

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Maria Flavia Barbosa Xavier

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E PRESENÇA DE
AGENTES TÓXICOS EM MANANCIAS HÍDRICOS DA ILHA DE
SANTA CATARINA, BRASIL**

Florianópolis

2015

Maria Flavia Barbosa Xavier

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E PRESENÇA DE
AGENTES TÓXICOS EM MANANCIAS HÍDRICOS DA ILHA DE
SANTA CATARINA, BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso submetido
ao Centro de Ciências Biológicas para a
obtenção do Grau de Bacharela e Licenci-
ada em Ciências Biológicas.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina:

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares

Coorientadora

Universidade Federal de Santa Catarina:

Dr^a. Ivana Eunice Baptista

Florianópolis

2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Barbosa Xavier, Maria Flavia
CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E PRESENÇA DE
AGENTES TÓXICOS EM MANANCIAS HÍDRICOS DA ILHA DE SANTA
CATARINA, BRASIL / Maria Flavia Barbosa Xavier ;
orientador, Carlos Henrique Lemos Soares ; coorientadora,
Ivana Eunice Baptista. - Florianópolis, SC, 2015.
80 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas.

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. Monitoramento dos rios Sertão
e Itacorubi da Bacia do Rio Itacorubi. I. Lemos Soares,
Carlos Henrique. II. Baptista, Ivana Eunice. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Ciências Biológicas. IV. Título.

Maria Flavia Barbosa Xavier

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E PRESENÇA DE AGENTES TÓXICOS EM MANANCIAS HÍDRICOS DA ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL

Este Trabalho de conclusão de curso foi julgado aprovado para a obtenção do Título de “Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas”, e aprovado em sua forma final pelo Centro de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 11 de Dezembro 2015.

Prof^a. Dr^a. Maria Risoleta Freire Marques
Coordenadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr^a. Ivana Eunice Baptista
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares
Presidente da Banca
Universidade Federal De Santa Catarina

Msc. Wilson Antonio Weis

Msc^a. Fernanda Kokowicz Pilatti

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Paula Maria Barbosa Xavier e Louredir José Xavier, por todas as oportunidades que me deram, por todo apoio e incentivo em todos os momentos.

A minha irmã, Maria Leticia Barbosa Xavier, que sempre me deu apoio para cursar biologia e sempre me incentivou a fazer intercâmbio.

Aos meus pais e a minha irmã por terem me moldado em quem sou hoje, nos momentos de conversa, de diversão, de brigas, broncas, cirurgia e saudades.

Ao meu namorado, Ríad Mattos Nassiffe, por toda compreensão e incentivo nesse tempo de mau humor, por formatar tudo isso aqui para mim, por ser meu motorista quando precisei e por escutar todas as lamentações de que tudo estava errado e que eu já estava cansada.

Ao meu cunhado, Sílvio Soares, que acreditou, com muita ironia, que eu poderia descobrir a cura da AIDS e ser uma bióloga rica. Mas sempre me deu apoio.

Aos meus tios, Cláudia e Celso, que estão sempre dispostos a ajudar.

Aos meus amigos Gabriel Machado Matos e Tomás Bohn Pessatti que foram os meus colegas de casa no intercâmbio e colegas de curso e estiveram próximos nos momentos difíceis e também em momentos muito prazerosos.

Aos meus amigos e companheiros de curso Bárbara Beatriz Philippi Martins, Fabíola Santos Soares, Gabriela Mattevi Almeida, Leonardo Wensing Fischer, Mariana Londero Becker, Thaís Alberti por toda a paciência, pelas ausências, pelo apoio, alegrias e pelo companheirismo.

A minha amiga Fernanda Kokowicz e Natália Silvério que me acompanham desde o curso técnico do IF-SC e são super parceiras.

As minha amigas Joelma Fernandes da Silva e Dayana Fernandes da Silva por todas as gargalhadas e alegrias.

A minha amiga-prima Elisa Vieira Queiroz, por toda a paciência e piração. Pelas nossas excelentes viagens juntas.

Ao meu orientador Carlos Soares por todo apoio, desde aceitar ser meu orientador até confiar nas minhas decisões.

A minha co-orientadora Ivana Baptista que sempre foi muito prestativa e carinhosa.

Ao pessoal do Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica, Wilson, Yoná e Adolfo por terem me ajudado com os experimentos do meu trabalho.

A todos meus orientadores de projetos e laboratórios que me ensinaram muito e sempre com muita paciência, Ana Claudia Rodrigues, Chirle Ferreira, Emily Dayana dos Santos, Demétrio Ribeiro, Edmundo Carlos de Moraes e Josiane Santos.

A Maria Elvira por toda sua dedicação e carinho.

A minha cadela Chloè que esbanja alegria e torna os meus dias mais felizes mesmo quando eles não estão tão bons assim.

A Deus por sempre estar ao meu lado, mesmo quando não estive certa da minha fé.

Aos meus amigos Pólens que sempre foram presentes em minha jornada.

E a todos os meus outros amigos que de alguma maneira fazem os meus dias mais alegres.

A UFSC e ao CCB pela minha formação e aos membros da banca por aceitarem o meu convite para avaliarem meu trabalho.

RESUMO

O crescimento desordenado e a falta de planejamento na gestão urbana da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis) têm acarretado consequências desastrosas nos seus ecossistemas como o que ocorre na Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi. O objetivo deste trabalho foi de realizar o monitoramento quantitativo e qualitativo desse recurso hídrico, utilizando-se a análise de parâmetros físico-químicos e biológicos para identificação de possíveis impactos ambientais. Para tanto, foram analisadas amostras de água de quatro sítios, nos rios Sertão e Itacorubi os quais são interligados e fazem parte da Bacia Hidrográfica do Itacorubi. Os parâmetros físico-químicos foram feitos de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e American Public Health Association (APHA, 2005). Os testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna* foram realizados segundo a NBR 12.713 (ABNT, 2003a). Os bioensaios com *Desmodesmus subspicatus* foram realizados de acordo com ISO 8692 (ISO, 2012). A quantificação dos metais foi feita pelo Laboratório de Espectrometria, do Departamento de Química da UFSC. A cromatografia está em andamento, porém com alguns resultados preliminares. Os resultados obtidos com os parâmetros físico-químicos analisados tanto na primeira quanto na segunda coleta, demonstram um valor mais elevado para amônia e para o fósforo e uma significativa alteração no número de coliformes fecais, o que indica contaminação por esgoto doméstico. Nos testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna*, na primeira coleta, as taxas de mortalidade observadas foram de 23% a 66%, para os diversos sítios sendo que apenas para o sítio do CEPON foi possível calcular a EC_{50} - 55,48%. Já na segunda coleta, não houve a mortalidade das Daphnias. As Daphnias expostas a amostras de água da primeira coleta apresentaram um número menor de filhotes e foram menores que as respectivas Daphnias da segunda coleta. Nos bioensaios com as algas observou-se uma taxa de crescimento 28% maior que no controle em todas as amostras da primeira coleta, o que indica tendência a eutrofização, porém na segunda coleta, não se observou essa mesma tendência. A concentração de metais detectadas em todos os sítios não caracteriza um quadro de poluição ambiental.

Palavras-chave: Monitoramento, Bacia do Rio Itacorubi, *Daphnia magna*, cromatografia, esgoto doméstico metais.

ABSTRACT

The disorderly growth and lack of urban planning in the island of Santa Catarina (Florianópolis) has entailed disastrous consequences in its Ecosystems which can be detected in the Itacorubi River Basin. The aim of this present study is to perform quantitative and qualitative monitoring of this water resource, using the physical-chemical and biological parameters to identify potential environmental impacts. Water samples from four different sites selected in the Itacorubi and Sertão rivers, which are all interconnected and belong to Itacorubi River Basin. The analyses of physical-chemical parameters were performed according to Standard Methods for the Water and Wastewater Examination and American Public Health Association (APHA, 2005). The acute toxicity of tests with *Daphnia magna* were carried out according to aNBR 12.713 (ABNT, 2003a). The biological analysis with *Desmodesmus subspicatus* were performed according to ISO of 8692 (ISO 2012). The quantification of metals was done on the Laboratório de Espectrometria, from the Department of Chemistry at UFSC. Chromatography analysis still in progress, but with some preliminary results. Results from physico-chemical parameters were analysed and can be seen that in both, first and second collection, demonstrate a high value for ammonia and phosphorus and a significant amount in the number of fecal coliforms were found. These findings indicate contamination from domestic sewage. The acute toxicity tests with *Daphnia magna* showed that the rate of death, on the first collection, were from 23% to 66%, in several sites, and only for the site CEPON was possible to calculate an EC_{50} - 55.48%. However in the second collection, there was no mortality of *Daphnia*. The *Daphnia* exposed to water samples from first collection, exhibited a reduced number of neonates and they were smaller than the *Daphnia*s from the second collection. In the biological analysis with algae it was observed a 28% higher growth rate than in the control samples, which indicates a trend of eutrophication, but in the second collection, it is not possible to observe this trend. The metal concentration that was found did not characterize an environmental pollution situation.

