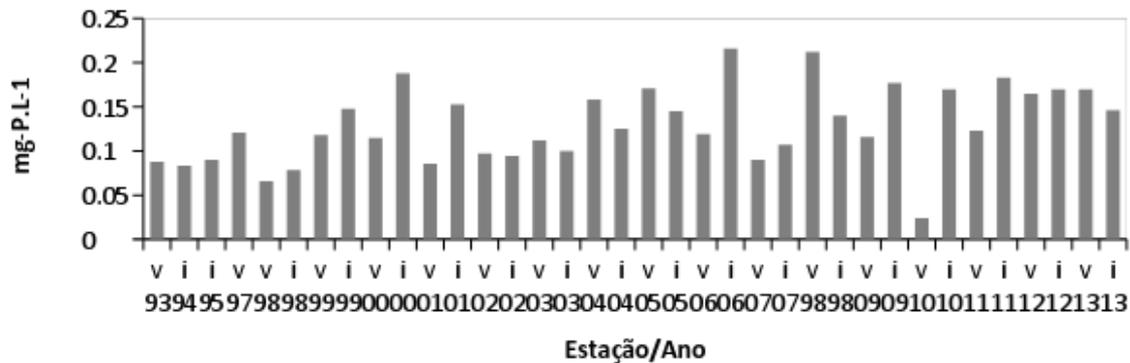
Figura 6. Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, em mg DBO₅.L⁻¹, n=1) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

Ao longo dos 20 anos de estudo da variável fósforo total, de 1993 a 2013, o menor valor encontrado para a lagoa Marcelino Ramos foi de 0,0217 mg-P.L⁻¹ (verão 2003) e o maior foi 1,41 mg-P.L⁻¹ (verão 1999), o menor na Peixoto foi 0,024 mg-P.L⁻¹ (verão 2010) e o maior foi 0,216 mg-P.L⁻¹ (inverno 2006), o menor na Pingueta foi 0,01 mg-P.L⁻¹ (inverno 2002) e o maior foi 0,239 mg-P.L⁻¹ (verão 2008), (Figura 7).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pingueta

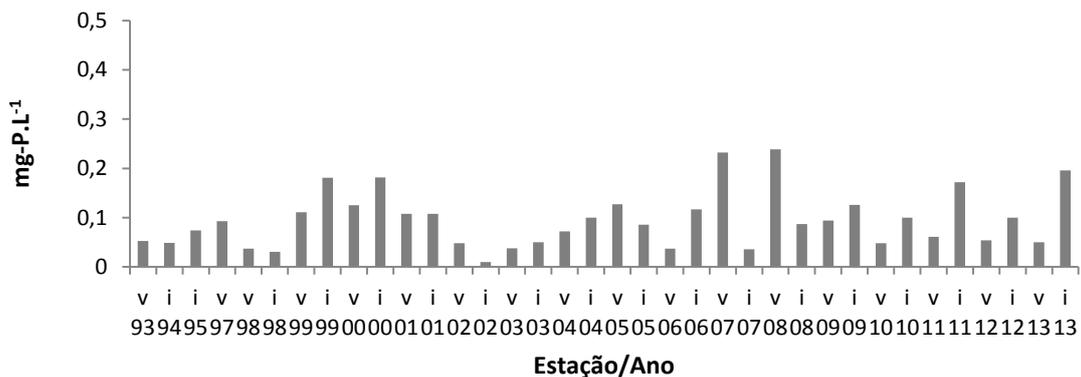
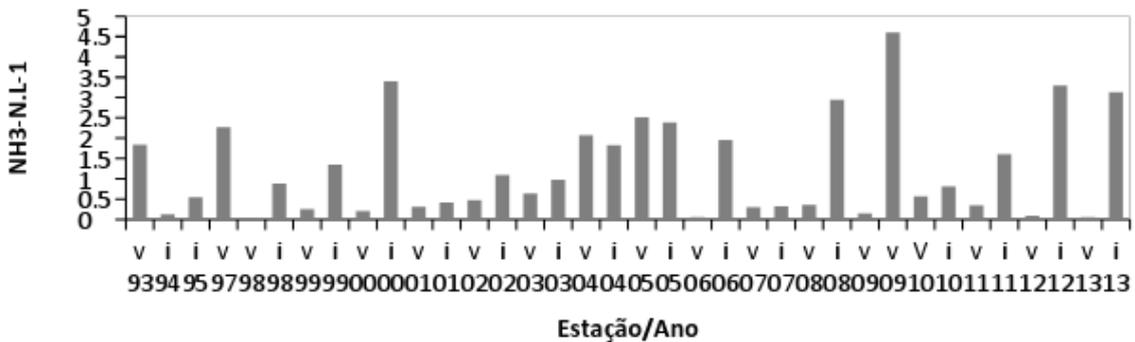


