

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA

CARLA VILAR GANDRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E
ECOTOXICOLÓGICA DAS ÁGUAS PLUVIAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA DE SANTOS (São Paulo, Brasil)

SANTOS – SP

2016

CARLA VILAR GANDRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E
ECOTOXICOLÓGICA DAS ÁGUAS PLUVIAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA DE SANTOS (São Paulo, Brasil)**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob orientação da Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães e co-orientação do Prof. Dr. Aldo Ramos Santos.

**SANTOS – SP
2016**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Gandra, Carla Vilar.

Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas Pluviais do Sistema de Drenagem Urbana de Santos (São Paulo, Brasil) / Carla Vilar Gandra, 2016.

N. fls. 93.

Orientadores: Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães e Prof. Dr. Aldo Ramos Santos.

Dissertação de Mestrado - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2016.

1. Santos; 2. Águas Pluviais; 3. Drenagem Urbana; 4. Contaminação do Sistema de Drenagem Urbana; 5. Ecotoxicologia. I - Guimarães, Luciana Lopes. II - Santos, Aldo Ramos. III - Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas Pluviais do Sistema de Drenagem Urbana de Santos (São Paulo, Brasil).

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

DEDICATÓRIA

À minha família, meu marido Sérgio Gandra e minha filha Estella Vilar Gandra, por permitir e colaborar com o meu tempo em dedicação a esta formação. Só o amor permite esta doação!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelas oportunidades geradas em meu caminho e pela força para enfrentar todos os dias as tarefas que fazem parte do meu crescimento. Não há palavras ao apoio prestado por minha família, pois é o amor que nos motiva.

E agradeço também, com muita estima meus orientadores e professores que fizeram parte deste conhecimento e conquista. Aos meus orientadores, Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães e Prof. Dr. Aldo Ramos Santos, pela dedicação, paciência e muita sabedoria. Às equipes dos laboratórios de Biologia, de Química e de Ecotoxicologia que foram atenciosos e participantes fundamentais para a elaboração de toda a pesquisa. A toda equipe docente do curso que de forma excelente contribuíram com novos conhecimentos. E a equipe administrativa com auxílios informativos, sempre com muita gentileza, e de grande importância para o bom andamento do curso.

Obrigada a todos!

RESUMO

O estudo foi desenvolvido no município de Santos, localizado no litoral do Estado de São Paulo, na região metropolitana da Baixada santista. O município de Santos tem por característica seus canais de drenagem de águas pluviais que cortam toda a cidade (canais 1 a 7). O objetivo geral deste estudo consistiu em analisar a qualidade das águas pluviais urbanas do sistema de drenagem do município de Santos, em períodos de alto índice pluviométrico. Foram realizadas análises microbiológicas, físico-químicas, químicas e ecotoxicológicas. Os locais de estudo foram os canais 3 e 7, sendo o canal 3 com dois pontos de coleta ao longo do seu trecho aberto. A escolha do canal 3 foi devido a este canal estar em um ponto estratégico no meio da ilha e receber a influência de uma ocupação populacional densa e inicial da cidade de Santos. O canal 7 também foi analisado em dois pontos de coleta e este canal foi escolhido por estar em uma porção mais nova de ocupação da ilha (e menos densa em termos de ocupação), e também por estar próximo ao canal do estuário de Santos. Os procedimentos da coleta seguiram um contexto de investigação do percurso da água pluvial captada sequencialmente em cada ponto de análise: a água da chuva, a água na sarjeta, na saída da galeria e na água depositada no canal. Os resultados foram avaliados com base nos parâmetros estabelecidos pelas resoluções CONAMA 274/00 e CONAMA357/05. Os parâmetros microbiológicos estavam acima do máximo permitido pela legislação para todos os pontos levantados (exceto para a água da chuva). Exceto para a análise de pH de um dos pontos estudados (galeria do canal 7), os parâmetros físico-químicos não apresentaram valores superiores aos valores de referência da legislação nos demais pontos estudados. As análises químicas apresentaram valores acima do parâmetro legal em alguns pontos distintos, em ambos os canais. Os resultados de toxicidade aguda também constituíram um dado decisivo no apontamento dos focos contaminantes. Quando comparado às localidades específicas no canal 3 e no canal 7, foi possível determinar a existência de esgoto doméstico, tendo maior número de pontos contaminados no canal 3 (área antiga e de densidade populacional mais elevada). No entanto, o canal 7 (área de ocupação mais nova e de menor índice populacional) apresentou uma contaminação pontual em sua galeria, registrando os maiores índices para a maioria dos parâmetros estudados. O presente estudo demonstrou a presença de contaminantes de influência antrópica, desde o meio urbano até a ligação irregular de esgoto sanitário nos pontos analisados nesta pesquisa. A presença destes contaminantes no sistema de drenagem urbana de águas pluviais pode trazer consequências ambientais para a biota aquática (presentes no corpo receptor) e também para a saúde humana através do contato com estas águas.

Palavras-chave: Águas pluviais. Esgoto. Toxicidade. Canais de drenagem urbana.

ABSTRACT

The study was performed in the city of Santos, located on the coast of São Paulo (Brazil). The city of Santos is known by its famous seven drainage channels crossing the entire city (channels 1 to 7). The aim of this study was to analyze the quality of urban rainwater drainage system in the city of Santos, in rainy periods. Water samples were collected in channels 3 and 7 and the procedure of sample collection was as follows (in sequence): collection of rainwater, collection of the water in the gutter, collection of the water in the gallery and also collection of the water deposited in the channel. The results were evaluated according to parameters established by Brazilian legal resolutions CONAMA 274/00 and CONAMA 357/05. Except for rainwater samples, the microbiological parameters in all samples were above the maximum allowed by Brazilian legal resolutions for all the points studied. The physicochemical parameters did not show values above the legal rate (except for the pH analysis of the gallery point of channel 7). Chemical analyzes presented values above the legal parameter in some distinct points on both channels. Acute toxicity was a decisive factor in the appointment of contaminants outbreaks. When compared to specific locations in channels 3 and 7 it was possible to determine the existence of domestic sewage in both channels, and the points most contaminated were located in channel 3 (area with higher population density). However, the channel 7 (area with lower population density) had a point of high contamination in its gallery, exhibiting the highest rates of contamination. This study demonstrated the presence of anthropogenic influence of contaminants, from the urban area to the irregular connection of sewage in the points analyzed in this research. The presence of these contaminants in the urban drainage system of rainwater can bring environmental impact on aquatic biota (present in the receiving water body) and also for human health through contact with these waters.