Keywords: Monitoring, River Basin Itacorubi, *Daphnia magna*, Chromatography, Sewage domestic, metals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa com a localização da Bacia Hidrográfica do Itacorubi. .	25
Figura 2	Mapa com a Localização dos sítios de coleta.....	26
Figura 3	Sítio de localização: Córrego Grande.	27
Figura 4	Sítio de localização: Morro da Lagoa.	27
Figura 5	Sítio de localização: Parque São Jorge.	28
Figura 6	Sítio de localização: CEPON.....	28
Figura 7	Concentração de fosfato da primeira coleta.	37
Figura 8	Concentração de fosfato da segunda coleta.....	38
Figura 9	Concentração de nitrito e nitrato da primeira coleta.	39
Figura 10	Concentração de nitrito e nitrato da segunda coleta.	39
Figura 11	Concentração de amônia da primeira coleta.	40
Figura 12	Concentração de amônia da segunda coleta.	40
Figura 13	<i>Daphnia magna</i> macho (A) e <i>Daphnia magna</i> fêmea (B)....	45
Figura 14	Curvatura do espinho apical (A) de daphnia exposta à amostras de água do CEPON; espinho apical normal (B) de uma daphnia controle (B).	45
Figura 15	Tamanho da daphnia (A) exposta a amostra de água do CEPON (adulto) em relação a daphnia do controle (adulto) (B).	46
Figura 16	Encurtamento do espinho apical de daphnia exposta à amostra de água do CEPON (A); espinho apical normal de daphnia controle (B).	46
Figura 17	Daphnias expostas à amostra de água do CEPON: má formação do tubo digestivo (a) e coloração diferenciada (B). <i>Daphnia magna</i> controle: tubo digestivo e coloração normal (C).	47
Figura 18	Taxa de crescimento das algas da primeira coleta.	49
Figura 19	Taxa de crescimento das algas da segunda coleta.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Limites determinados pela legislação 357/2005 do CONAMA, para Rios de Água Doce Classe 2	35
Tabela 2	Condutividade.....	36
Tabela 3	Concentração de fenóis totais da primeira coleta.	41
Tabela 4	Concentração de fenóis totais da segunda coleta.....	42
Tabela 5	Média dos testes de toxicidade aguda com amostra de água da primeira coleta do sítio do CEPON.	43
Tabela 6	Número de nascimentos em 21 dias no teste de toxicidade crônica dos sítios na primeira coleta, feitos em duplicatas (A e B).....	44
Tabela 7	Número de nascimentos em 21 dias no teste de toxicidade crônica dos sítios na segunda coleta	44
Tabela 8	Resultados dos testes dos coliformes.....	50
Tabela 9	Resultado dos testes dos metais.....	51
Tabela 10	63
Tabela 11	64
Tabela 12	TEST NUMBER: 1.....	67
Tabela 13	TEST NUMBER: 2.....	67
Tabela 14	TEST NUMBER: 3.....	68
Tabela 15	Teste de reprodução A da primeira coleta.....	71
Tabela 16	Teste de reprodução B da primeira coleta.....	72
Tabela 17	Teste de reprodução A da segunda coleta.....	72
Tabela 18	Teste de reprodução B da segunda coleta.....	73
Tabela 19	77
Tabela 20	Meio Básico.....	78
Tabela 21	Meio M4 (M4 - Medium).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAP	Aminoantipirina
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
CCB	Centro de Ciências Biológicas
CEPON	Centro de Pesquisas Oncológicas
CETESB	Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Controle de Poluição das Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DCM	Diclorometano
DMTBE	Dimetiterbutileter
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ONU	Organização das Nações Unidas
UDESC	Univerisdade Estadual de Santa Catarina
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	23
2.1	OBJETIVO GERAL	23
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3	METODOLOGIA	25
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS	26
3.3	COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA	28
3.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	29
3.5	TESTES DE TOXICIDADE E MICROBIOLÓGICA	29
3.5.1	TESTE DE TOXICIDADE AGUDA COM <i>Daphnia magna</i> ..	29
3.5.2	TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM <i>Daphnia magna</i>	31
3.5.3	ENSAIO TOXICOLÓGICO COM <i>Desmodesmus subspicatus</i>	31
3.5.4	CONTAGEM DE COLIFORMES	33
3.6	DETERMINAÇÃO DE METAIS	33
3.7	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CROMATOGRÁFICA GASOSA	33
3.7.1	ANÁLISE CROMATOGRÁFICA PROPRIAMENTE DITA	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	35
4.1.1	SALINIDADE	36
4.1.2	CONDUTIVIDADE	36
4.1.3	FOSFATO	37
4.1.4	NITRITO, NITRATO E AMÔNIA	39
4.1.5	FENÓIS TOTAIS	41
4.2	TESTES DE TOXICIDADE COM BIOINDICADORES	43
4.2.1	BIOENSAIO COM <i>Daphnia magna</i>	43
4.2.1.1	TESTES DE TOXICIDADE AGUDA COM <i>Daphnia magna</i> ..	43
4.2.1.2	TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM <i>Daphnia magna</i> ..	44
4.2.2	BIOENSAIO COM <i>Desmodesmus subspicatus</i>	49
4.3	COLIFORMES	50
4.4	METAIS	51
4.4.1	ALUMÍNIO	51
4.4.2	CÁDMIO	52
4.4.3	CHUMBO	52
4.4.4	CROMO	52
4.5	CROMATOGRAFIA	53

5	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXO A – Testes de sensibilidade com Dicromato de Potássio	63
	ANEXO B – Teste de toxicidade aguda com amostra de água do CEPON (1ª coleta)	67
	ANEXO C – Testes de reprodução	71
	ANEXO D – Meios de cultivo de <i>Desmodesmus subspicatus</i> e de <i>Daphnia magna</i>	77

1 INTRODUÇÃO

“A água potável limpa, segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Mas a qualidade da água em todo o mundo é cada vez mais ameaçada à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global” (UN-Water Statement on Water Quality World Water Day, 2010).

Os cursos hídricos sempre foram fundamentais para o desenvolvimento das atividades humanas. Sua importância reflete-se nos diversos usos, que vão desde o abastecimento para consumo humano até o lazer.

Porém, com o desenvolvimento das atividades humanas, qualquer curso d'água está sujeito a sofrer alterações que podem comprometer sua qualidade, como por exemplo, o despejo de efluentes sem tratamento, limitando o potencial de uso. Por isso, torna-se importante o monitoramento da qualidade da água, a fim de que possam ser atendidos os requisitos estabelecidos e garantir seus usos previstos (Taki Filho & Santos, 2009).

Segundo a ONU, em 2010, no mundo, em um ano são despejados esgoto doméstico, industrial e agrícola, em rios, lagos e estuários, o equivalente ao peso de toda a população humana. E a mortalidade por consumo de água imprópria é maior do que todas as formas de violência, incluindo guerras.

A contaminação da água destrói e enfraquece os ecossistemas, que são muito importantes para a manutenção da vida dos seres humanos, tanto pela produção de alimentos, como para a manutenção da biodiversidade no planeta. (UN-Water Statement on Water Quality World Water Day, 2010).

Segundo estimativas, cerca de 80% da população brasileira vive em áreas urbanizadas, com um grande aglomerado especialmente nas principais cidades brasileiras e áreas periféricas, o que causa prejuízos ambientais irreparáveis (Cristo, 2002).

De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas para o Desenvolvimento dos Recursos (2015), muitas cidades em países em desenvolvimento, não tem a infraestrutura necessária para coletar e tratar o seu esgoto. Nesse trabalho, isso pode ser claramente visto e evidenciado no local de estudo, Florianópolis- SC.

Como mostrado em Cristo,(2002), a expansão urbana em Florianópolis, assim como em outras cidades brasileiras, apresenta ocupações de forma desordenada, onde a área sofre grandes mudanças espaciais e degradação ambiental, áreas periféricas são de interesses especulativos e imobiliários mesmo que esses locais não sejam próprios a esta finalidade.

O uso do solo para ocupação residencial em locais com restrições naturais pode gerar instabilidade ambiental e colocar em risco a população que ali se instalam. Florianópolis com suas características e sua grande ocupação desordenada, é muito suscetível a riscos naturais (Cristo, 2002).

Ainda sobre o crescimento de Florianópolis, pode-se destacar que esse aumento ocorreu a partir dos anos 60, quando foi implantada a BR-101 que atravessou Biguaçu, Palhoça e São José, propiciando a abertura de loteamentos perpendiculares a BR, maior circulação de mercadorias e expansão do comércio local. (Herrmann, 1989)

A partir de 1960, foi notável o crescimento das cidades da grande Florianópolis, elevando-se de 115.338 habitantes em 1960 para 333.988 em 1991. Em porcentagem, tivemos um aumento de 189,44%, tendo Florianópolis participado com o maior número de habitantes (Herrmann, 1989). Ainda segundo a autora, o crescimento urbano em Florianópolis possui características físicas limitantes, fazendo que a sua expansão avance áreas de encostas acentuadas, orlas de praias, lagoas, baías, dunas e manguezal.

As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, gerando transformações na qualidade da paisagem, degradação ambiental, ocupação irregular e falta de planejamento na gestão urbana (Cardoso *et al.*, 2008).

Essa transformação pode ser observada na Bacia do Itacorubi. Na década de 60 com a fundação da UFSC, na Trindade, da Eletrosul, no Pantanal e da UDESC e da CELESC, esses bairro e bairros próximos a eles começaram a se desenvolver. Assim, foram surgindo novos aglomerados urbanos, como o Córrego Grande e o Santa Mônica (Cristo, 2002). Na década de 80 surgem conjuntos habitacionais e prédios residenciais, o que faz aumentar a densidade demográfica, que é crescente até os dias de hoje (Bueno, 2000).

Com o aumento demográfico, aumentou a quantidade de esgoto, que muitas vezes não são conectados ao sistema de tratamento e são despejados diretamente nos córregos, rios e mares próximos as residências. Nesse esgoto podemos encontrar além de compostos fosfatados, nitrito, nitrato e amônia, e também fármacos. Segundo Pomati *et al.*, os sistemas de tratamento de esgoto, não são suficientes para a remoção desses fármacos dos corpos hídricos.

Os fármacos são amplamente consumidos e, de uma maneira geral, o seu princípio ativo atua em um respectivo tecido alvo, mas parte dele é transformada e excretada, ou na urina, se hidrossolúvel, ou junto com as fezes e bile, se lipossolúvel. Muitas vezes, a maior parte da dose ingerida dos medicamentos é excretada pela urina quase sem modificações, e, portanto, podem ser encontrados em esgotos e resíduos domésticos gerados. Muitos desses fármacos não são removidos nos processos convencionais de tratamento de

esgoto (Souza, 2013 e Waiser *et al*, 2010), e segundo Fent *et al*, isso torna os fármacos potenciais causadores de mudança na fauna e na flora.

Nos últimos anos, a quantidade de fármacos dectadas na água, cresceu, pois o seu uso está ficando mais frequente na medicina e na medicina veterinária (Fent *et al*, 2006), mesmo assim, segundo Winter *et al*, geralmente esses fármacos são encontrados em baixas concentrações nos ambientes aquáticos. Mas segundo Weiser, mesmo essas quantidades sendo pequenas, a quantidade de fármacos na água cresce mais que a capacidade do corpo hídrico tem de biotransformar o fármaco.

Segundo Waiser *et al*, os corpos hídricos que recebem esses fármacos merecem atenção, pois os fármacos precisam de tempo para agir, não são degradados facilmente e podem atuar de forma deletéria, normalmente em baixas concentrações, e estas podem ser similares em humanos, plantas e outros animais. A interação dos mesmos com esses outros organismos que não são o alvo do tratamento e normalmente são muito menores em tamanho que os seres humanos, mesmo em doses baixas, poderão provocar sérios efeitos toxicológicos. E, segundo Pomati *et al*, vários organismos em diferentes estágios de desenvolvimento podem ser afetados. Os efeitos deletérios potenciais podem ser avaliados através de testes de toxicidade usando os mais variados organismos teste.

Um problema que deve ser levado em consideração nos ensaios toxicológicos é que eles normalmente se baseiam em exposições agudas, que muitas vezes não demonstram a presença desses produtos farmacêuticos. Porém, a exposição crônica, que é o que vem acontecendo nos ambientes naturais, mesmo em baixas concentrações, pode acarretar problemas drásticos e/ou mudanças inesperadas no ecossistema (Weiser *et al*, 2010 e Fent, 2006).

Segundo Baptista (2007), os testes ecotoxicológicos tem sido imprescindíveis para avaliar danos à biota, pois mesmo os poluentes em baixas concentrações podem ser danosos e muitas vezes esses danos não conseguem ser avaliados em métodos tradicionais, como por exemplo, os parâmetros físico-químicos.

Segundo Tyagi *et al*, já existem muitos estudos sobre o efeito da toxicidade em peixes, mas pouco se estudo sobre o os efeitos dessa toxicidade no plâncton. Ainda segundo esse autor, a ordem dos Cladoceras, que são basicamente os pequenos e microcrustáceos, são de grande importância para estudo, pois tem um papel fundamental na cadeia alimentar de ecossistemas aquáticos.

As daphnias são organismos que se reproduzem rapidamente, são facilmente aclimatadas em laboratórios, são sensíveis a substâncias tóxicas e podem ser cultivadas em espaços pequenos (APHA, 2005).

O uso da *Daphnia magna* para testes de toxicidade já são padronizados

e reconhecidos internacionalmente por associações de normatização como ABNT, APHA, ISO e Agências de Proteção Ambiental, tais como EPA e Environment Canada.

Segundo Knie e Lopes (2004) a alga *Desmodesmus subspicatus* é uma alga verde, que no meio ambiente é encontrada de forma agregada, com 5 ou 6 células, já em laboratórios, se apresenta normalmente de forma unicelular. Essa alga é muito utilizada nos testes de toxicidade, pois ela cresce rapidamente e é de fácil manutenção em laboratórios.