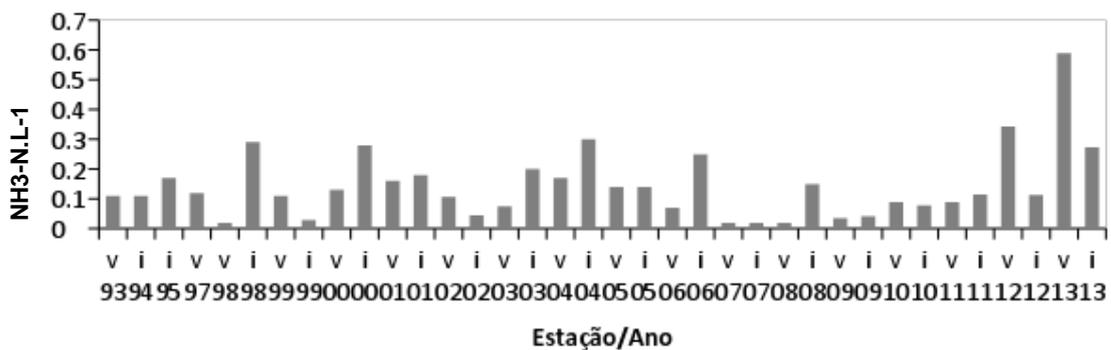
Figura 7. Valores de Fósforo Total (PT, em mg-P.L⁻¹, n=1) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

A amônia teve valores ao longo dos 20 anos de estudo e ao longo das três lagoas analisadas bastante diversos. Na lagoa Marcelino, o menor valor encontrado foi de 0,0202 mg NH₃-N.L⁻¹ (verão 1998) e o maior chegou a 4,6 mg NH₃-N.L⁻¹ (verão 2009), o menor na Peixoto foi 0,02 mg NH₃-N.L⁻¹ repetindo-se em mais de uma coleta, e o maior foi 0,589 mg NH₃-N.L⁻¹ (verão 2013), o menor na Pinguela foi 0,02 mg NH₃-N.L⁻¹ e o maior foi 0,23 mg NH₃-N.L⁻¹ (verão 2004) (Figura 8).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