Keywords: Rainwater. Sewage. Toxicity. Urban drainage channel.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Exemplo de inter-relação entre a qualidade das águas e o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica, com destaque ao sistema de drenagem urbana. 18
- Figura 2** – Perspectiva do Sistema de Águas Pluviais – conjunto de sarjeta, BL (boca de lobo), tubulação de drenagem (galeria) e Canal. 23
- Figura 3** - Mapa da cidade de Santos destacando os sete dos canais de drenagem pluvial (C1-C7) e a tubulação de condução para a EPC. 24
- Figura 4** – Perspectiva esquemática da drenagem de águas pluviais de uma residência (calha, condutor e caixa de areia) e com lançamento à rede pública. 26
- Figura 5** - Imagem Cartográfica do Estado de São Paulo com destaque ao município de Santos. 30
- Figura 6** - Procedimento de coleta. Pontos de avaliação do percolado dos contaminantes. 31
- Figura 7** - Imagem Cartográfica do Município de Santos com a localização dos pontos de coleta no canal 3 e no canal 7 com a identificação dos pontos de coleta. Canais abertos com linha contínua (cor azul) e trecho coberto com linha tracejada (cor azul). 31
- Figura 8** - Placa de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes, destacando colônias de *E. coli* e os outros coliformes. 34
- Figura 9** - Resultados das análises de *Escherichia coli*. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva). 39
- Figura 10** - Resultados das análises de coliformes totais. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva). 40
- Figura 11** - Resultados das análises de *Escherichia coli*. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva). 41

Figura 12 - Resultados das análises de coliformes totais. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).....	42
Figura 13 - Discussão das análises de <i>Escherichia coli</i> para os pontos C3A e C3B. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.	43
Figura 14 - Discussão das análises de <i>Escherichia coli</i> para os pontos C7A e C7B. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.	44
Figura 15 - Resultados das análises de Fosfato. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).....	45
Figura 16 - Resultados das análises de Fosfato. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).....	46
Figura 17 - Discussão das análises de fosfato para os pontos C3A e C3B. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.	47
Figura 18 - Discussão das análises de fosfato para os pontos C7A e C7B. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.	48
Figura 19 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).	49

Figura 20 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).	50
Figura 21 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.	51
Figura 22 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.	52
Figura 23 – Teste Ecotoxicológico Agudo em <i>Daphnia similis</i> realizado nas amostras ambientais do canal 3: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.....	59
Figura 24 - Teste Ecotoxicológico Agudo em <i>Daphnia similis</i> realizado nas amostras ambientais do canal 7: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.....	60
Figura 25 – Teste Ecotoxicológico Agudo em <i>Daphnia Similis</i> realizado nas amostras ambientais do canal 3: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.	61
Figura 26 - Teste Ecotoxicológico Agudo em <i>Daphnia Similis</i> realizado nas amostras ambientais do canal 7: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas UTM e Identificação das Amostras dos pontos de coleta..	32
Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas das amostras do canal 3	53
Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas das amostras do canal 7.	54
Tabela 4 - Análise de Nitrogênio Amoniacal das amostras coletadas no canal 3.	56
Tabela 5 - Análise de Nitrogênio Amoniacal das amostras coletadas no canal 7.	56
Tabela 6 – Análise global de todos os pontos coletados no Canal 3 como apoio comparativo e conclusivo das etapas analisadas.....	64
Tabela 7 - Análise global de todos os pontos coletados no Canal 7 como apoio comparativo e conclusivo das etapas analisadas.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BL – Boca de Lobo

CEPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EPC – Estação de Pré-Condicionamento

ES – Emissário Submarino

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

L - Litro

mg - Miligrama

mL - Mililitro

µS/cm - MicroSiemens/cm

MBAS - Substâncias ativas azul de metileno

NaOH – Hidróxido de sódio

H₂SO₄ – Ácido sulfúrico

HCl – Cloreto de Sódio

NH₃ - Amônia

NH₄⁺ - Cátion amônio

NO₂⁻ - Nitrito

NO₃⁻ - Nitrato

N-NH₃ - Nitrogênio amoniacal

OD - Oxigênio dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

PO₄⁻³ - Fosfato

PV – Poço de visita

UFC - Unidade formadora de colônias

UTM - Universal Transversa de Mercator

ZnSO₄ – Sulfato de zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1.1 A qualidade da Água e o Meio Ambiente	17
1.1.2 Saneamento Básico e Saúde Pública	18
1.1.3 A Ecotoxicidade como ferramenta de controle	20
1.1.4 A qualidade dos Recursos Hídricos e a influência da área urbana	21
1.1.5 O sistema de drenagem de águas pluviais	22
1.1.6 O projeto arquitetônico e sua influência no meio urbano	24
1.1.7 Práticas negativas no espaço público	26
1.1.8 Legislação Ambiental para controle das Águas	27
2. OBJETIVOS	29
2.1 Objetivo Geral	29
2.2 Objetivos Específicos	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Coleta	30
3.2 Determinação de <i>Escherichia coli</i> e outros coliformes	33
3.3 Determinação de fosfato	34
3.4 Determinação de surfactantes aniônicos	35
3.5 Parâmetros físico-químicos	35
3.6 Determinação de nitrogênio amoniacal	35
3.7 Ensaio Ecotoxicológico para avaliação de efeito agudo em <i>Daphnia similis</i>	36
3.8 Análise estatística	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Análises microbiológicas	38
4.1.1 Resultados de <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais das amostras do Canal 03	38
4.1.2 Resultados de <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais das amostras do Canal 07	40
4.1.3 Considerações sobre os resultados das análises microbiológicas entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem	42

4.2	Análises de fosfato dissolvido	44
4.2.1	Resultados das amostras do Canal 03	44
4.2.2	Resultados das amostras do Canal 07	45
4.2.3	Considerações sobre os resultados das análises de fosfato entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem	46
4.3	Análises de surfactantes	48
4.3.1	Resultados das amostras do Canal 03	48
4.3.2	Resultados das amostras do Canal 07	49
4.3.3	Considerações sobre os resultados das análises de surfactantes entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem	50
	51	
4.4	Análises físico-químicas	52
4.4.1	Resultados das amostras dos Canais 03 e 07	53
4.5	Análises de Nitrogênio Amoniacal	55
4.5.1	Resultados das amostras do Canal 03	55
4.5.2	Resultados das amostras do Canal 07	56
4.6	Ensaio de Toxicidade Aguda com <i>Daphnia similis</i>	57
4.6.1	Resultados das amostras do Canal 03	58
4.6.2	Resultados das amostras do Canal 07	59
4.6.3	Considerações sobre os resultados das análises ecotoxicológicas entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem	60
4.7	Considerações finais sobre os resultados das análises microbiológicas, químicas, físico-química e ecotoxicológicas	63
5.	CONCLUSÕES	66
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	75
	Testes de toxicidade padronizados pela ABNT e CETESB	75
	CEPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE	75
	Dados estatísticos referentes ao gráfico de <i>E. coli</i> – Canal 3	76
	Dados estatísticos referentes ao gráfico de Coliformes totais – Canal 3	77
	Dados estatísticos referentes ao gráfico de <i>E. coli</i> – Canal 7	78
	Dados estatísticos referentes ao gráfico de Coliformes totais – Canal 7	79
	Dados estatísticos referentes ao gráfico de <i>E. coli</i> – Canal 3	80

Dados estatísticos referentes ao gráfico de <i>E. coli</i> – Canal 7	81
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 3.....	82
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 7.....	83
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 3.....	84
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 7.....	85
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 3.....	86
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 7.....	87
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 3.....	88
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 7.....	89
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 3.....	90
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 7.....	91
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 3.....	92
Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 7.....	93

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido no município de Santos, localizado no litoral do Estado de São Paulo, região metropolitana da Baixada santista. O município de Santos tem por característica seus canais de drenagem de águas pluviais que cortam toda a cidade, que foram projetados pelo engenheiro sanitaria Saturnino de Brito com a finalidade de sanear a ilha e tornar habitáveis regiões alagadiças. Os canais de drenagem da cidade de Santos são os responsáveis pelo escoamento das águas pluviais para o mar, porém existem fatores que podem comprometer a qualidade da água que escoam nesses canais e, com isso, afetar a balneabilidade das praias de Santos (COELHO, 2013).