Assim como as daphnias, o uso das algas *Desmodesmus subspicatus* em ensaios ecotoxicológicos, também são padronizadas e reconhecidas internacionalmente por associações de normatização.

Nesse contexto, o uso desses organismos-teste no presente estudo mostra-se muito interessante.

Os metais podem ser introduzidos no meio ambiente de diversas formas, através da indústria, agricultura e lançamento de esgoto e rejeitos de mineração (CETESB, 2014).

A agricultura é uma das mais importantes fontes de poluição por metais em corpos d'água, devido ao uso de defensivos agrícolas e fertilizantes (CETESB, 2014).

Atividades industriais contribuem com produtos químicos tóxicos e persistentes, como metais (Pb e Hg), e compostos orgânicos perigosos como dioxinas e bifenilas policloradas (PCBs) (Queiroz, 2006). As atividades agrícolas através da introdução de pesticidas e fertilizantes causam danos à biota, como também a qualidade d'água.

Os metais lançados no solo, a partir da agricultura, são carregados para os cursos hídricos, pelo escoamento de águas superficiais provenientes das chuvas, permanecendo no meio aquático por apresentar forma livre ou iônica. (Queiroz, 2006; Vinodhini, 2008).

A maior parte dos organismos precisa de metais em doses muito pequenas, pequenas suficientes para chamarmos de micronutrientes (zinco, magnésico, cobalto e ferro) e quando aumentam as suas concentrações, podem ser tóxicos aos seres humanos (Paula, 2006).

O chumbo, mercúrio, cádmio, cromo e arsênio, não existem naturalmente em nenhum organismo e não desempenham nenhuma função nutricional ou bioquímica em qualquer organismo (Paula, 2006).

Nesse contexto, este trabalho, mensurou a quantidade de alguns metais para possíveis interpretações de fontes de poluentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Monitorar de modo quantitativo qualitativo de quatro corpos hídricos em Florianópolis - SC, utilizando-se a análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, juntamente com a identificação da presença de fármacos e metais para a identificação de possíveis impactos ambientais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análises de parâmetros físico-químicos, tais como: nitrito, nitrato, amônia, fenóis totais e fosfato, utilizando amostras de água dos sítios selecionados em duas diferentes épocas do ano;
- Realizar testes de toxicidade com as respectivas amostras de água utilizando uma espécie de microalga (*Desmodesmus subspicatus*) e uma espécie de microcrustáceo (*Daphnia magna*);
- Realizar a contagem de coliformes totais, coliformes fecais e salmonela;
- Quantificar a concentração de alumínio, cádmio, chumbo e cromo presentes nas amostras de água;
- Realizar análises cromatográficas preliminares visando identificar a possível presença de poluentes com origem em resíduos domésticos.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Itacorubi localiza-se na parte insular de Florianópolis (Figura 1), uma local com alto índice de urbanização (Cristo, 2002), fazem parte dessa bacia os bairros Jardim Anchieta, Santa Mônica, Parque São Jorge, Itacorubi, Trindade e Córrego Grande, esse último com as principais nascentes da bacia segundo Cristo. São locais com intensa urbanização, comércio e alguns serviços administrativos, como a CELESC, UDESC, UFSC, CEPON e EPAGRI.

Figura 1 – Mapa com a localização da Bacia Hidrográfica do Itacorubi.



Fonte: Google maps, 2015.

Segundo Filho (2008), de acordo com a classificação de Kopën o clima dessa região é subtropical, úmido com chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

Ainda segundo o mesmo autor, a cobertura vegetal dessa bacia é de 15 km², com a predominância de vegetação secundária. Na parte da planície podemos encontrar vegetação característica de manguezal (Manguezal do Ita-

corubi, que é uma área de preservação permanente), que cobre 1,42 km² dessa bacia. Segundo Cristo (2002), existe uma variação de altitude de quase 500 metros devido à elevação do Morro da Lagoa.

Dentro dessa bacia foram escolhidos quatro pontos de coleta. Um ponto no bairro Córrego Grande, outro na descida do Morro da Lagoa, outro no Parque São Jorge e outro no Itacorubi, em frente ao CEPON, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Mapa com a Localização dos sítios de coleta.



Fonte: Google maps, 2015.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS

Córrego Grande - Esse sítio de coleta está localizado próximo à Rua João Pio Duarte Silva, na altura dos números 1370-1372, no bairro Córrego Grande, situado na latitude 27°36'03.1"S e longitude 48°30'03.2"W. Esse local é altamente urbanizado, a mata ciliar não está preservada, muito lixo nas margens do rio, água com cheiro forte de esgoto.

Figura 3 – Sítio de localização: Córrego Grande.



Fonte: Acervo pessoal 2015.

Morro da Lagoa - Este sítio de coleta está localizado próximo à Rodovia Admar Gonzaga, na altura dos números 3235-3275, no bairro Itacorubi, situado na latitude $27^{\circ}35'44.8''S$ e na longitude $48^{\circ}29'29.9''W$. Esse local tem pouca urbanização, as matas ciliares são preservadas, e há presença de algum lixo na margens.

Figura 4 – Sítio de localização: Morro da Lagoa.



Fonte: Acervo pessoal 2015.

Parque São Jorge - Este sítio de coleta está localizado próximo à Rua Itapiranga, na altura do número 15, no bairro Itacorubi. situado na latitude $27^{\circ}35'28.4''S$ e na longitude $48^{\circ}30'06.0''W$. Esse local é altamente urbanizado, com uma margem com a mata ciliar preservada e a outra não.

CEPON - Este sítio de coleta está localizado próximo à Rodovia Admar Gonzaga, na altura dos números 658-704, no bairro Itacorubi, situado na latitude $27^{\circ}34'41.7''S$ e na longitude $48^{\circ}30'32.9''W$. Esse local é altamente urbanizado, com o hospital oncológico em frente, a mata ciliar está parcialmente preservada, muito lixo nas margens, cheiro muito forte de esgoto. Na

Figura 5 – Sítio de localização: Parque São Jorge.



Fonte: Acervo pessoal 2015.

primeira coleta a água estava com uma cor azulada.

Figura 6 – Sítio de localização: CEPON.



Fonte: Acervo pessoal 2015.

Todos esses sítios de coletas são parte da Bacia do Rio Itacorubi e são conectados, deságuam na Baía Norte de Florianópolis, no Manguezal do Itacorubi. Os sítios Córrego Grande e o Parque São Jorge são o mesmo rio, Rio Itacorubi, que em fluxo normal, a correnteza flui do sítio Córrego Grande para o sítio Parque São Jorge.

3.3 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram analisadas amostras de água de 4 sítios diferentes, nos rios Itacorubi e Sertão, ambos fazem parte da Bacia Hidrográfica do Itacorubi.

Duas coletas foram feitas, uma no dia 27 de março de 2015 e outra

no dia 1º de setembro de 2015. Para fazermos as coletas, a tábua de marés foi previamente consultada para coletarmos no horário da maré mais baixa, para assim não ter influência da salinidade nas amostras. Com o uso de um Refratômetro Portátil (salinidade), modelo RTS-28 - 03159 da marca Instrutherm, foi feita a medição e o resultado sempre foi de 0‰ de salinidade.

A primeira coleta foi realizada no dia 27 de março de 2015, demorou aproximadamente 1 hora e 30 minutos, o dia estava nublado, com um pouco de chuva, mas durante a madrugada teve uma forte chuva.

A segunda coleta foi realizada no dia 1º de setembro de 2015, demorou aproximadamente 1 hora e 30 minutos, o dia estava com sol entre nuvens, não estava chovendo, mas havia chovido bastante nos dias e noites anteriores.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica do CCB da UFSC e ficaram armazenadas na geladeira com temperatura constante de 4°C e posteriormente todas as análises foram feitas nesse mesmo local.

A condutividade foi medida no local com o condutivímetro, modelo CD-860, da marca Instrutherm.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises dos parâmetros físico-químicos foram feitas seguindo a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e American Public Health Association (APHA, 2005), todas em duplicatas, para cálculo dos resultados, foi feito a média entre os resultados obtidos. Foram analisados os parâmetros: amônia, nitrato, nitrito, fosfato e fenóis totais (pelo método da aminoantipirina e Folin).

3.5 TESTES DE TOXICIDADE E MICROBIOLÓGICA

3.5.1 TESTE DE TOXICIDADE AGUDA COM *Daphnia magna*

O teste de toxicidade aguda foi realizado de acordo com o protocolo OECD 202 (2004). O método de ensaio consistiu na exposição de 15 indivíduos. Apenas acrescentar o 15 antes de indivíduos jovens (2 a 24 horas de vida) do organismo-teste (*Daphnia magna*) por um período de 24h a 48h a diferentes diluições (6.25%, 12.5%, 25%, 50%, 100%) das amostras de água em estudo.

Os resultados obtidos dos testes de toxicidade aguda e nos testes com a substância de referência (dicromato de potássio) foram utilizados no cálculo

das CE_{50} . A concentração efetiva média (CE_{50}) que provocou efeito agudo em 50% dos organismos no período de teste foram estimadas com o programa estatístico Trimmed Spearman - Karber (HAMILTON et al., 1977).

Todos os procedimentos relativos ao cultivo dos organismos e a sua manipulação refletem na sua sensibilidade, cuja estabilidade é essencial para a confiabilidade dos resultados dos testes.

O resultado de um ensaio de toxicidade é considerado aceitável se a sensibilidade do organismo teste à substância de referência estiver dentro dos limites estabelecidos pela carta-controle, obtida pela média da CIP ou CE_{50} de um determinado número de ensaios ± 2 desvios padrão (ABNT, 2009).

Para a *Daphnia magna* a norma ISO 6341 recomenda dicromato de potássio como substância de referência, sendo os valores limites de sensibilidade na faixa de 0,6 a 1,7 $mg.L^{-1}$ de CE_{50} em 24 horas e 0,6 a 0,7 $mg.L^{-1}$ de CE_{50} em 48 horas (KNIE; LOPES, 2004).

Nos testes de sensibilidade com *Daphnia magna* foi utilizado dicromato de potássio reagente comercial como substância de referência com pureza de 99,9% ou superior e dentro da validade.

Os organismos foram expostos a concentrações crescentes do dicromato de potássio (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 $mg.L^{-1}$), em duas réplicas de cada concentração, a fim de obter o valor de CE_{50} . As diluições foram preparadas a partir da adição de volumes conhecidos de uma solução-estoque de 10 $mg.L^{-1}$.

Os testes com dicromato de potássio foram realizados uma semana antes dos ensaios de toxicidade aguda e crônica com as amostras de água.

A faixa aceitável de CE (I) 50, para o dicromato de potássio, deve estar entre 0,6 a 1,7 mg/L . O valor médio obtido de CE (I) 50 para os testes de sensibilidade (24 horas) foi de 1,05 mg/L , portanto, os resultados das CE (I) 50 dos testes de sensibilidade apresentaram-se dentro da faixa aceitável para o dicromato de potássio.

Os espécimes de *Daphnia magna* foram cultivados em ambientes com luminosidade em torno de 1000 lux, fotoperíodo de 12 h regulados com timer, temperatura da câmara termostática ficou na faixa de 18 a 22°C. O meio de cultivo encontra-se no anexo D.

De acordo com a ISO 6341 as daphnias cultivadas no Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (CCB/UFC) estavam aptas para serem utilizadas nos testes de toxicidade (aguda e crônica) com as amostras de água.

Os resultados para esse teste podem ser encontrados no anexo A desse trabalho.