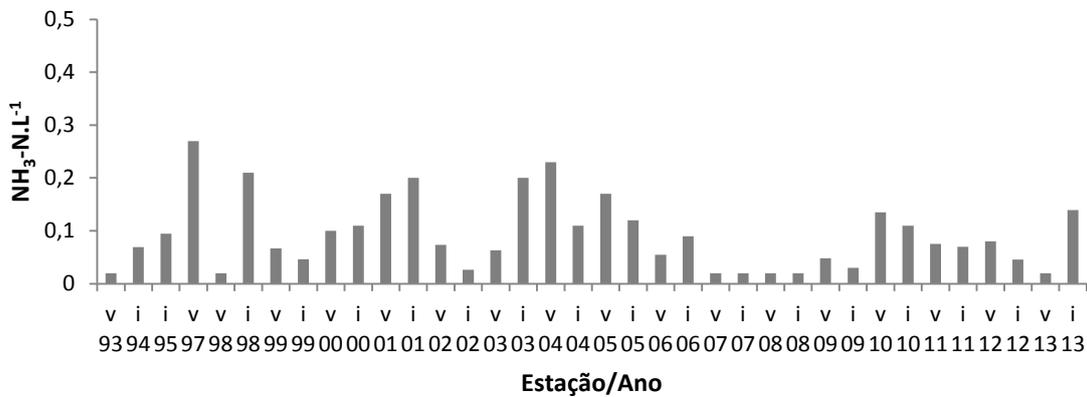
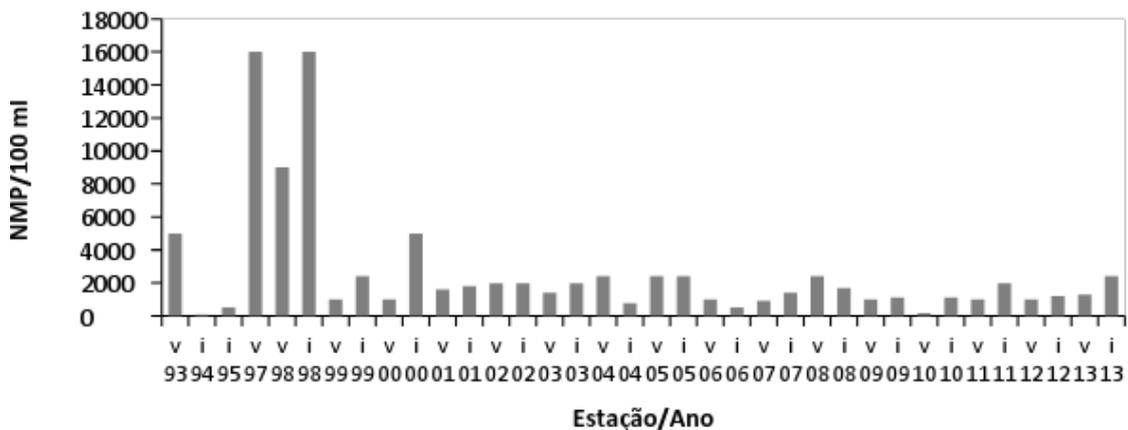


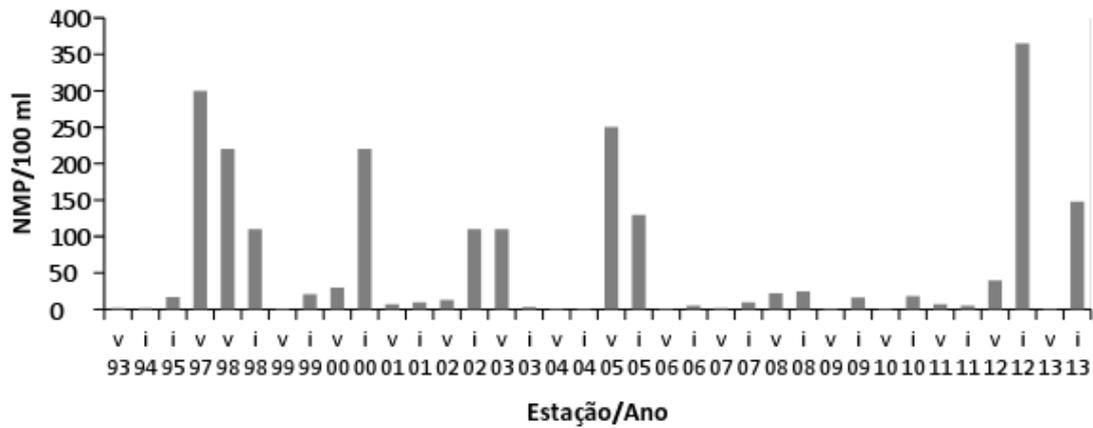
Figura 8. Valores de Amônia (em mg NH₃-N.L⁻¹, n=1) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i= inverno).

Coliformes fecais, dentre as variáveis estudadas, foi a que mais demonstrou uma variação espaço-temporal ao longo dos 20 anos de estudo. Na lagoa Marcelino, o menor valor encontrado foi de 3 NMP/100 ml (verão 1999) e o maior foi 16.000 NMP/100 ml (inverno 1998); na Peixoto, variou de 1 NMP/100 ml (várias estações/ano) até 365 NMP/100 ml (inverno 2012); e, na Pinguela, o menor foi 1 NMP/100 ml (várias estações/ano) e o maior foi 78 NMP/100 ml (verão 2012) (Figura 9).