Esta pesquisa abrangeu o apontamento da contaminação presente no sistema de drenagem de água pluvial urbana com base nos resultados obtidos através de análises microbiológicas, físico-químicas, químicas e ecotoxicológicas. A abordagem adotada no estudo envolveu a coleta das amostras diretamente do sistema de drenagem urbana. Este sistema corresponde à sarjeta, que deposita a água coletada na boca de lobo, em seguida percorre pela tubulação de descarte (galeria) e, deste, por sua vez, é despejado no canal de drenagem do município e por fim é lançado ao mar (corpo d'água natural - receptor). Todo este percurso não apresenta formas de tratamento.

Conforme observado através das análises laboratoriais, a contaminação através do percurso deste sistema é notória, e ela acontece de diversas formas, desde ligações clandestinas de esgoto, o uso inadequado do espaço público e com as contribuições de práticas incorretas. O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade (GOULART; CALLISTO, 2010)

A partir dos resultados obtidos propõem-se soluções diretas que poderão modificar certas práticas e leis com relação ao meio urbano e suas edificações, a partir da adoção de novas regras para que haja resultados positivos nesta implantação, objetivando utilizar o melhor recurso para este fim.

As propostas para a solução dos males foram apontadas para o município em estudo, mas a estrutura desta proposta poderá ser implantada em qualquer outra área urbana. Este projeto foi em busca da qualidade do meio ambiente e um espaço urbano sustentável.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.1 A qualidade da Água e o Meio Ambiente

A água é um dos elementos naturais fundamentais para a sobrevivência de várias espécies. A qualidade da água no planeta está diretamente ligada ao equilíbrio do meio ambiente. Por suas características físico-químicas a água incorpora diversas impurezas presentes no ambiente, com a capacidade de transportar estas partículas, das quais se definem a qualidade da água. Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. A qualidade da água é determinada em função das condições naturais com influência do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Na condição natural, a contribuição ocorre através do escoamento superficial através da precipitação atmosférica (águas pluviais) e pelas infiltrações do solo, observando-se a contribuição de materiais orgânicos e inorgânicos na deposição de nossas águas, mesmo que seja em uma região que a bacia hidrográfica seja totalmente preservada. A interferência antrópica pode ser concentrada na forma de despejos domésticos e industriais, ou de forma dispersa por utilização de defensivos agrícolas ou na poluição do meio urbano e, portanto, a forma de uso e ocupação do solo feita pelo homem atinge diretamente a qualidade da água (Figura 1).

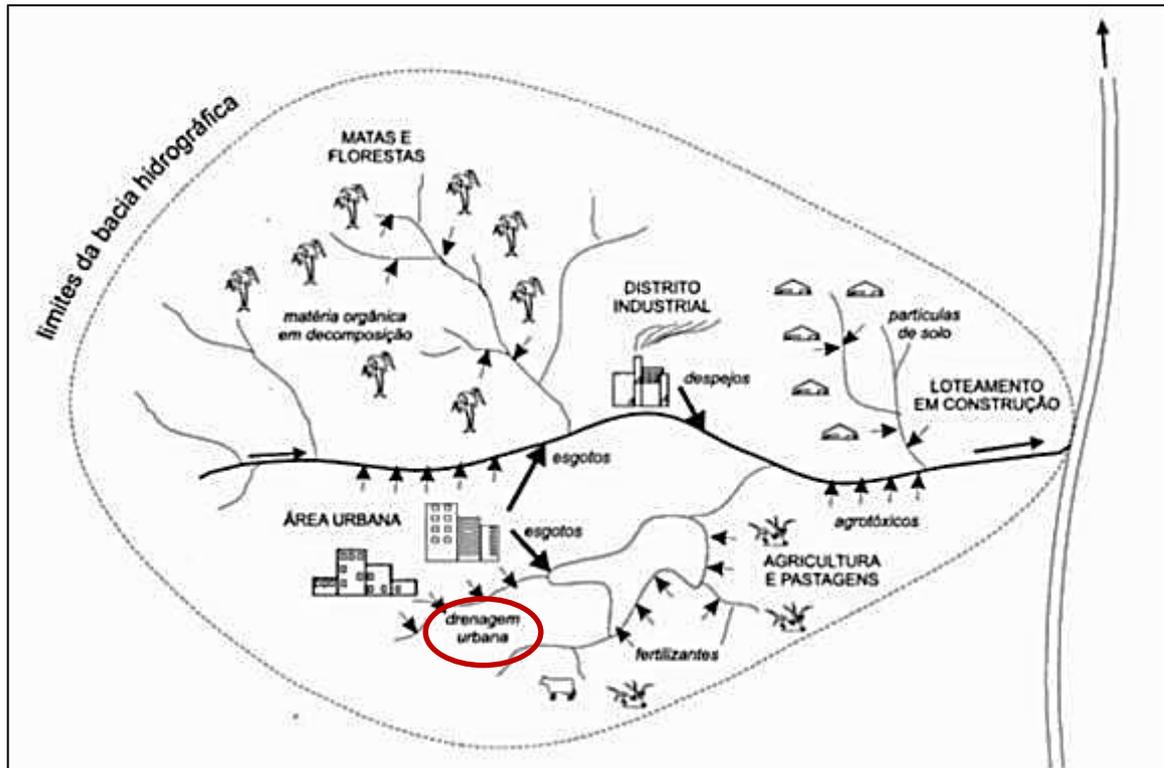


Figura 1 – Exemplo de inter-relação entre a qualidade das águas e o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica, com destaque ao sistema de drenagem urbana.

Fonte: Von Sperling (2005).

A água é o componente inorgânico de maior abundância na matéria viva, sendo 60% na composição do corpo de um ser humano e chega em até 98% em algumas espécies aquáticas. A distribuição da água no planeta é de 97% água do mar, 2,2% geleiras e 0,8% água doce (97% subterrânea e 3% superficial). Por esta razão, Von Sperling (2005), afirma que a preservação dos recursos hídricos é de extrema importância, pois da pequena fração de 0,8%, apenas 3%, se apresentam na forma superficial e de fácil extração para o consumo humano, tornando imprescindíveis os cuidados para evitar a contaminação da água.

1.1.2 Saneamento Básico e Saúde Pública

O saneamento básico é um dos mais importantes aspectos da saúde pública mundial. Estima-se que 80% das doenças e mais de 1/3 da taxa de mortalidade em todo o mundo decorram da má qualidade das águas utilizadas pela população e/ou da falta de esgotamento sanitário adequado (ALLAIS *apud* ANTUNES, 1996). O comprometimento da qualidade das águas para fins de abastecimento doméstico é

decorrente de poluição causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola (MERTEN; MINELLA, 2002).

Atualmente, a questão mais relevante no que concerne às águas no Brasil consiste na poluição causada pelos esgotos domésticos. Ao longo do tempo, os poderes públicos preocuparam-se com o abastecimento de água potável à população, mas não considerou que o tratamento de esgotos e a manutenção da boa qualidade das águas e dos corpos hídricos são tão importantes quanto o fornecimento de água (GRANZIERA, 2014).

A lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) define saneamento básico como o conjunto de quatro serviços públicos: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; drenagem urbana; e manejo de resíduos sólidos urbanos (coleta e disposição final do lixo urbano). Essa norma estabelece também as responsabilidades do titular dos serviços (Município) e dos prestadores, prevendo o planejamento municipal como o grande instrumento da política, com a fixação de metas a serem atingidas e um sistema de indicadores para aferição do cumprimento dessas metas. A forma da prestação dos serviços e a sua regularidade impactam positiva ou negativamente a qualidade das águas: 1. o esgotamento sanitário deve manter as condições de qualidade dos rios, permitindo sua utilização pelas populações a jusante (rio abaixo); 2. a limpeza urbana, com o propósito de manter a cidade limpa, evita que os resíduos sólidos acabem no leito dos rios; 3. a drenagem, além de minimizar os riscos de inundação nas cidades, pressupõe que as águas da chuva, ao passarem pela cidade, sejam tratadas antes de chegarem aos rios, para evitar a sua poluição.

A qualidade das águas também depende da forma que os municípios, titulares desses serviços, garantem a sua prestação. Considerando estes fatos, se faz necessária à articulação permanente como os Estados e a União, responsáveis pela gestão das águas. Segundo Granziera (2014), a resolução destas questões envolve superar uma cultura brasileira de que manter rios limpos é difícil, caro e, portanto, não vale o investimento. É necessário a conscientização de que o saneamento básico está diretamente ligado à saúde e inclusão social além de proporcionar redução nos custos com a saúde pública.

1.1.3 A Ecotoxicidade como ferramenta de controle

A toxicidade pode ser definida como a capacidade inerente do agente tóxico em produzir efeitos deletérios aos organismos vivos. O teste de toxicidade aquática é um procedimento no qual as respostas dos organismos aquáticos são usadas para detectar e medir os efeitos de uma ou mais substâncias, resíduos, ou fatores ambientais, sozinhos ou em combinação, durante um determinado tempo (CESAR, 1997).

A avaliação ecotoxicológica aguda de corpos d'água, com organismos aquáticos, constitui em uma abordagem exploratória para evidenciar um problema de qualidade de corpos hídricos que recebem despejos domésticos e industriais (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

Testes de toxicidade são ensaios laboratoriais, realizados sob condições experimentais específicas e controlados, utilizados para estimar a toxicidade de substâncias, efluentes industriais e amostras ambientais (águas ou sedimentos). Nesses ensaios, organismos-testes são expostos a diferentes concentrações de amostra e os efeitos tóxicos produzidos sobre eles são observados e quantificados (COSTA; OLIVI; BOTTA; ESPINDOLA, 2008 *apud* RIBO, 1997).

Os testes de toxicidade podem ser classificados em agudos e crônicos. Esses testes diferem na duração e nas respostas finais que são medidas. Os testes de toxicidade aguda são utilizados para medir os efeitos de agentes tóxicos sobre espécies aquáticas durante um curto período de tempo em relação ao período de vida do organismo-teste. Eles têm como objetivo estimar a dose ou concentração de um agente tóxico que seria capaz de produzir uma resposta específica mensurável em um organismo-teste ou população, em um período de tempo relativamente curto, geralmente de 24 a 96 h. Testes de toxicidade crônica são realizados para medir os efeitos de substâncias químicas sobre espécies aquáticas por um período que pode abranger parte ou todo o ciclo de vida do organismo-teste (GHERARDI-GOLDSTEIN; BERTOLETTI; ZAGATTO et al., 1990).

As análises com organismos-teste, *Daphnia similis*, foram avaliadas em efeito agudo conforme norma vigente. Através da primeira tabela em Anexo, é possível observar a legalidade do teste que comprova em uma análise efetuada por Costa, Olivi, Botta e Espindola (2008), com base nas normas brasileiras.

A CETESB aplica no estado de São Paulo a utilização de testes de toxicidade para o controle e monitoramento dos corpos receptores e seus efluentes, através de bioensaios com organismos aquáticos, que é um importante instrumento utilizado pelos órgãos públicos e privados de Controle Ambiental, tanto internacionais como a nível nacional, colocando em prática dentro da sua sistemática de ação (CESAR, 1997).

1.1.4 A qualidade dos Recursos Hídricos e a influência da área urbana

Este tema foi abordado pela necessidade de avaliar uma degradação do meio ambiente através de práticas legais e realizadas no contexto urbano. O fato de o autor ter um contato direto com projetos de infraestrutura urbana, bem como, projetos de drenagem de águas pluviais, por deter o conhecimento do lançamento final deste disposto é que, por fatores ecologicamente corretos, esta questão foi abordada e defendida para que haja uma solução justa do seu uso para com o meio ambiente. A poluição nos cursos d'água e o volume de resíduo sólido gerado em um ambiente urbano são problemas antigos, mas que estão ganhando maior atenção no cenário mundial devido as suas consequências ambientais. Segundo Araújo e Santaella (2003), a preocupação com a qualidade dos recursos hídricos teve início na década de 70, quando houve um aumento da deterioração da qualidade das águas provenientes do lançamento de esgoto e águas residuais. Na área urbana temos diversos fatores que prejudicam os recursos hídricos na perda da qualidade de nossas águas. Tucci (2001) afirma que as principais fontes de poluição são as cargas pontuais, ou seja, através do esgoto doméstico, das águas pluviais e de efluentes industriais e classificam como cargas difusas o escoamento urbano. De acordo como foram desenvolvidas as cidades brasileiras, a poluição se intensifica em malhas urbanas, incluindo todo resíduo gerado. Lee e Bang (2000) afirmam que a poluição difusa vinda do escoamento tem sido identificada como a maior causa da deterioração dos corpos receptores e que muitas vezes o impacto da contribuição de um evento de precipitação é maior que a carga de efluente sanitário.

As ações antrópicas causam contínua degradação do meio ambiente e se colocam com um desafio para a gestão de recursos. Para elucidar os fatos comprobatórios foi necessário um trabalho de amostragem e análises em pontos estratégicos no município de Santos. A pesquisa de Coelho (2013) veio para

contribuir com as análises elaboradas nos canais de Santos com dados e amostras para geração de novas conclusões e aplicações.

1.1.5 O sistema de drenagem de águas pluviais

É conveniente para a comunidade que a área urbana seja planejada de forma integrada, isto é, que todos os melhoramentos públicos sejam planejados coerentemente. Se existirem planos setoriais, regionais, quer municipais, estaduais ou federais, é desejável que haja perfeita compatibilidade entre o plano de drenagem urbana e esses planos. Quando o sistema de drenagem não é considerado desde o início da formulação do planejamento urbano, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se ao mesmo tempo de alto custo e ineficiente. Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá independentemente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores (SÃO PAULO, 2012).

Nas áreas urbanas, no entanto, tal processo sofre modificações marcantes. Segundo Botelho (2011), toda essa diversidade de caminhos do sistema natural é reduzida ao binômio escoamento e infiltração, com maior participação do primeiro. Em virtude da quase total ausência de uma cobertura vegetal, nessas áreas as demais possibilidades de trajetória da água são praticamente eliminadas. Nas áreas urbanas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação de rios, entre outros, que acabam por reduzir drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas que assume assim um padrão mais concentrado, gerando o aumento da magnitude e frequência das enchentes. O primeiro impacto é causado pelo aumento do volume escoado, devido à impermeabilização do solo e conseqüente diminuição da infiltração, fazendo com que uma parcela maior da chuva se transfira para os cursos d'água da bacia através do escoamento superficial (NASCIMENTO, 2011).