3.5.2 TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM *Daphnia magna*

O microcrustáceo *Daphnia magna*, cladóceros de águas continentais, constitui importante ferramenta em estudos de avaliação ambiental (Gillis *et al.*, 2005), por ser de fácil cultivo, rápido crescimento e fornecer respostas importantes em curto período de exposição.

Os testes de reprodução foram realizados segundo a norma OECD211 (2012). Os ensaios crônicos com *Daphnia magna* são realizados em um período de 21 dias, com fluxo semi-estático, visando uma avaliação geral do desempenho reprodutivo das fêmeas, como um indicativo de contaminação ambiental, cobrindo todo o ciclo do organismo.

O método consistiu na exposição dos organismos jovens (menos de 24h de vida) da espécie *Daphnia magna*, obtidos a partir da quarta postura de fêmeas cultivadas (para cada ensaio utilizou-se filhotes de uma *Daphnia magna*), as amostras de água em estudo, por um período de 21 dias.

Foram acrescentados os meios nutritivos de cultivo das daphnias as amostras de água, para garantir a sobrevivência dos organismos durante os 21 dias dos experimentos. Apenas as amostras de água do CEPON (1ª coleta) foi diluída a uma concentração que garantisse a sobrevivência do organismo durante os experimentos.

Os organismos foram alimentados com algas *Desmodesmus subspicatus*, aproximadamente $106 \text{ células.ml}^{-1}$ por organismo adulto, diariamente, ou com intervalo de no máximo dois dias consecutivos.

Os parâmetros analisados durante o teste crônico tiveram como objetivo avaliar os efeitos das diferentes amostras de água sobre as daphnias, dois parâmetros foram analisados na execução do teste: fecundidade da daphnia-mãe e morfologia dos filhotes.

A fecundidade foi avaliada pela contagem dos neonatos gerados pelas daphnias-mãe no período de 21 dias. Utilizou-se como parâmetro a média dos filhotes gerados por fêmea, considerando-se o número de posturas ao longo dos 21 dias de duração dos testes.

A ocorrência de alterações morfológicas nos organismos foi um parâmetro de caráter qualitativo, sendo este avaliado ao final dos 21 dias dos testes, através de visualizações ao microscópio óptico e lupa.

3.5.3 ENSAIO TOXICOLÓGICO COM *Desmodesmus subspicatus*

Os bioensaios com *Desmodesmus subspicatus* foram realizados de acordo com OECD 201/1984, ISO 8692 (ISO, 2012) em duplicata, para a obtenção dos resultados, foram utilizadas as médias.

Para o teste utiliza-se a alga clorofícea *Desmodesmus subspicatus*, organismo produtor primário, existente em águas doces. O método é aplicado para determinação de efeitos algistáticos em amostras ambientais e/ou produtos químicos.

A base de avaliação para este teste é a comparação da multiplicação das células da alga em soluções-teste nas condições de ensaio com aquelas de controle, que não contém a amostra a ser testada. Isso pressupõe que o teste seja iniciado com um determinado número de algas e que após seu término seja feita nova medida. Para obtenção do resultado observa-se o crescimento através da contagem celular, por espectrometria, a 720 nm, medindo-se a porcentagem da transmitância.

O inóculo do ensaio requer uma concentração inicial de células de aproximadamente 105 células por milímetro. As amostras foram encubadas por 72h, a temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, e iluminação constante de 2000 lux e agitação contínua por aeradores.

A preparação do meio de cultivo para as algas, pode ser encontrada no anexo D deste documento.

Medida da transmitância: 1 ml foi colocado na cubeta de quartzo em espectrofotômetro digital UV-VIS, em comprimento de onda de 720 nm para leitura óptica. Para cada amostra foi feito um respectivo branco, com o objetivo de zerar o aparelho.

Taxa de crescimento algal (TCA): o valor da transmitância inicial (T_0) foi subtraído dos valores das transmitâncias obtidas em 24h, 48h e 72h, obtendo-se o valor da taxa de crescimento da massa algal, nas diferentes amostras testadas.

$$\text{Taxa de crescimento} = \frac{NT - N_0}{TN}$$

Onde:

- NT = Concentração de células no tempo de crescimento
- N_0 = Concentração de células inicial
- TN = Tempo decorrido

3.5.4 CONTAGEM DE COLIFORMES

A contagem de coliforme fecais, coliformes totais e salmonela foi feita com o auxílio da cartela Colipaper que contém um meio de cultura em forma de gel desidratado. As respectivas cartelas são imersas no próprio curso hídrico que se quer analisar e em seguida, as cartelas são colocadas em estufas a 37°C por 15 horas. Após esse período as respectivas manchas produzidas pelas colônias de microrganismos, especificamente coliformes totais, coliformes fecais e salmonela, são diferenciadas pela cor. Essas manchas são contadas para saber o número total de organismos, de acordo com as especificações dadas pelo fornecedor.

3.6 DETERMINAÇÃO DE METAIS

Para determinação dos metais, foram coletadas as amostras no dia 23 de novembro de 2015, às 19:45, horário da maré baixa, mantidas sob refrigeração.

As amostras foram levadas para o laboratório de Espectrometria Atômica, do Departamento de Química, da UFSC, sob responsabilidade do Técnico Jairo Bez Fontana e os resultados foram entregues no dia seguinte, dia 24 de novembro de 2015.

Para a análise, as amostras foram filtradas e acidificadas quando chegaram ao laboratório para posteriormente serem analisadas. Para análise foi utilizado o equipamento utilizado foi o Espectrômetro de Massa com fonte de Plasma Indutivamente Acoplado ICP-MS, marca Perkin Elmer, modelo NexION 300 D, Shelton, USA.

3.7 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA CROMATOGRÁFIA GASOSA

Amostras de água coletadas foram extraídas com solventes, dimetil-tertbutileter (DMTBE) e diclorometano (DCM). Três amostras de 30 ml de água foram respectivamente extraídas com 30 ml de solvente em funil de separação e agitado manualmente por 5 minutos, para extração. Após a separação das duas fases, a fase orgânica foi separada e concentrada sob vácuo para 1 ml. 200 μL do extrato obtido foi colocado em frasco de vidro. O resíduo obtido após evaporação foi tratado com BSFA e colocado em estufa por 1h a 70°C. A solução resultante foi redissolvida em 500 μL de acetonitrila e então submetida à análise cromatográfica. Adicionalmente, outro protocolo de extração foi utilizado, onde 1L de amostra de água, respecti-

vamente, foi filtrado e então passado através de um cartucho para extração tipo SPE, sob vácuo. O cartucho SPE utilizado foi HLB, 1g, marca Waters, Co, USA. em seguida, os cartuchos foram extraídos com 20 ml de solvente, seqüencialmente, com DMTE e metanol.

3.7.1 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA PROPRIAMENTE DITA

As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa usando um cromatógrafo marca DANI equipado com um espectrômetro de massa. As condições de análise foram: gás de arraste hélio, fluxo de 0,8 ml por minuto, injetor a 300°C e detector a 250°C. A programação de temperatura na coluna foi: 50°C por 1 minuto, 50°C a 300°C, com taxa de 20°C/minuto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos das análises físico-químicas e testes de toxicidade.

Para análise e discussão dos resultados, utilizamos os valores determinados pela legislação 357/2005 do CONAMA para Rios de Água Doce Classe 2, que possuem os seguintes limites:

Tabela 1 – Limites determinados pela legislação 357/2005 do CONAMA, para Rios de Água Doce Classe 2

Parâmetros	Valor máximo
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Cádmio Total	0,001 mg/L Cd
Chumbo Total	0,01 mg/L Pb
Cromo Total	0,05 mg/L Cr
Fósforo Total	0,1 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal	3,7 mg/l N
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/l C ₆ H ₅ OH

Fonte: Criado pela Autora.

4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Todos os rios desse estudo possuem uma ligação e deságuam no mesmo local, no manguezal do Itacorubi. Mas os sítios do Córrego Grande e o sítio do Parque São Jorge têm uma relação particular. Eles são conectados diretamente e em condições normais, a correnteza flui do sítio do Córrego Grande para o sítio do Parque São Jorge.

Da primeira para a segunda coleta, podemos observar que houve uma queda nos valores dos parâmetros físico-químicos, com exceção do nitrito e do nitrato, no sítio do Parque São Jorge e um aumento, com exceção dos fenóis, no sítio do Córrego Grande. E esse aumento no Córrego foi muito elevado, para alguns parâmetros chegou a aumentar cinco vezes. Uma possível explicação para esse fato não é simples.

Acredita-se que isso tenha ocorrido por dois fatores, o primeiro deles

é a intensidade das chuvas, diferente nos dois períodos, que levanta os sedimentos do fundo e também carrega materiais que estão nas margens para dentro do rio. Isso pode contribuir para o aumento dos parâmetros nos dois sítios.

O outro fator que pode ser citado é o desassoreamento que foi feito pela prefeitura ao redor do sítio do Parque São Jorge. O desassoreamento alargou e afundou o rio Itacorubi, fazendo com que a maré pudesse mais facilmente entrar e sair, arrastando assim o que estava no sítio do Parque São Jorge para o mar e vice e versa. Esse aumento na entrada e saída da maré fez com que a correnteza tivesse uma alteração, no horário de maré cheia. Ela não desce com a mesma vazão que descia antes, talvez, fazendo com que os rejeitos fiquem retidos por mais tempo no sítio do Córrego Grande.

4.1.1 SALINIDADE

A salinidade está relacionada com a concentração de sais dissolvidos e sofre influência da maré na região próxima da foz. Em todas as amostras, a salinidade estava em 0%, isso porque consultamos a tábua de marés para coletarmos quando ela estivesse baixa, pois assim a salinidade não interfere nos parâmetros físicos-químicos e nem no uso do microcrustáceo de água doce, *Daphnia magna* e da alga de água doce, *Desmodesmus subspicatus* nos ensaios ecotoxicológicos. Porém em condições de maré cheia, chegamos a detectar salinidade na ordem de 7% no sítio do Parque São Jorge.

4.1.2 CONDUTIVIDADE

Tabela 2 – Condutividade.

Ponto de Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta
Morro da Lagoa	0,075	0,150
Córrego Grande	0,139	0,260
Parque São Jorge	0,601	0,320
CEPON	0,367	0,590

Fonte: Criado pela Autora.

Condutividade é a capacidade que a água tem para conduzir corrente elétrica. A condutividade depende de concentrações iônicas, temperatura e a quantidade de sais existentes em uma coluna de água, sendo assim, isso

representa uma medida indireta da concentração de poluentes em um corpo hídrico (CETESB, 2014).

Quanto maior a condutividade, maior a quantidade de sólidos dissolvidos naquele corpo hídrico. Altos valores para esse parâmetro podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2014).

A condutividade pode ter uma relação com a salinidade, e é influenciada pela precipitação (Esteves, 1998).

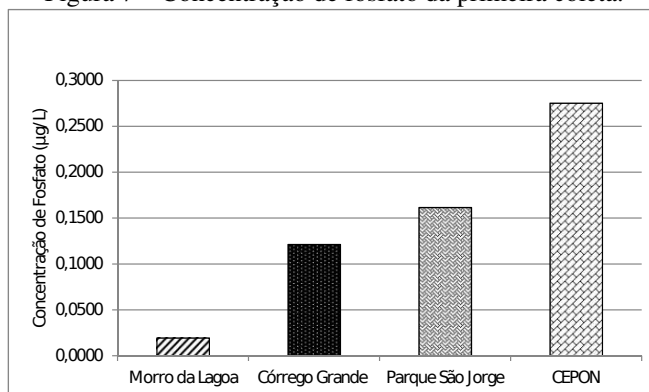
Para Esteves, a chuva é o principal agente regulador dos cursos de água, por isso é esperado que ela também seja uma variável importante a ser considerada em estudos envolvendo a qualidade da água de rios.