Marcelino Ramos



Peixoto



Pinguela

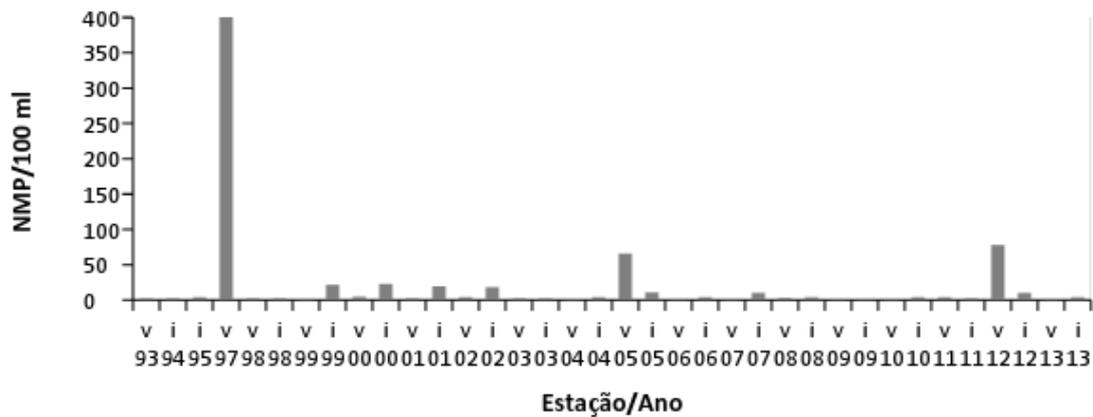


Figura 9. Valores de Coliformes Fecais (NMP/100 ml – Número Mais Provável) ao longo de 20 anos (1993 – 2013) nas lagoas Marcelino Ramos, Peixoto e Pinguela nas estações verão e inverno. (v = verão; i = inverno). OB: escalas diferentes.

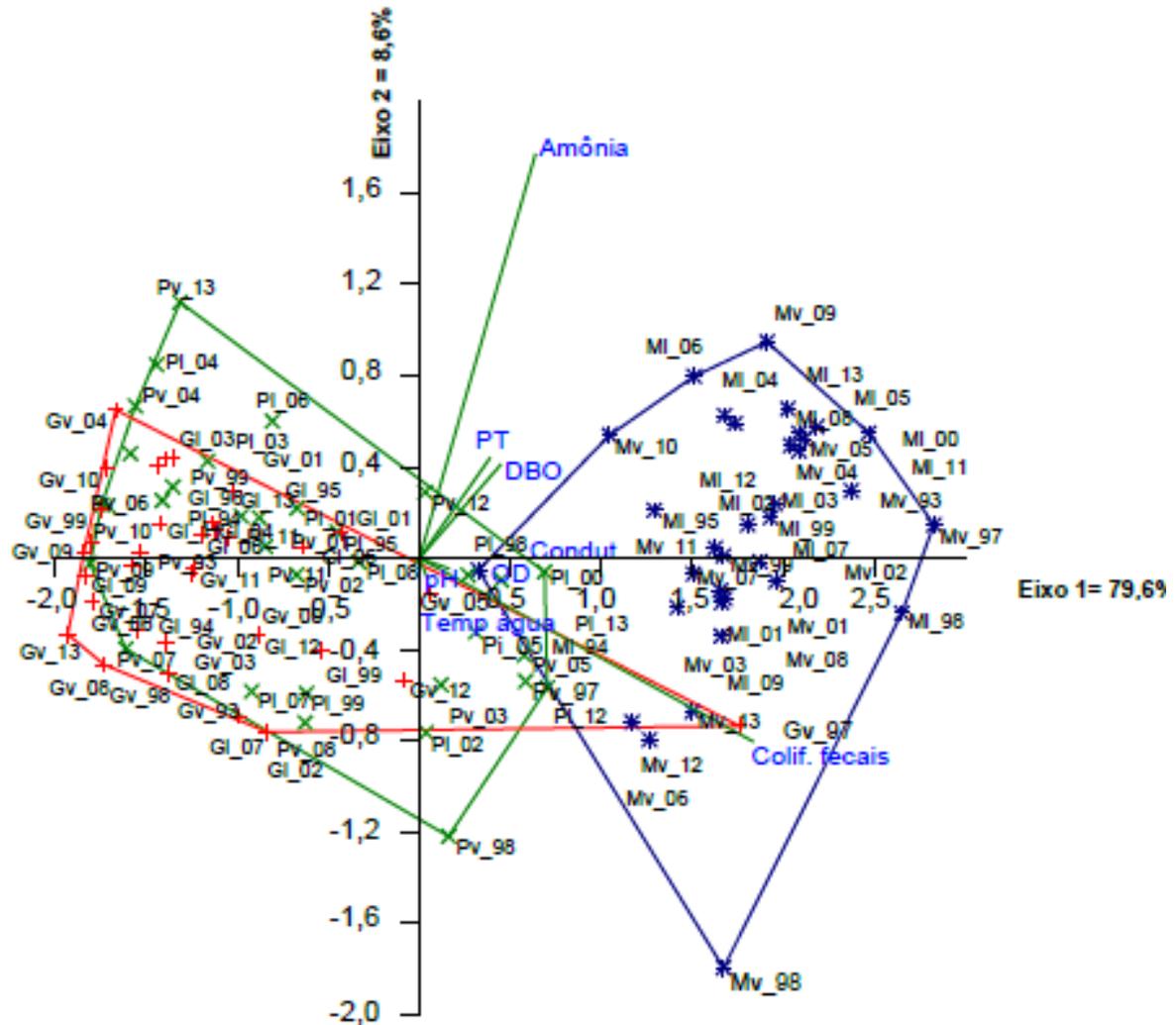
Para avaliar as principais tendências de variação das características limnológicas e de coliformes fecais da água, durante as estações inverno e verão ao longo do período de estudo (1993 – 2013, 101 coletas de água, $n = 1$), foi aplicada Análise de Componentes Principais (ACP). A análise resumiu 88,2,8% da variabilidade dos dados em seus dois primeiros eixos (Figura 10, Tabela 1). Na componente principal 1 (79,68%), observa-se muitas unidades amostrais pertencentes às lagoas Peixoto e Pinguela, e nenhuma da lagoa Marcelino Ramos do lado esquerdo do eixo. No entanto, ao lado direito, estão todas unidades amostrais referentes à lagoa Marcelino, em associação aos maiores valores de