Estudos sobre o assunto apontam que o primeiro passo para a eficiência do setor seria a criação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, no qual o estudo dos aspectos hidrológicos é fundamental para o dimensionamento do sistema de drenagem e criação de soluções alternativas para áreas de risco, aliado ao uso e

ocupação racional do solo, que deve ser compatível com a capacidade de macrodrenagem da região (NASCIMENTO, 2011).

O sistema de drenagem de águas pluviais é composto de sarjeta, boca de lobo, tubulação de água pluvial, poços de visita, galeria e canal (Figura 2). A água pluvial cai sobre as casas, passeios públicos (calçada), praças e leito carroçável (via pública) e destas superfícies ela percorre até a sarjeta, que se encontra na face da guia, e despeja esta água na BL (boca de lobo), que por sua vez percorre pela tubulação, passando pelo PV (poço de visita), que está ao centro da via. E por esta tubulação central o conteúdo, ao final, passa pela galeria (tubulação) que é despejada no corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento. Porém, o município de Santos, dispõem da coleta e tratamento parcial deste efluente, que ocorre em dias sem chuvas em que as comportas dos canais 1 ao 6 estão fechadas (exceto o canal 7 – não possui comporta). Este efluente é direcionado a EPC (Estação de Pré-Condicionamento - Esgoto) e lançado no ES (Emissário Submarino). Por este motivo devemos ter muita atenção para este sistema que pode ser um grande condutor de contaminantes para os corpos d'água. As coletas para esta pesquisa segue o percurso destas águas através do sistema, percorrendo sarjeta, galeria e canal (às margens do canal de drenagem da cidade).

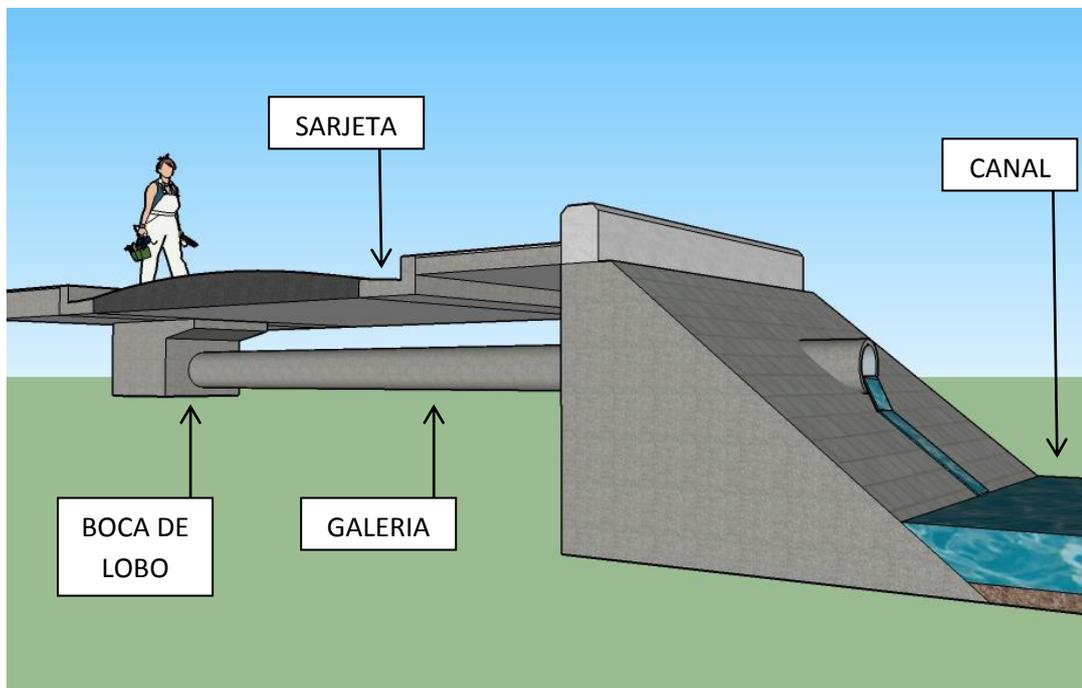


Figura 2 – Perspectiva do Sistema de Águas Pluviais – conjunto de sarjeta, BL (boca de lobo), tubulação de drenagem (galeria) e Canal.

Fonte: Arquivo pessoal.

Na cidade de Santos, existem setes canais de drenagem pluvial (Figura 3) que desembocam na orla da praia, os quais seis apresentam sistema de comporta que isolam estas águas da orla da praia e as conduzem através de uma tubulação para a Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC) com exceção do canal 7. Em períodos de alta pluviosidade as comportas são abertas e as águas pluviais presentes nos canais (e o material dissolvido) são despejadas diretamente no mar (AMBROZEVICIUS, 2010; COELHO, 2012).

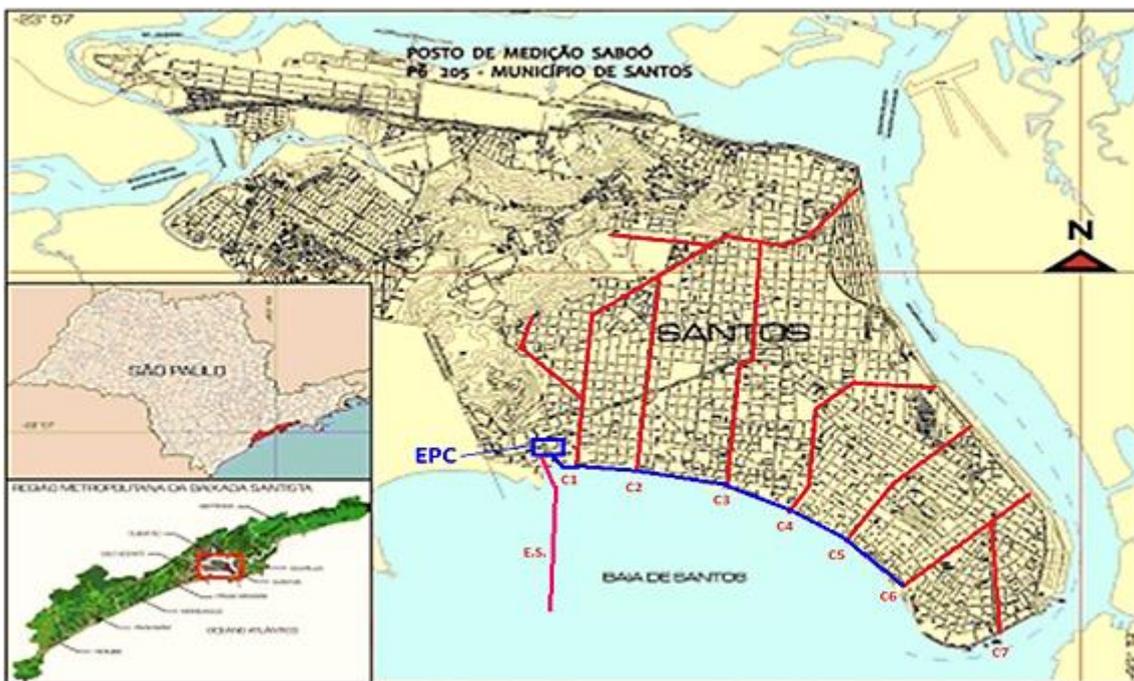


Figura 3 - Mapa da cidade de Santos destacando os sete dos canais de drenagem pluvial (C1-C7) e a tubulação de condução para a EPC.