No caso dos corpos hídricos desse trabalho, a condutividade está indicando a presença de poluentes na água. Comparando-se as duas coletas, março e setembro, assim como a maioria dos outros parâmetros, a condutividade também aumentou, acredita-se que o aumento na condutividade se deve a precipitação da chuva.

Esse aumento da condutividade pela precipitação se deve principalmente ao arraste de materiais que estão nas margens para dentro dos corpos hídricos.

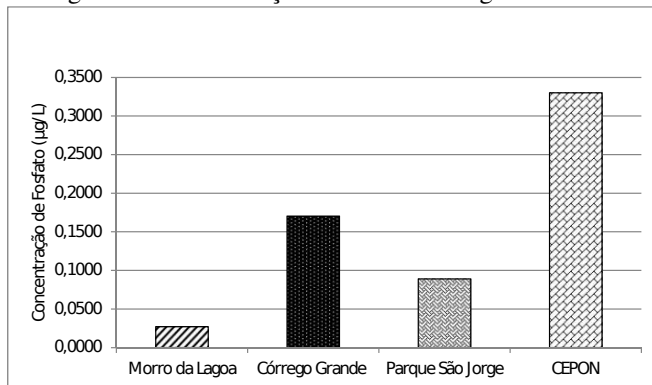
4.1.3 FOSFATO

Figura 7 – Concentração de fosfato da primeira coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

Figura 8 – Concentração de fosfato da segunda coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

O fósforo, na forma de fosfatos, aparece em corpos hídricos, em regiões urbanas, devido principalmente às descargas de esgoto sanitário. Os detergentes superfosfatados e desinfetantes empregados em larga escala em residências constituem a principal fonte desse composto. Alguns efluentes industriais apresentam fósforo em quantidades excessivas (CETESB, 2014). Mas no caso dos corpos hídricos desse trabalho, a contaminação é por esgoto doméstico e não por indústrias.

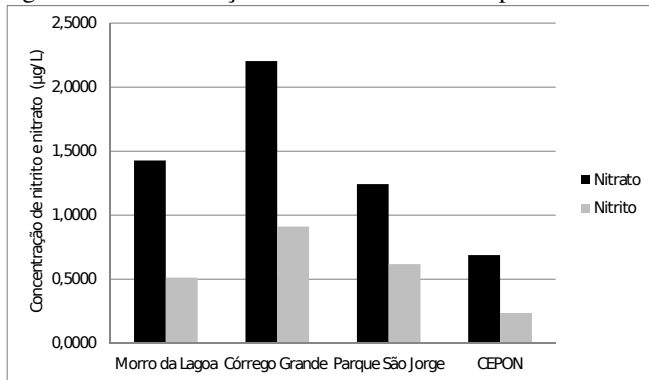
O fósforo é apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial da água. Junto com o nitrogênio aumentam as concentrações de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, decorrendo no aumento da biomassa local (CETESB, 2014).

Comparando-se as duas coletas, março e setembro, as concentrações de fosfato, com exceção do sítio do Parque São Jorge, aumentaram. O sítio do Córrego Grande foi o que teve o maior aumento. Em ambas as coletas o sítio do CEPON com a concentração mais elevada e o sítio do Morro da Lagoa a menos elevada.

Segundo a legislação vigente, 357/2005 do CONAMA, na primeira coleta, apenas o sítio do Morro da Lagoa está dentro do padrão e na segunda coleta os sítios Morro da Lagoa e Parque São Jorge.

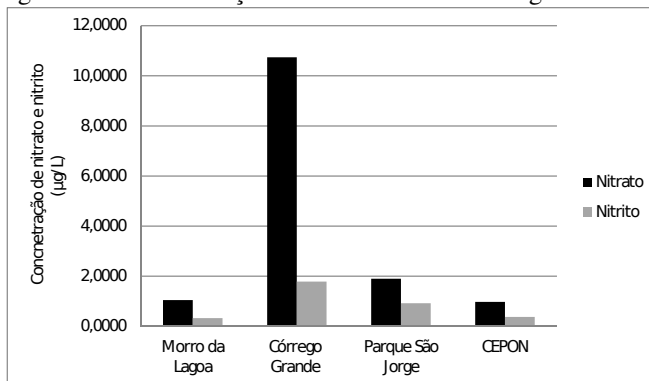
4.1.4 NITRITO, NITRATO E AMÔNIA

Figura 9 – Concentração de nitrito e nitrato da primeira coleta.



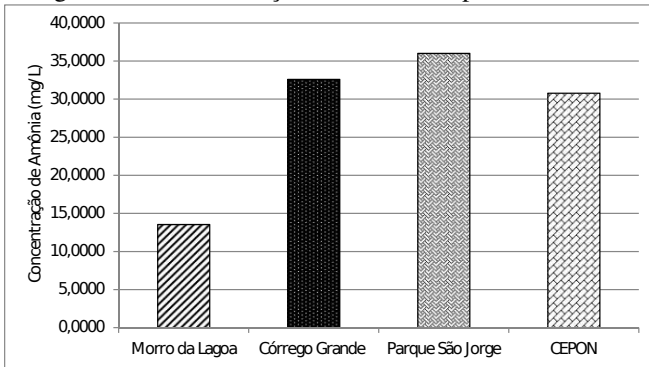
Fonte: Criado pela Autora.

Figura 10 – Concentração de nitrito e nitrato da segunda coleta.



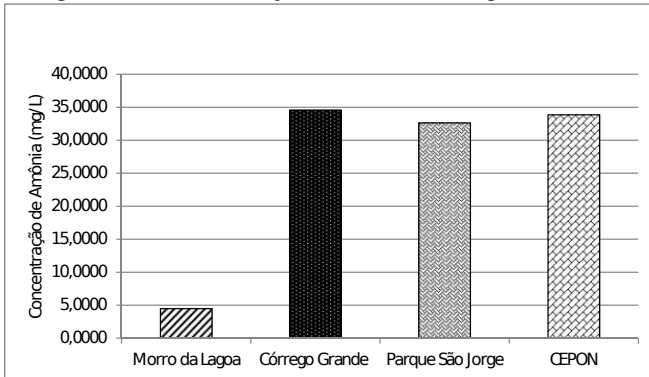
Fonte: Criado pela Autora.

Figura 11 – Concentração de amônia da primeira coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

Figura 12 – Concentração de amônia da segunda coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

O nitrogênio, nas suas diversas formas, nas águas naturais é proveniente de diversas fontes. Os esgotos sanitários, normalmente, constituem a principal fonte em regiões urbanas. A atmosfera é outra fonte, pois ocorre a biofixação por bactérias e algas presentes nesses corpos hídricos. O nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. O nitrogênio orgânico e o nitrogênio amoniacal são as formas reduzidas do nitrogênio e o nitrito e o nitrato são as formas oxidadas do nitrogênio. Por isso, se coletarmos amostras de água em um corpo hídrico

poluído e nas análises predominar as formas reduzidas, pode-se inferir que o foco de poluição está próximo, se as formas oxidadas predominarem o foco da poluição está mais distante (CETESB, 2014).

Todos os sítios apresentaram a concentração de nitrito e nitrato abaixo do limite determinado pela Resolução CONAMA 357/05 na primeira coleta. Na segunda coleta, com exceção do sítio do Morro da Lagoa, todos os sítios tiveram um aumento nas suas concentrações de nitrito e nitrato, mas mesmo assim, com exceção do sítio do Córrego Grande, todos se mantiveram dentro dos padrões da legislação.

O sítio do Córrego Grande foi o que teve o maior aumento para ambos os parâmetros, excedendo assim os limites determinados pela legislação vigente.

Na primeira coleta, o sítio do CEPON teve as menores concentrações para nitrito e nitrato e na segunda coleta, a menor concentração de nitrito foi encontrada no sítio do Morro da Lagoa e de nitrato no sítio do CEPON.

Em esgotos, a fonte de nitrogênio é a ureia. A ureia é excretada na urina por seres humanos, quando cai em um corpo hídrico, a partir do processo de transformação microbiológica, ela é transformada em amônia. Nesse trabalho em todos os sítios, na primeira e na segunda coleta, a concentração de amônia excede os padrões exigidos pela legislação 357/2005 do CONAMA. Na segunda coleta, houve a diminuição da concentração de amônia nos sítios do Morro da Lagoa e do Parque São Jorge.

Acredita-se que no sítio do CEPON, as concentrações de nitrito e nitrato sejam baixas, mesmo com a concentração de amônia elevada, pois a microbiota do ambiente está muito debilitada e não consegue fazer a biotransformação dos compostos nitrogenados.

4.1.5 FENÓIS TOTAIS

Tabela 3 – Concentração de fenóis totais da primeira coleta.

Ponto de Coleta	Método da Amninoantipirina	Método do Folin
Morro da Lagoa	0,000	0,1391
Córrego Grande	0,000	0,1669
Parque São Jorge	0,000	0,0863
CEPON	0,000	0,4418

Fonte: Criado pela Autora.

Tabela 4 – Concentração de fenóis totais da segunda coleta.

Ponto de Coleta	Método da Amninoantipirina	Método do Folin
Morro da Lagoa	0,000	0,000
Córrego Grande	0,000	0,0252
Parque São Jorge	0,000	0,0113
CEPON	0,000	0,2502

Fonte: Criado pela Autora.

Para a quantificação dos compostos fenólicos, foram utilizadas duas técnicas, a da aminoantipirina (AAP) e a do Folin.

O método da aminoantipirina é o método padrão indicado pelo Standard Methods. Mas pela experiência do Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica, esse padrão não se aplica a todas as condições ou situações, pois ele mede apenas compostos fenólicos de baixa massa molecular, que muitas vezes não são encontrados nos corpos hídricos. Por outro lado, compostos fenólicos de maior massa molecular, como por exemplos os produzidos em processos industriais, podem ser dosados pelo método do Folin. Como foi o caso da análise deste trabalho, em nenhuma das amostras de água foram encontrados compostos fenólicos utilizando o método da AAP. Já a partir do método do fenol Folin, que detecta compostos fenólicos de alta massa molecular, podemos observar a presença desses componentes em todos os sítios coletados. Sendo o CEPON com a maior concentração e o Morro da Lagoa com a menor, em ambas as coletas.

Esses compostos são encontrados possivelmente em desinfetantes de uso doméstico.

4.2 TESTES DE TOXICIDADE COM BIOINDICADORES

4.2.1 BIOENSAIO COM *Daphnia magna*

4.2.1.1 TESTES DE TOXICIDADE AGUDA COM *Daphnia magna*

Tabela 5 – Média dos testes de toxicidade aguda com amostra de água da primeira coleta do sítio do CEPON.

Concentração (%)	Nº de organismos exposto	Média da mortalidade em 48h
Controle	15,00	0,00
6,25	15,00	0,00
12,5	15,00	0,00
25,00	15,00	0,00
50,00	15,00	2,33
100,00	15,00	10,00

Fonte: Criado pela Autora.

A concentração efetiva que causa efeito em 50% dos organismos (CE₅₀) representa a concentração nominal da amostra teste, no início do ensaio, que causa um efeito (por exemplo, imobilidade) durante o tempo de exposição (48h) (ABNT, 2009).