coliformes fecais encontrados, principalmente. Tal variável (coliformes fecais) apresentou correlação elevada com este eixo, de 0,9.

Já, no eixo 2 (8,6%), a ordenação deu-se mais em função da estação do ano - verão ou inverno. Na parte positiva do eixo dois encontram-se a maioria das unidades amostrais correspondentes à estação inverno, independente do ano estudado, enquanto na parte negativa (abaixo) a maioria das estações correspondentes ao verão. A amônia teve uma alta correlação com este eixo (0,86).

Depreende-se, portanto, que a variabilidade limnológica e de coliformes fecais da água com as variáveis estudadas foi fundamentalmente condicionada pela estação do ano, embora também pela escala sazonal de variação ao longo das três lagoas. Os anos de coletas das amostras (desde 1993 até 2013) não demonstrou uma tendência na PCA.

Em síntese, o Eixo 1 indicou que a maior variabilidade dos dados foi atribuída, principalmente, às lagoas estudadas (Marcelino, Peixoto e Pinguela) quando observamos ao longo do seu eixo; enquanto o Eixo 2, observando de cima para baixo, foi condicionado principalmente pela estação do ano separando o verão do inverno.



*: lagoa Marcelino Ramos

+ : lagoa Peixoto

X: lagoa Pinguela

Figura 10. Ordenação pela ACP das lagoas estudadas (M, G e P) e estações do ano (v, i), ao longo do período de coleta das amostras (anos de 1993 até 2013 – 93 até 13, em um total de 101 amostras /// $n = 1$). Abreviações – M: lagoa Marcelino; P = lagoa Peixoto; G= lagoa Pinguela; v: verão; i: inverno; PT: fósforo total; Temp água: temperatura da água; Colif. Fecais: coliformes fecais; pH: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; Condu: condutividade.

Tabela 1. Correlação das variáveis com os eixos 1 e 2. Em negrito, $r \geq 0,5$.