Fonte: Coelho (2012) e Freitas & Muniz (2012)

1.1.6 O projeto arquitetônico e sua influência no meio urbano

A Arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que pretende criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental,

para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações (CORBELLA e YANNAS, 2003)

Segundo Gonçalves e Duarte (2006), a arquitetura modernista brasileira, especialmente durante o período de 1930 a 1960, mostrou características bioclimáticas, das quais se pode destacar o emprego de quebra-sóis e cobogós, amplamente adotados por arquitetos desse período. Entre os arquitetos brasileiros atuantes nessa época, Lúcio Costa foi um dos que cumpriu um papel exemplar na educação e na prática arquitetônica, na medida em que ressaltava a importância da compreensão das condições Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino, características climáticas e da geometria solar para a concepção de projetos.

Estudos sobre o desempenho ambiental de algumas obras desse período demonstram, inclusive, que, em muitos casos, elementos como quebra-sóis, clarabóias e aberturas para a ventilação natural não foram exatamente projetados para o conforto ambiental, e sim por preocupações formais para mostrar que havia resultados para esta preocupação ambiental como forma de protocolo a ser cumprido na questão do desempenho da luminosidade natural e na ventilação (RUSSO, 2004).

As edificações são projetadas com atendimento as normas técnicas e as leis de uso e ocupação do solo. De acordo com a norma da ABNT - NBR 10844/1989, são previstos em projeto que a caixa de areia tenha a sua tampa com ralo para a descarga da chuva que percorre o piso externo da edificação.

O piso externo da edificação possui apenas o ralo do sistema de águas pluviais como despejo daquele espaço (Figura 4). Toda a lavagem executada neste piso externo ou de qualquer outro elemento que utilizar este espaço estará transferindo a água de descarte com produto químico direto para a rede de drenagem de águas pluviais, que por sua vez, levará este efluente ao corpo d'água natural.



Figura 4 – Perspectiva esquemática da drenagem de águas pluviais de uma residência (calha, condutor e caixa de areia) e com lançamento à rede pública.

Fonte: Arquivo pessoal.

1.1.7 Práticas negativas no espaço público

O espaço urbano (público) pode ser definido como o conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si. Tais usos definem áreas, como: o centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de serviço e de gestão; áreas industriais e áreas residenciais, distintas em termos de forma e conteúdo social; áreas de lazer; e, entre outras, aquelas de reserva para futura expansão. Este conjunto de usos da terra é a organização espacial da cidade ou simplesmente o espaço urbano fragmentado (CORRÊA, 1995).

É evidente que os problemas urbanos são, acima de tudo, da competência local e nacional; no entanto, existe o espaço para uma ação comunitária que possa identificar os problemas comuns e estimular a troca de experiências, procurando soluções mais adequadas (RIPA DI MEANA, 1990).

Somente 2% da superfície do nosso planeta estão ocupadas pelas chamadas grandes cidades, as quais consomem 75% dos recursos naturais explorados pelo homem (DIAS, 2002). No Brasil, grande parte da população reside em cidades, mais

da metade (56,1%) da população vive em 304 municípios, segundo o último senso divulgado pelo IBGE (2015).

A crescente e desordenada urbanização e suas consequências sobre as comunidades naturais, sempre fizeram parte das pautas de diferentes encontros internacionais sobre meio ambiente e sustentabilidade. Apesar da urgência dos números, as cidades continuam crescendo por todo o mundo, consumindo recursos e contribuindo para uma perda sensível da qualidade ambiental, especialmente relacionada aos recursos hídricos. Dentro desse panorama, a educação e conscientização das gerações presente e futura possui um valor indiscutível no processo de mudança de atitude, criando novas alternativas aos problemas trazidos pelo nosso estilo de vida (GRANDISOLI, 2008).

Dentre as práticas negativas exercidas no espaço público, que contaminam diretamente o sistema de águas pluviais e seu corpo receptor, está o lançamento de esgoto incorreto, a lavagem de veículos, lavagem de térreos de casas e edifícios, lavagem de calçadas, a feira livre com o acúmulo de resíduos e a lavagem da via pública ao final do evento, resíduos sólidos (desde papel de bala a garrafa pet) despejados no passeio ou jogados diretamente no canal e os dejetos de animais domésticos. Este último problema, encontra-se hoje, de forma mais controlada e a maioria da população faz a limpeza do local. Mas todos os outros pontos negativos apontados não possuem se quer a atenção do poder público para que haja ações efetivas. Para o esgoto clandestino falta fiscalização e normalização com a atitude do poder público, sendo que esta situação é inadmissível em área urbana que possui rede de coleta esgoto. Uma grande parte dessas ações está diretamente ligada à mudança de atitude da população que apenas se motiva através de multas. A feira livre está diretamente ligada a uma mudança política e um rearranjo para esta atividade. Já os projetos de edificações deverão passar por uma atualização na norma e inserir de alguma forma uma solução para este caso.

O meio urbano é de todos e o homem faz o mau uso deste espaço. Deve-se mudar as atitudes e as leis para conquistarmos um ambiente saudável.

1.1.8 Legislação Ambiental para controle das Águas

As legislações pertinentes a este estudo englobam os aspectos abordados na resolução CONAMA 357/2005, que classifica e determina parâmetros para

demonstrar a qualidade do corpo d'água, e CONAMA 274/2000 que estabelece critérios sobre balneabilidade de águas, sendo esta definida como o estudo da qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário.

A revisão da Resolução 357, de 17 de março de 2005, advinda da Resolução 20/86, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece os padrões de lançamento de efluentes. Esta legislação é constantemente atualizada por meio de outras novas Resoluções CONAMA 370/06, 397/08, 410/09 e 430/11. A classificação dos corpos d'água é dividida em três categorias:

- I. águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %
- II. águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %
- III. águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %

Para este estudo, elaborado nos canais de Santos, foi classificado como água doce de classe 2, conforme Decreto Estadual nº10755/77 (SP), as quais podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e) à dessedentação de animais.

A Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000, especifica critérios sobre balneabilidade de águas, sendo esta definida como a análise da qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário. A recreação de contato primário é entendida como um contato direto e prolongado com as águas (ex. natação, mergulho, esquiaquático), onde a possibilidade de ingerir grandes quantidades de água é significativa. A utilização de tal resolução para efeitos comparativos no presente estudo considera o contato humano com estas águas mediante a aberturas do sistema de comportas, e despejo estas águas diretamente no mar (COELHO, 2013).