Os valores numéricos de toxicidade aguda e crônica, expressos como com a CE₅₀ demonstram uma relação inversa à toxicidade, ou seja, menores valores numéricos indicam maiores toxicidades.

Para *Daphnia magna* a concentração efetiva que causa efeito em 50% dos organismos (CE₅₀) representa a concentração nominal da amostra que causa a mortalidade a 50% dos organismos durante o tempo de exposição (ABNT, 2009).

Apenas as amostras de água da primeira coleta do CEPON apresentaram toxicidade aguda. A média dos três testes realizados foi de CE₅₀ = 80,18%.

4.2.1.2 TESTE DE TOXICIDADE CRÔNICA COM *Daphnia magna*

Tabela 6 – Número de nascimentos em 21 dias no teste de toxicidade crônica dos sítios na primeira coleta, feitos em duplicatas (A e B).

Ponto de Coleta	Total de nascimentos nos 21 dias - Teste A	Total de nascimentos nos 21 dias - Teste B
Controle	78	80
Morro da Lagoa	18	18
Córrego Grande	25	21
Parque São Jorge	29	31
CEPON	0	0

Fonte: Criado pela Autora.

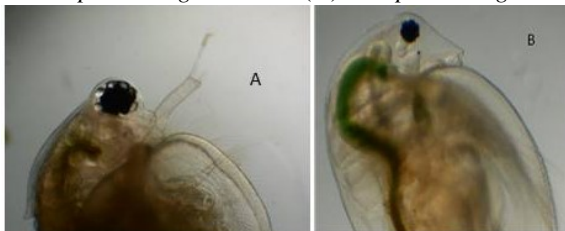
Tabela 7 – Número de nascimentos em 21 dias no teste de toxicidade crônica dos sítios na segunda coleta

	Total de nascimentos nos 21 dias - Teste A	Total de nascimentos nos 21 dias - Teste B
Controle	90	89
Morro da Lagoa	48	42
Córrego Grande	47	46
Parque São Jorge	49	54
CEPON	Morreu	18

Fonte: Criado pela Autora.

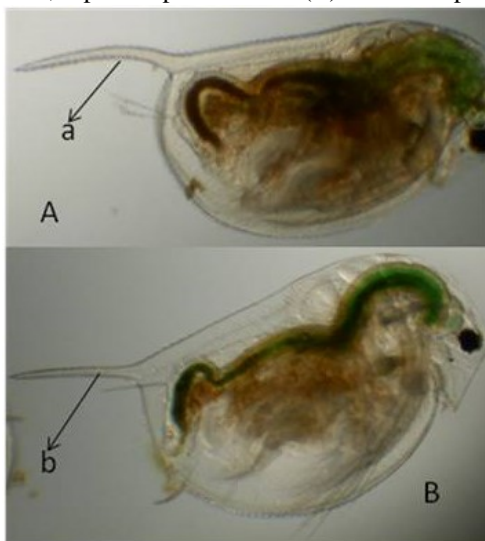
Nas amostras de água da 1^a e 2^a coletas foram observadas alterações morfológicas apenas nas daphnias das amostras de água do CEPON (2^a coleta): tamanho do corpo reduzido em relação ao controle, curvatura do espinho apical, possível interrupção do tubo digestivo e diferenças de coloração (mais transparentes), como mostram as figuras 13, 14, 15, 16 e 17.

Figura 13 – *Daphnia magna* macho (A) e *Daphnia magna* fêmea (B).



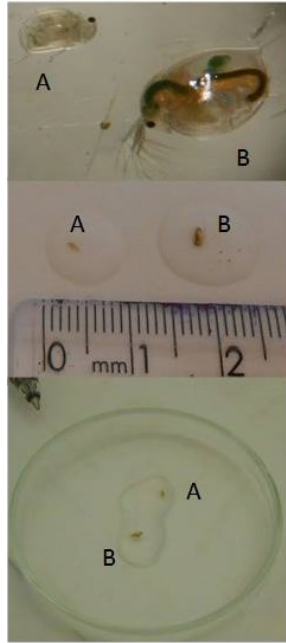
Fonte: Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (UFSC/CCB).

Figura 14 – Curvatura do espinho apical (A) de daphnia exposta à amostras de água do CEPON; espinho apical normal (B) de uma daphnia controle (B).



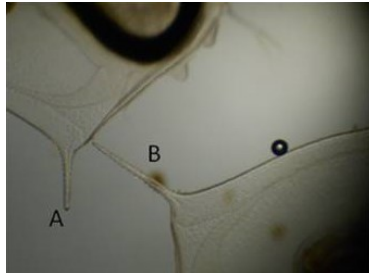
Fonte: Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (UFSC/CCB).

Figura 15 – Tamanho da daphnia (A) exposta a amostra de água do CEPON (adulta) em relação a daphnia do controle (adulta) (B).



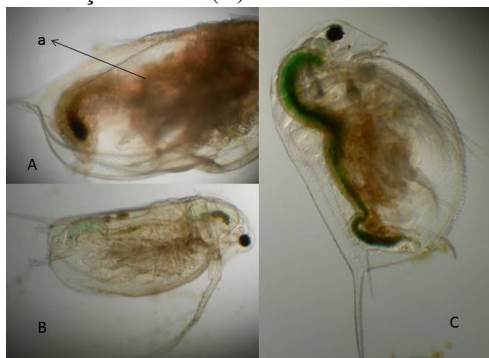
Fonte: Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (UFSC/CCB).

Figura 16 – Encurtamento do espinho apical de daphnia exposta à amostra de água do CEPON (A); espinho apical normal de daphnia controle (B).



Fonte: Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (UFSC/CCB).

Figura 17 – Daphnias expostas à amostra de água do CEPON: má formação do tubo digestivo (a) e coloração diferenciada (B). *Daphnia magna* controle: tubo digestivo e coloração normal (C).



Fonte: Laboratório de Avaliação Ecotoxicológica (UFSC/CCB).

Os resultados obtidos, referentes à fecundidade dos organismos expostos as amostras de água do CEPON, Córrego Grande, Morro da Lagoa e Parque São Jorge, mostram que as daphnias expostas as diferentes amostras de água da 1ª coleta tiveram redução significativa no número de filhotes, em relação ao controle, sendo que as daphnias expostas às amostras do CEPON não tiveram filhotes. Das outras amostras de água (Morro da Lagoa, Córrego Grande e Parque São Jorge) em estudo as daphnias expostas às amostras do Morro da Lagoa foram a que tiveram o menor número de filhotes (redução de 79,3% em relação ao controle), seguidas de Córrego Grande (77,6%) e Parque São Jorge (65,5%). Esse resultado é bastante significativo, pois indica claramente que muitas vezes, amostras de água que não apresentam toxicidade aguda, podem apresentar toxicidade crônica. Em outras palavras, mortalidade é um parâmetro muito drástico para se avaliar toxicidade.

Na segunda coleta, a redução do número de filhotes em relação ao controle foi menor, sendo que nestas amostras coletadas as daphnias do CEPON foram as que apresentaram a maior redução, 79,9% em relação ao controle. Nas outras amostras a maior redução do número de filhotes em relação ao controle foi obtida no Morro da Lagoa (49,7%), seguida do Córrego Grande (48%) e Parque São Jorge (42,5%).

Portanto, as amostras da primeira coleta foram as que se mostraram mais impactantes na reprodução desses cladóceros, sendo que as amostras de água do CEPON foram as mais tóxicas em ambas as coletas.

As amostras de água do Parque São Jorge foram as que tiveram o

maior número de filhotes em relação às outras amostras em ambas as coletas.

Na primeira coleta: 65% de filhotes a mais que no CEPON; 9,7% a mais que no Córrego Grande e 12,6% do que no Morro da Lagoa. Na segunda coleta: 35% a mais de filhotes do que no Morro da Lagoa e 40% a mais do que no Córrego Grande.

Quanto às amostras do Córrego Grande e Morro da Lagoa, as daphnias expostas às amostras da primeira e segunda coleta do Córrego Grande tiveram o mesmo perfil de redução, sendo menor no Morro da Lagoa.

Em todas as amostras de água, tanto da primeira quanto da segunda coleta, observou-se a presença de maior número de machos em relação ao controle, sendo que a segunda coleta teve a maior porcentagem de machos em relação à primeira coleta.

As amostras de água, da segunda coleta, do Córrego Grande e Morro da Lagoa foram as que apresentaram maior número de machos entre os filhotes, respectivamente 43,5% e 41,6%, seguidos do CEPON (37,5%) e Parque São Jorge (20,4%).

Na primeira coleta encontrou-se maior número de machos nas amostras de água do Córrego Grande (30,3%), seguidos do Morro da Lagoa (27,4%) e Parque São Jorge (23,6%). No CEPON não houve a geração de filhotes.

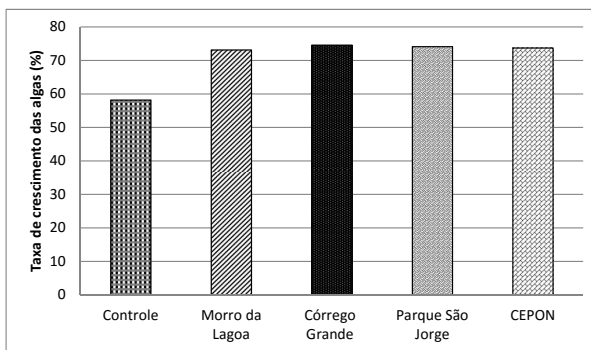
Nos controles da segunda coleta foi observado apenas 2,2% de machos em relação ao número total de filhotes. Nos controles da primeira coleta não foram encontrados filhotes machos.

Quanto à presença de machos em todas as amostras de água, pode-se dizer que em condições consideradas como, estressantes ou desfavoráveis, esses organismos são estimulados a produzir machos que podem fecundar as fêmeas (reprodução sexuada), originando ovos de resistência (efípios). Segundo Pawels et al (2007) e Cáceres & Tessier (2004) a capacidade de produzir ovos de resistência é de grande importância para estes cladóceros, pois estes ovos tem uma morfologia e bioquímica distintas daqueles produzidos sob condições normais (partenogênese), podendo permanecer viáveis por longos períodos de tempo, eclodindo quando as condições do ambiente voltam a ser favoráveis, garantindo a continuidade populacional.

Quanto à morfologia, o corpo é menor e a coloração mais transparente nas daphnias expostas as amostras de água do CEPON e também as que nasceram nessa amostra. Essa alteração pode estar relacionada à má formação do tubo digestivo, que dificultaria a absorção de nutrientes necessários ao crescimento e até mesmo na reprodução dos organismos.

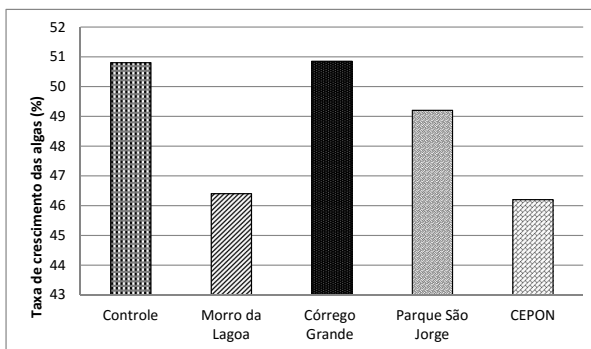
4.2.2 BIOENSAIO COM *Desmodesmus subspicatus*

Figura 18 – Taxa de crescimento das algas da primeira coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

Figura 19 – Taxa de crescimento das algas da segunda coleta.



Fonte: Criado pela Autora.