Variáveis	Componentes Principais	
	1	2
Temperatura da água	-0,01	-0,02
Ph	0,02	-,0,04
Condutividade	0,08	-0,02
Oxigênio dissolvido	0,008	-0,31
DBO	0,22	0,20
Coliformes fecais	0,89	-0,40
PT	0,19	0,21
Amônia	0,31	0,86
Varição Explicada	79,68%	8,60%

Fonte:Autor

O Plano de Bacias do Rio Tramandaí está dividido em 3 fases:

- Fase A- Levantamento da situação atual;
- Fase B- decisão pelo uso futuro da água e seu enquadramento;
- Fase C- Planos de ações.

As fases A e B já foram publicadas, em 2005 e conforme a Resolução do Conselho de recursos Hídricos 20/2008, respectivamente. a fase C ainda está em andamento.

Em um estudo realizado pela FEPAM intitulado “Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais no Litoral Norte/ RS”, onde foram analisados dados de 1993 até 2000 de uma área monitorada compreendendo 16 lagoas 4 rios e os estuários de Tramandaí e Torres. A lagoa Marcelino Ramos destacou-se pela presença de matéria orgânica, oriunda dos esgotos cloacais do município de Osório, predominando concentrações de Classes 3 e 4, já nas lagoas Peixoto e Pinguela predominou Classe 1. (http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/litoral_norte.asp)

De acordo com o Plano de Bacias do Rio Tramandaí (2005) a qualidade das águas da Lagoas Marcelino Ramos está classificada como Classe 4, e as lagoas Peixoto e Pinguela Classe 1.

O Relatório da fase b do Plano de Bacias do Rio Tramandaí (2005) propõe medidas a serem feitas para melhorar a qualidade da água das lagoas costeiras, que para a Lagoa do Marcelino Ramos iria passar de Classe 4 para Classe 3 e as Lagoas Peixoto e Pinguela manter-se-iam em Classe 1, são elas:

- a) Implantação e/ou ampliação da rede coletora e de tratamento de esgotos da cidade de Osório;
- b) Intensificação na fiscalização dos padrões de emissão das indústrias;

- c) Recomposição da mata ciliar;
- d) Monitoramento da qualidade da água.

O Art. 1 do decreto Nº 150/2008 que trata do projeto de revitalização da lagoa do Marcelino em parágrafo único traz o seguinte:

Parágrafo Único. Na execução do Projeto de Revitalização da Lagoa do Marcelino previsto no caput do presente artigo, que visa a instalação de complexo eco paisagístico para recuperação de área degradada, poderá ser incluído a implantação de equipamentos públicos, tais como:

I - trilhas ecoturísticas;

II - ciclovias;

III - pequenos parques de lazer, excluídos parques temáticos ou similares;

IV - acesso e travessia aos corpos de água;

V - mirantes;

VI - equipamentos de segurança, lazer, cultura e esporte;

VII - bancos, sanitários, chuveiros e bebedouros públicos; e

VIII - rampas de lançamento de barcos e pequenos ancoradouros. (Redação acrescida pelo Decreto nº 154/2012)

Para MACHADO (2000), a Bacia hidrográfica do Rio Tramandaí é o principal manancial do litoral norte do Rio Grande do Sul, porém este ecossistema sofre com os impactos antrópicos de esgoto domésticos, plantações de arroz e efluentes de indústrias (PEDROZO, 2000).

Segundo SCHÄFER (1990) a lagoa Marcelino Ramos recebe uma carga de poluentes formados por despejos de resíduos domésticos e de drenagem superficial do município de Osório.

A nova Estação de Tratamento de Esgoto- ETE do município de Osório foi construída próxima à lagoa dos Barros que será o corpo receptor dos efluentes tratados, desativando a antiga estação situada as margens da lagoa Marcelino Ramos. As construções tiveram fim no ano de 2014, mas a operação ainda segue inativa devido a um processo jurídico onde o município de Santo Antônio da Patrulha quer a proibição do lançamento de efluente na lagoa dos Barros. (Prefeitura Osório).