Este estudo visou analisar a qualidade das águas pluviais urbanas despejadas nos canais de drenagem urbana de Santos em período de alta pluviosidade. Este diagnóstico, que contemplou análises físico-químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas, possibilitará determinar uma possível influência das águas pluviais do sistema de drenagem urbana na qualidade ambiental do corpo d'água receptor, com o intuito de minimizar os problemas relacionados à saúde ambiental do meio urbano.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve por objetivo geral analisar a qualidade das águas pluviais urbanas do sistema de drenagem do município de Santos (São Paulo, Brasil), em períodos de alto índice pluviométrico.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar as coletas das águas nos pontos que fazem parte do sistema de drenagem urbana: sarjeta, galeria e canal e também coletar a água da chuva (sem o contato com o ambiente físico);
- b) Realizar a caracterização físico-química das amostras, através das análises das variáveis: temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido;
- c) Realizar a caracterização química das amostras, através das análises das variáveis: nitrogênio amoniacal, fosfato dissolvido e surfactantes aniônicos;
- d) Realizar a caracterização microbiológica, através da análise de bactérias indicadores de contaminação fecal (coliformes totais e *Escherichia coli*);
- e) Analisar os efeitos ecotoxicológicos da sensibilidade dos organismos vivos por meio de ensaios de toxicidade aguda com *Daphnia similis*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O local do estudo é o município de Santos, que é dividido em área Insular e área Continental, localizada no Estado de São Paulo na chamada Região Metropolitana da Baixada Santista. Considerando que o presente estudo é referente aos danos gerados pela contaminação das águas pluviais urbanas concentradas nos canais de drenagem da cidade e despejados diretamente ao mar, esta situação será abordada na área insular, ambiente mais populoso e ocupado pela malha urbana. A localização do município de Santos no Estado de São Paulo está apresentada na figura 5.



Figura 5 - Imagem Cartográfica do Estado de São Paulo com destaque ao município de Santos.

Fonte: Google Maps (2015)

3.1 Coleta

Os procedimentos da coleta seguiram um contexto de investigação do percurso da água pluvial captada sequencialmente em cada ponto de análise: a água da chuva, a água na sarjeta, na saída da galeria e na água depositada no canal (figura 6).

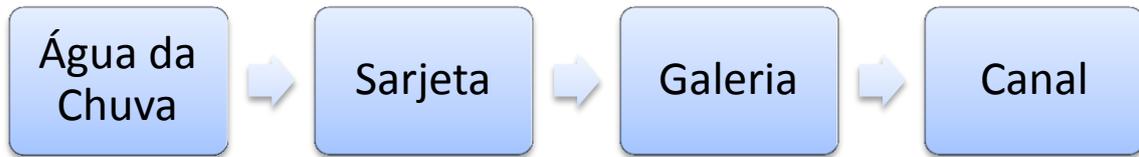


Figura 6 - Procedimento de coleta. Pontos de avaliação do percolado dos contaminantes.

Fonte: Arquivo pessoal.

Os locais de abordagem foram os canais 03 e 07. Sendo, o canal 03 com dois pontos de coleta (P01 e P02) ao longo do seu trecho aberto e sua escolha foi por estar em um ponto estratégico no meio da ilha e receber a influência de uma ocupação densa e inicial da cidade; e o canal 07, também com dois pontos de coleta (P03 e P04), foi escolhido por estar em uma porção mais nova na ocupação da ilha, menos densa e também por estar próximo ao canal do estuário de Santos. Os pontos de coleta das amostras estão apresentados na figura 7.



Figura 7 - Imagem Cartográfica do Município de Santos com a localização dos pontos de coleta no canal 3 e no canal 7 com a identificação dos pontos de coleta. Canais abertos com linha contínua (cor azul) e trecho coberto com linha tracejada (cor azul).

Fonte: Google Maps (2015)

As informações referentes às coordenadas dos pontos coletados foram retiradas através do software Google Earth e estas coordenadas coletas foram convertidas, através da calculadora geográfica do INPE, para coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) que possuem valores em metro, conforme tabela 1. Cada ponto amostrado recebeu uma sigla correspondente à sua localização, sendo: P01 como C03-A, P02 como C03-B, P03 como C7A e P04 como C7B. Os pontos C3-CH e C7-CH, correspondentes a água da chuva coletada sem contato com o meio físico, serviram como controle de referência dos demais pontos levantados.

Tabela 1 - Coordenadas UTM e Identificação das Amostras dos pontos de coleta.

Tabela de Coordenadas (UTM) e Identificação das Amostras						
PONTO	ESTE (x)	NORTE (y)	CHUVA	SARJETA	GALERIA	CANAL
P 01 (C3A)	365132,2816	7351125,3397	C3 - CH	C3A - S	C3A - G	C3A - C
P 02 (C3B)	364876,5232	7349581,7554		C3B - S	C3B - G	C3B - C
P 03 (C7A)	367754,9343	7347126,3943	C7 - CH	C7A - S	C7A - G	C7A - C
P 04 (C7B)	367828,2293	7346319,5713		C7B - S	C7B - G	C7B - C

Para efetuar as coletas houve um acompanhamento, através das informações oficiais do INPE, para obter a previsão do tempo e estimar as datas para saída a campo. As coletas eram previstas em datas que constavam no mínimo 90% de chance de chuva. O parâmetro mínimo utilizado para a quantidade de chuva e equivalência das amostras foi de 5 a 8 mm/h, conforme Anexo. A primeira coleta, referente às amostras do canal 03, foi realizada na data de 19 de Junho de 2015 e a segunda coleta, referente ao canal 07, foi realizada na data de 14 de Setembro de 2015. As coletas se estabeleceram em dias de alta densidade pluviométrica para obter sucesso na qualidade das amostras desejadas.

Para cada ponto de coleta foram coletadas 3 amostras, sendo acondicionadas em garrafa âmbar, à temperatura (+/-5°C), até o momento do processamento no laboratório.

3.2 Determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes

Para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, o método adotado foi da técnica da filtração em membranas (modificado de CETESB, 2007 e APHA, 2012).

As amostras coletadas foram homogeneizadas 25 vezes, inclinando-se o frasco de modo a formar um ângulo de aproximadamente 45° entre o braço e o antebraço, e com o auxílio de uma pipeta estéril, foram transferidos 5 mL para um frasco contendo 45 mL de uma solução de diluição estéril. A partir da diluição anterior, transferiu-se 1 mL para um novo frasco contendo 99 mL de solução de diluição estéril, obtendo-se então a diluição final de 1000 vezes a partir da amostra inicial. Em seguida, transferiram-se 10 mL para um novo frasco contendo 90 mL de solução de diluição estéril, sendo que este último volume servirá apenas como meio de suporte para a transferência das possíveis bactérias existentes na amostra, possibilitando que se distribuam uniformemente na superfície da membrana ao ser efetuada a filtração.

Após todo o procedimento de diluição, o volume total do último frasco foi filtrado através de uma membrana estéril quadriculada com porosidade de 0,45 µm, sendo as mesmas dispostas, com o auxílio de uma pinça estéril, em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog), obedecendo aos cuidados de assepsia e, a cada filtração, o porta-filtro foi lavado com água de diluição estéril. O meio de cultura utilizado no ensaio, trata-se de um meio cromogênico que permite uma rápida identificação e enumeração simultânea de *E. coli* e outros coliformes, onde a diferenciação é realizada a partir da coloração das colônias (Manafi, 1996; APHA, 2012).

Após as filtrações, as placas contendo o meio de cultura e a membrana foram colocadas em posição invertida em bandejas e incubadas a 35 ± 0,5°C, durante 22-24 horas. Após o tempo de incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *Escherichia coli* (Figura 8).