Nesse estudo pode-se observar que na primeira coleta, houve uma tendência a eutrofização, pois em todas as amostras, o crescimento das algas foi maior do que no controle, sendo que as amostras do Córrego Grande tiveram maior tendência a eutrofização e as do Morro da Lagoa tiveram menor tendência.

Quando compostos de nitrogênio, junto com outros nutrientes como o fósforo, são despejados em corpos hídricos, podem causar o enriquecimento do meio, resultando na eutrofização daquele curso hídrico. A eutrofização possibilita um maior crescimento das algas que usam esses nutrientes (CETESB, 2014).

Com a eutrofização, a entrada de luz no curso hídrico fica prejudicada, bem como a disponibilidade de oxigênio, podendo acarretar a morte de outros organismos.

Para controlar a eutrofização, é necessária a diminuição das fontes de nitrogênio e fósforo. Mas como o nitrogênio provém de várias fontes, inclusive do ar, que algumas algas são capazes de fixar, acredita-se que o melhor seja investir no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2014).

Já na segunda coleta, não há uma tendência a eutrofização, em nenhum dos sítios coletados. Mesmo com o aumento das concentrações de nitrato, nitrito, fosfato e amônia de forma variada em todos os sítios. Possivelmente as fortes chuvas que caíram no dia anterior a segunda coleta pode ter revolido o fundo desses rios, ocasionando o aumento da toxicidade dessas amostras de água para as algas. Resultado este que precisado ser melhor investigado nessas mesmas condições, o que não foi feito nesse trabalho.

4.3 COLIFORMES

Tabela 8 – Resultados dos testes dos coliformes.

Pontos de coleta	Coliformes	Coliformes	Salmonela
	Fecais	Termotolerantes	
Morro da Lagoa	900	4860	160
Córrego Grande	1020	2520	1440
Parque São Jorge	240	2400	780
CEPON	300	180	3840

Fonte: Criado pela Autora.

A quantificação de coliformes termotolerantes é um dos principais indicadores de poluição por esgoto doméstico. Nesse grupo estão bactérias

fermentadoras de lactose, este grupo, que tem como principal representante a bactéria *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. A análise de tal parâmetro assume importância como indicador de despejo de dejetos de animais homeotérmicos na água, bem como indicam a existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (CETESB, 2014).

Na resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo de coliforme termotolerantes aceitáveis é de 1000UFC/ml. Com exceção do sítio CEPON, todos os sítios estão em uma concentração acima do permitido, sendo que o maior número é encontrado no sítio do Morro da Lagoa.

4.4 METAIS

Tabela 9 – Resultado dos testes dos metais.

Amostras	CEPON (22-11-15) ($\mu\text{g/L}$)	Parque São Jorge ($\mu\text{g/L}$)	Morro da Lagoa (22-11-15) ($\mu\text{g/L}$)	Córrego Grande ($\mu\text{g/L}$)
Al	$78,80 \pm 0,41$	$43,34 \pm 0,15$	$117,30 \pm 0,54$	$63,95 \pm 0,41$
Cd	$0,020 \pm 0,002$	$0,020 \pm 0,003$	$<0,01$	$<0,01$
Pb	$0,240 \pm 0,003$	$0,170 \pm 0,007$	$0,120 \pm 0,004$	$0,080 \pm 0,005$
Cr	$5,03 \pm 0,08$	$1,35 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,03$

Fonte: Criado pela Autora.

Há alguns anos, análises de água revelaram que o Rio Itacorubi apresentava contaminação por chumbo. Neste caso, a origem mais provável desse material era apontada como sendo a UFSC e seus resíduos produzidos em laboratórios. Por outro lado, na região em estudos, existem algumas oficinas, auto-elétricas e mecânicas, as quais de alguma forma, poderiam gerar resíduos líquidos que poderiam alcançar as águas dos corpos hídricos da região. Por esse motivo, realizamos a análise da concentração de alguns metais.

4.4.1 ALUMÍNIO

Os sais de alumínio e o alumínio são utilizados no tratamento da água, aditivos alimentares, fabricação de latas, telhas e do papel alumínio (CE-

TESB, 2014).

Na atmosfera o alumínio chega como material particulado, através da poeira dos solos e da combustão do carvão. Na água, esse metal ocorre em diferentes formas. É influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos e matéria orgânica (CETESB, 2014).

Além de outros fatores, o aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas (CETESB, 2014).

Podemos observar que na análise desse metal, o único sítio que está fora da exigência da legislação vigente, é o sítio do Morro da Lagoa. Acredita-se que isso se dá pela ocorrência das chuvas, que foram muito intensas até quatro dias antes das coletas e das chuvas fracas no período da noite, nesses quatro dias entre a coleta e o período de chuvas fortes.

4.4.2 CÁDMIO

O cádmio é encontrado no ambiente quando há lançamento de efluentes industriais (produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes) e também pelo uso de fertilizantes (CETESB, 2014).

Em nenhum dos sítios foi encontrada concentração de cádmio maior do que a estipulada pela legislação do CONAMA 357/2005, o que já era esperado, pois esses locais são uma área residencial e não há registros de indústrias.

4.4.3 CHUMBO

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. Ele também tem uma grande aplicação industrial (fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros). A presença desse metal na água pode ocorrer por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (CETESB, 2014).

Em nenhum dos sítios foi encontrada concentração de chumbo maior que a estipulada pela legislação vigente, o que, assim como o cádmio já era esperado, pois não há indústrias em nenhum dos sítios coletados.

4.4.4 CROMO

O cromo é utilizado na indústria para a produção de estruturas para a construção civil, ligas metálicas, tintas, preservativos de madeira (CETESB, 2014).

Assim com o cádmio e o chumbo, em nenhum sítio a concentração desse metal excede a concentração estipulada pela legislação, o que também já era esperado pelo mesmo motivo, não há indústrias nas redondezas desses sítios coletados.

4.5 CROMATOGRAFIA

Os resultados obtidos até o momento são preliminares e parciais, uma vez que apenas amostras de água do Córrego Grande e Parque São Jorge foram analisadas. O objetivo destas análises era identificar a presença de possíveis poluentes, os quais poderiam apresentar reconhecida toxicidade, já descrita na literatura. Tais resultados poderiam explicar os resultados dos testes de toxicidade que não poderiam ser explicados levando-se em consideração apenas parâmetros como concentração de amônia, nitrato, entre outros. Em ambos os sítios estudados, foram detectados substâncias, em concentrações residuais, tais como colesterol, metabólitos resultantes da biotransformação de princípios ativos de pílulas anticoncepcionais (estradiol), fármacos utilizados em tratamentos neurológicos/psiquiátricos e distúrbios do sono. Claramente, o sítio do Córrego Grande é o mais impactado pela presença de tais substâncias. As análises cromatográficas ainda estão em andamento.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou de maneira quantitativa e qualitativa quatro corpos hídricos em Florianópolis-SC, através de análises de parâmetros físico-químicos e biológicos, quantificação dos metais presentes nesses corpos hídricos e identificação da presença de fármacos.

Ao fim do estudo podemos concluir que, de maneira geral, os sítios analisados sofrem com o lançamento de esgoto doméstico, devido à alta urbanização e a falta de planejamento urbano na cidade de Florianópolis.

O presente trabalho também contribui para corroborar com a necessidade do uso de organismos biológicos para fins de monitoramento. Pois em alguns casos, os parâmetros físico-químicos estavam abaixo do limite exigido pela legislação, mas houve uma queda na taxa de reprodução nos organismos expostos e algumas modificações morfológicas.

Os organismos escolhidos mostraram-se sensíveis e adequados quanto à caracterização dos efeitos tóxicos das amostras de água em estudo, demonstrando a necessidade da utilização de organismos de diferentes níveis tróficos, pois estes respondem diferentemente ao grau de toxicidade para um mesmo agente tóxico.

O uso de apenas padrões físico-químicos para determinar a qualidade de um curso hídrico não são suficientes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes, podendo levar a conclusões errôneas.

Sendo assim, as análises químicas e os testes de toxicidade se complementam.

Portanto, apesar do avanço que temos atualmente em nossa legislação, ela ainda não pode ser considerada completa e suficiente, pois é necessário mudar o que é realmente adequado quanto à concentração de certos compostos nos corpos hídricos, devendo-se fazer os testes de toxicidade aguda e crônica com organismos de diferentes níveis tróficos.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 12.713: Ecotoxicologia aquática Toxicidade aguda Método de ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro, 2009.
- BAPTISTA, I. E. **Gestão da qualidade ambiental dos efluentes gerados pelo segmento de papel e celulose no sul do Brasil**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2007.
- BUENO, L. d. S.; LAPOLLI, E. M. **Estudo em áreas de ocupação urbana com fatores de risco : o caso do Bairro Córrego Grande, Florianópolis, SC**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, 2000.
- CARDOSO, F. S. et al. Análise do uso e ocupação da terra na bacia da lagoa do peri, florianópolis (sc). **Caminhos da Geografia**, v. 9, p. 201–213, 2008.
- CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. [S.l.], Novembro 2013.
- CO-OPERATION, O. for E.; (OECD), D. Test no. 202: *Daphnia sp.* acute immobilisation test. OECD Publishing, Paris, 2004.
- CO-OPERATION, O. for E.; (OECD), D. Test no. 211: *Daphnia magna* reproduction test. OECD Publishing, Paris, 2012.
- CRISTO, S. S. d. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis, SC**. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. São Paulo: Interciência, 1998.
- FENT, K.; WESTON, A. A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic toxicology**, Elsevier, v. 76, n. 2, p. 122–159, 2006.
- FILHO, D. R. **Mapas temáticos interativos da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi Florianópolis - SC**. TCC — Curso de Geografia, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2008.

FILHO, P. H. T.; SANTOS, H. R. Importância do monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos. In: VII SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL. UNICENTRO, Irati - PR, 2009.

GILLIS, P. et al. Daphnia need to be gut-cleared too: the effect of exposure to and ingestion of metal-contaminated sediment on the gut-clearance patterns of *d. magna*. **Aquatic toxicology**, Elsevier, v. 71, n. 2, p. 143–154, 2005.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed spearman-karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science & Technology**, ACS Publications, v. 11, n. 7, p. 714–719, 1977.

HERRMANN, M. L. d. P.; BIGARELLA, J. a. J. **Aspectos ambientais da porção central da ilha de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Humanas, 1989.

KNIE, J. L.; LOPES, E. W. et al. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florinópolis: FATMA/GTZ, 2004a. 289 p.

KNIE, J. L.; LOPES, E. W. et al. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004b.

PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Periódico Tchê Química**, v. 3, p. 37–44, 2006.

POMATI, F. et al. Gene expression profiles in zebrafish (*danio rerio*) liver cells exposed to a mixture of pharmaceuticals at environmentally relevant concentrations. **Chemosphere**, Elsevier, v. 70, n. 1, p. 65–73, 2007.

QUEIROZ, M. **Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, Aplicando a Análise por ativação neutrônica instrumental**. Dissertação (Mestrado) — Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, Mestrado em Engenharia Industrial, 2006.

SOUZA, R. C. d. **Avaliação da remoção de amoxicilina e cefalexina da urina humana por oxidação avançada (H₂O₂/UV) com vistas ao saneamento ecológico**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2013.

STANDARDIZATION, I. I. O. for. **ISO 6341:2012. Water Quality: Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea): Acute toxicity test**. [S.l.], 2012.