Em setembro de 2017 em decisão da juíza da 2º Vara da Comarca do Fórum de Santo Antônio da Patrulha autoriza o funcionamento da ETE de Osório desde que sejam formada uma equipe técnica para realizarem estudos pela UFRGS, GAT-MPRS e FEPAM. (Prefeitura Osório)

6 CONCLUSÃO

Ao longo dos vinte anos de estudo nas três lagoas, considerando as variáveis analisadas, o sistema variou espacialmente condicionado por coliformes fecais, separando a lagoa Marcelino Ramos das demais. As estações inverno e verão foram determinantes pela temperatura da água.

Por fim, este estudo serviu como reflexão sobre a governança das águas, sobretudo na lagoa Marcelino Ramos, que recebeu e continua recebendo os esgotos da cidade de Osório sem nenhum tratamento.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Marcos Daniel Schmidt de. **Percorrendo os caminhos da modernização: técnica e tempo na construção social do Litoral Norte Gaúcho**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2006.

APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 19th ed., New York, 1995.

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.

BRAGION, Isabella V.; SALGADO, Rafael S. **Avaliação da Qualidade da Água de um Corpo D'Água da Estação Ambiental São Camilo – EASC – Itanhaém – SP**. 2011, 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2011.

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.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, 30 outubro, 2017.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Água. 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/informacoes.asp>. Acesso em 13 de agosto de 2015.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em:

https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/paibh/plano_bacia_hidrografica_rio_tramandai.pdf acessado em: 17/12/2017

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (Eds.) **Ecologia de restinga e lagoas costeiras**. NUPEM/UFRJ: Macaé, p.261-275, 2000.

FARIA, B. M.; ESTEVES, F.A. **Carbono orgânico nas lagoas costeiras do norte fluminense: origem, degradação e transferência para a cadeia trófica.** *In:*

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.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

LIMA, ELIANA B. N. R.. Modelação Integrada Para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ – Brasil. Novembro de 2001.

MACHADO, N. A. F. **Análise multi- escalonada e diagnóstico ambiental aplicado ao litoral norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil:** utilizando da morfometria, sedimentométrica, geoquímica dos sedimentos, física e química da água das lagoas costeiras. 2 v. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)- Programa de Pós- Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2000.

PEDROZO, C.S. **Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplanctônica.** 2000. 241 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2000.

POESTER, G.C. et al. **Práticas para restauração da mata ciliar.** Porto Alegre: Catarse, 2012.

REBOUÇAS, Aldo C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G.. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 1 ed. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717p.

Rede das Águas. Como Reconhecer A Qualidade Da Água De Um Rio. 2002. Disponível em: http://www.rededasaguas.org.br/obse/metodo_quali.html. Acessado em: 13 de agosto de 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Recursos Hídricos. **Caderno de trabalho do relatório temático A.3.:** 1ª etapa do plano de Bacia do Rio Tramandaí. Porto Alegre: Profill, 2004.

SCHÄFER, A. Tipificação ecológica das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 2, p. 29-55. 1985.

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M.. Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e

Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* EM ALIMENTOS. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 26(2): 352-359, abr.-jun. 2006.

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

TUNDISI, José G., Água no século XXI: Enfrentando a escassez, 2ª ed. São Carlos: Rima, 2005, p. 256.

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.

WÜRDIG, N.L *et al.* **Bases ecológicas para medidas de saneamento das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, município de Osório, RS.** Porto Alegre: UFRGS – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, 1990. (Relatório técnico)

http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/litoral_norte.asp Acessado em 16/12/2017

<https://leismunicipais.com.br/a/rs/o/osorio/decreto/2008/15/150/decreto-n-150-2008-declara-de-utilidade-publica-e-interesse-social-o-projeto-de-revitalizacao-da-lagoa-do-marcelino> Acessado em 16/12/2017

<http://www.osorio.rs.gov.br/site/noticia/visualizar/id/3290/?ETE-de-Osorio-aguarda-licenca-para-entrar-em-operacao.html> Acessado em 18/12/2017

<http://www.osorio.rs.gov.br/site/noticia/visualizar/id/5545/?Prefeito-Abrahamo-comemora-decisao-da-Justica-que-autoriza-funcionamento-da-ETE-de-Osorio.html> Acessado em 20/12/2017

<http://www.sema.rs.gov.br/l010-bacia-hidrografica-do-rio-tramandai> Acessado em 18/12/2017