TYAGI, V. et al. Evaluation of daphnia magna as an indicator of toxicity and treatment efficacy of municipal sewage treatment plant. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, Department of Pure & Industrial Chemistry, University of Port Harcourt, v. 11, n. 1, 2007.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report**. [S.l.], 2015.

UNWATER. **UN-Water Statement on Water Quality**. [S.l.], Março 2010.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish cyprinus carpio (common carp). **International Journal of Environmental Science & Technology**, Springer, v. 5, n. 2, p. 179–182, 2008.

WAISER, M. J. et al. Effluent-dominated streams. part 2: Presence and possible effects of pharmaceuticals and personal care products in wascana creek, saskatchewan, canada. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Wiley Online Library, v. 30, n. 2, p. 508–519, 2011.

WINTER, M. J. et al. Using data from drug discovery and development to aid the aquatic environmental risk assessment of human pharmaceuticals: concepts, considerations, and challenges. **Integrated environmental assessment and management**, Wiley Online Library, v. 6, n. 1, p. 38–51, 2010.

ANEXO A – Testes de sensibilidade com Dicromato de Potássio

DURATION: 24 H
 TOXICANT : Dicromato de potássio
 SPECIES: *Daphnia magna*

Tabela 10 –

Concentração (mg/l)	Nº de organismos expostos	Mortalidade
controle	20	0
0,40	20	0
0,50	20	0
0,60	20	0
0,75	20	1
0,85	20	1
0,90	20	3
1,00	20	7
1,30	20	20
1,45	20	20
1,75	20	20

Fonte: Criado pela Autora.

SPEARMAN-KARBER TRIM: 0 .00%
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES: EC50: 1.05 (mg/l)
 95% LOWER CONFIDENCE: 1.00 (mg/l)
 95% UPPER CONFIDENCE: 1.10 (mg/l)
 DURATION: 24 H
 TOXICANT : Dicromato de potássio
 SPECIES: *Daphnia magna*
 SPEARMAN-KARBER TRIM: 0 .00%
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES: EC50: 1.05 (mg/l)
 95% LOWER CONFIDENCE: 1.00 (mg/l)

Tabela 11 –

Concentração (mg/l)	Nº de organismos expostos	Mortalidade
controle	20	0
0,40	20	0
0,50	20	0
0,60	20	0
0,75	20	1
0,85	20	1
0,90	20	3
1,00	20	7
1,30	20	20
1,45	20	20
1,75	20	20

Fonte: Criado pela Autora.

**ANEXO B – Teste de toxicidade aguda com amostra de água do
CEPON (1ª coleta)**

TEST NUMBER: 1
 DURATION: 48 H
 TOXICANT : CEPON
 SPECIES:*Daphnia magna*

Tabela 12 – TEST NUMBER: 1.

Concentração (%)	Nº de organismos expostos	Mortalidade
controle	15,00	0,00
6,25	15,00	0,00
12,50	15,00	0,00
25,00	15,00	0,00
50,00	15,00	2,00
100,00	15,00	9,00

Fonte: Criado pela Autora.

SPEARMAN-KARBER TRIM: 40.00%
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES: EC50:86.20
 95% LOWER CONFIDENCE: 63.83
 95% UPPER CONFIDENCE: 116.41
 TEST NUMBER: 2 DURATION: 48 H
 TOXICANT : CEPON SPECIES: *Daphnia magna*
 SPEARMAN-KARBER TRIM: 33.33%

Tabela 13 – TEST NUMBER: 2.

Concentração (%)	Nº de organismos expostos	Mortalidade
controle	15,00	0,00
6,25	15,00	0,00
12,50	15,00	0,00
25,00	15,00	0,00
50,00	15,00	3,00
100,00	15,00	11,00

Fonte: Criado pela Autora.

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES: EC50: 80.52
 95% LOWER CONFIDENCE: 64.05
 95% UPPER CONFIDENCE: 101.24
 TEST NUMBER: 3 DURATION: 48 H
 TOXICANT : CEPON SPECIES:*Daphnia magna*
 SPEARMAN-KARBER TRIM: 33.33% SPEARMAN-KARBER

Tabela 14 – TEST NUMBER: 3.

Concentração (%)	Nº de organismos expostos	Mortalidade
controle	15,00	0,00
6,25	15,00	0,00
12,50	15,00	0,00
25,00	15,00	0,00
50,00	15,00	2,00
100,00	15,00	10,00

Fonte: Criado pela Autora.

ESTIMATES: EC50:80.52 95% LOWER CONFIDENCE: 64.05
 95% UPPER CONFIDENCE: 101.24

Tabelas dos testes de reprodução com as amostras de água do Morro da Lagoa, Córrego Grande, Parque São Jorge, CEPON e dos controles.

ANEXO C – Testes de reprodução

Tabela 15 – Teste de reprodução A da primeira coleta.

Dias	Controle	Morro da Lagoa	Córrego Grande	Parque São Jorge	CEPON
7°	5	0	0	0	0
8°	0	0	0	0	0
9°	7	1	2	6	0
10°	13	0	0	0	†
11°	0	0	0	0	†
12°	0	0	0	0	†
13°	3	5	7	2	†
14°	18	5	4	8	†
15°	0	0	0	0	†
16°	0	0	0	0	†
17°	9	2	5	5	†
18°	15	3	7	0	†
19°	0	2	0	4	†
20°	8	0	0	4	†
21°	0	0	0	0	†

Fonte: Criado pela Autora.

Tabela 16 – Teste de reprodução B da primeira coleta.

Dias	Controle	Morro da Lagoa	Córrego Grande	Parque São Jorge	CEPON
7°	6	0	0	0	0
8°	0	0	0	0	0
9°	6	3	5	1	0
10°	15	0	0	5	0
11°	0	0	0	0	0
12°	0	0	0	0	0
13°	3	4	0	6	0
14°	21	4	5	9	0
15°	0	0	0	0	0
16°	0	0	0	0	0
17°	6	2	5	2	0
18°	12	0	0	8	0
19°	0	5	6	0	0
20°	11	0	0	0	0
21°	0	0	0	0	0

Fonte: Criado pela Autora.

Tabela 17 – Teste de reprodução A da segunda coleta.

Dias	Controle	Morro da Lagoa	Córrego Grande	Parque São Jorge	CEPON
7°	24	8	12	11	†
8°	0	0	0	0	†
9°	0	0	0	0	†
10°	11	21	18	17	†
11°	0	0	0	0	†
12°	31	1	0	0	†
13°	0	0	0	0	†
14°	11	7	11	9	†
15°	0	0	0	0	†
16°	0	0	0	0	†
17°	0	0	0	0	†
18°	10	0	0	0	†
19°	0	6	3	5	†
20°	3	5	3	7	†
21°	0	0	0	0	†

Fonte: Criado pela Autora.

Tabela 18 – Teste de reprodução B da segunda coleta.

Dias	Controle	Morro da Lagoa	Córrego Grande	Parque São Jorge	CEPON
7°	22	11	12	16	12
8°	0	0	0	0	0
9°	0	0	0	0	0
10°	15	14	18	22	0
11°	0	0	0	0	0
12°	0	0	0	0	0
13°	27	0	0	0	0
14°	0	6	11	9	0
15°	0	0	0	0	0
16°	0	0	0	0	0
17°	0	0	0	0	0
18°	15	0	0	0	0
19°	5	6	2	0	0
20°	5	5	3	7	6
21°	0	0	0	0	0

Fonte: Criado pela Autora.

ANEXO D – Meios de cultivo de *Desmodesmus subspicatus* e de *Daphnia magna*

D.1 MEIO DE CULTIVO DE *DESMODESMUS SUBSPICATUS*
(*DESMODESMUS SUBSPICATUS*)

Preparação do Meio de Cultivo da OCDE com base em orientações de ensaios da OCDE 201.

Para a preparação de 1L de meio de cultivo:

- Adicionar em 500 ml de água deionizada:

–10 ml da solução-estoque 1

–1 ml das soluções-estoque 2, 3 e 4.

- Completar até 1L com água deionizada.

OBS.: as soluções-estoque devem ser autoclavadas (120^{circ}C, 15 min) e guardadas em frascos escuros, a 4^{circ}C.

Tabela 19 –

Nutrientes	Concentração da solução em estoque
Solução-estoque 1: macronutrientes	
NH ₄ Cl	1,5 g/L
MgCl ₂ ·6H ₂ O	1,2 g/L
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1,8 g/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1,5 g/L
KH ₂ PO ₄	0,16 g/L
Solução-estoque 2: ferro	
FeCl ₃ ·6H ₂ O	64 mg/L
EDTA-Na ₂ ·2H ₂ O	100 mg/L
Solução-estoque 3: elementos-traço	
H ₃ BO ₃	185 mg/L
MnCl ₂ ·4H ₂ O	415 mg/L
ZnCl ₂	3 mg/L
CoCl ₂ ·6H ₂ O	1,5 mg/L
CuCl ₂ ·2H ₂ O	0,01 mg/L
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	7 mg/L
Solução-estoque 4: bicarbonato	
NaHCO ₃	50 g/L
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O	50 g/L

Fonte: Criado pela Autora.

D.2 SOLUÇÕES TESTES DO CULTIVO DE *DAPHNIA MAGNA*

Água de Diluição (Meio Básico) utilizadas nos testes de sensibilidade com *Daphnia magna*.

Tabela 20 – Meio Básico.

Solução-estoque	Composição	Composição	Quantidade p/ 20L
A	CaCl ₂	73,52 g CaCl ₂ .2H ₂ O	80 mL
B	MgSO ₄	123,3 g MgSO ₄ .7H ₂ O	20 mL
C	KCl	5,8 g KCl	20 mL
D	NaHCO ₃	64,8 g NaHCO ₃	20 mL

Fonte: Criado pela Autora.

Obs: Todas as substâncias foram dissolvidas em 1 litro de água destilada

D.3 MEIO DE CULTIVO (O MEIO DE CULTIVO DEVE SER PREPARADO COM O MEIO BÁSICO E O MEIO M4)

Tabela 21 – Meio M4 (M4 - Medium).

Solução-estoque	Composição	Quantidade p/ 20L
Solução Catiônica	3065 mg $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ 3060 mg LiCl 710 mg RbCl 1520 mg $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ 167,5 mg $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ 130 mg $ZnCl_2$ 100 mg $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	2 mL
Solução Aniônica	548 mg $NaNO_3$ 5719 mg H_3BO_3 32 mg NaBr 126 mg $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ 6,5 mg KI 4,38 mg Na Se_2O_3 1,15 mg NH_4VO_3	10 mL
Solução de Silicato*	21,465 mg - Na_2SiO_3	4 mL
Solução de Fe/EDTA	500 mg $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$ 199,1 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	100 mL
Solução de Fosfato	286 mg KH_2PO_4 386 mg K_2HPO_4	10 mL
Solução Vitamínica	750 mg Hidrocloreto de Tiamina 10 mg Cianocabalina 7,5 mg Biotina	2 mL

Fonte: Criado pela Autora.

Após misturar as soluções do Meio básico mais as do Meio M4, completa-se para 20 litros com água deionizada, deixando aerar durante 24 horas antes da utilização.

Obs.:As soluções de Fe/EDTA foram preparadas separadamente (cada uma com 500 mL de água bidestilada), depois de misturadas levou-se para autoclave a $121^\circ C/15$ minutos. A solução vitamínica foi completada com 1 litro de água bidestilada, sendo estocada em pequenas quantidades, em

recipientes fechados (tubos de ensaio lacrados com filme plástico), no freezer. O pH deve ser corrigido com soluções de NaOH e HCl 1N.