Os resultados foram expressos como Unidade Formadoras de Colônias (UFC)/100mL, de acordo com a equação (1):

$$\text{UFC}/100\text{ml} = \frac{\text{NTC} \times \text{DE} \times 100}{\text{VFA}}$$

Sendo:

UFC: unidade formadora de colônia;

NTC: número total de colônias;

DE: diluição empregada;

VFA: volume filtrado da amostra (mL).

Sendo que a diluição empregada foi igual a 1000 vezes e o volume filtrado foi igual a 10 mL.

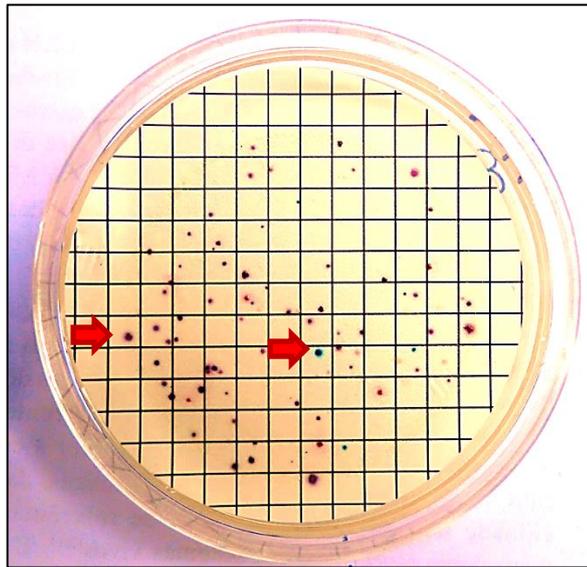


Figura 8 - Placa de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes, destacando colônias de *E. coli* e os outros coliformes.

3.3 Determinação de fosfato

A determinação de Fosfato dissolvido foi realizada pelo método Azul de molibdênio, através da utilização de kit adquirido do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil). As determinações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante, efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (CELM®, modelo E-225-D) em comprimento de onda (λ) igual a 650 nm. Os resultados dos teores de fosfato das amostras foram calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de Fosfato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg.L⁻¹, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

3.4 Determinação de surfactantes aniônicos

A determinação de surfactantes foi realizada por metodologia adaptada do Standard Methods 21^a ed. 3500 B, 3-58 (2005), através da utilização de Kit adquirido do fabricante Alfakit (Santa Catarina, Brasil), e os surfactantes aniônicos (ou detergentes) foram determinados como compostos que reagem com o azul de metileno em condições especificadas (MBAS – Metilene Blue Active Substances) e, sendo suas concentrações relativas ao sulfonato de alquil benzeno de cadeia linear (LAS), que é utilizado como padrão na análise, efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (CELM®, modelo E-225-D) em comprimento de onda (λ) igual a 650 nm. Os resultados dos teores de surfactantes das amostras foram expressos como MBAS (mg.L⁻¹), e calculados por meio de curva construída a partir de solução padrão de LAS (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 5 mg.L⁻¹, utilizando-se o programa Microsoft Excel for Windows versão 2010.

3.5 Parâmetros físico-químicos

Em todas as amostras coletadas dos pontos C3-CH, P01 (C3A-S, C3AG e C3AC), P02 (C3B-S, C3B-G e C3B-C), C7-CH, P03 (C7A-S, C7A-G e C7B-C) e P04 (C7B-S, C7B-G e C7B-C) das águas pluviais no sistema de drenagem para avaliação do material percolado pelo percurso da chuva, foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido (OD). Todos estes testes foram efetuados no Laboratório de Ecotoxicologia da Unisanta com os seguintes aparelhos de medição: a temperatura e o (OD) foram medidos com o uso do equipamento portátil Instrutherm, modelo MO-910; a salinidade com o refratômetro de salinidade (Shibuya®, modelo 145); o pH com o pHmetro (micronal®, modelo B474).

Todos estes procedimentos foram feitos com análise direta da amostra ambiental com leitura automática dos aparelhos citados.

3.6 Determinação de nitrogênio amoniacal

A concentração de nitrogênio amoniacal foi determinada pela metodologia volumétrica 4500-D com destilação preliminar como descrita no Standard Methods

for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999). 500 mL da amostra foram tamponados em pH 9,5 com 25 mL de tampão de borato. Em seguida, a amostra foi destilada e o nitrogênio amoniacal é coletado em 50 mL de uma solução absorvente de ácido bórico. Esse destilado foi titulado com o uso de um indicador colorido utilizando uma solução de H₂SO₄ 0,02 normal. Os valores observados no término da titulação foram rodados em tabela em função dos parâmetros físico-químicos (salinidade, pH, temperatura e oxigênio dissolvido), gerando automaticamente os valores de amônia total e amônia na forma não-ionizada em mg.L⁻¹.

3.7 Ensaio Ecotoxicológico para avaliação de efeito agudo em *Daphnia similis*

Ensaio agudos de toxicidade avaliam em geral efeitos severos e rápidos que ocorrem em um curto espaço de tempo nos organismos testados, avaliando a mortalidade e imobilidade destes, ou seja, obtêm-se com esta análise uma resposta imediata do organismo em relação ao composto/amostra ao qual foi exposto. Como exemplo, tem-se o ensaio agudo com *Daphnia similis*, com uma duração de 48hs em um sistema estático, onde não ocorrem alimentação nem troca da amostra a ser testada. Por serem menos custosos e de fácil realização, estes foram os precursores dos ensaios ecotoxicológicos atuais (POMPÊO, 2015).

O ensaio de ecotoxicidade aguda, conforme NBR 12713/2009, com o micro crustáceo bioindicador *Daphnia similis*, a chamada pulga d'água, foi realizado com o Controle ("água de *Daphnia*" – meio de cultivo) e com as amostras ambientais (canais 03 e 07). Cada amostra, controle e demais amostras ambientais, foram condicionadas em tubos de ensaio organizados em estante e devidamente identificado com 4 réplicas cada. Não houve diluições neste processo. Após completar os tubos de ensaio com 10mL do controle e das amostras ambientais, com 4 réplicas cada, adicionou-se a quantidade de 5 neonatas (filhotes de *Daphnia similis*) em cada frasco através de pesca com pipeta pasteur e o auxílio de lâmpada fluorescente, sendo que, as neonatas estão armazenadas em béquer de 100mL em água do meio de cultivo. Transferiu-se as neonatas aos tubos de ensaio e em seguida armazena este material organizado em estante, e posteriormente é acomodado em um refrigerador chamado câmara de germinação, que mantém sua

temperatura em aproximadamente 21,5°C para ambientar os indivíduos. Após 48 horas na câmara de germinação foi retirada a estante com os conteúdos e avaliados conforme a mortalidade ou imobilidade das neonatas sujeitas ao teste. A leitura foi realizada a olho nu com o auxílio de lâmpada fluorescente para conseguir classificar o número de organismos-teste.

Em paralelo aos testes foram elaborados ensaios de sensibilidade com o meio de germinação dos organismos teste com resultados dentro do parâmetro exigido. Os limites estabelecidos variam de 331,42 a 651,99mg/L de sulfato de zinco - ZnSO₄.

3.8 Análise estatística

Os resultados das análises microbiológicas, químicas e físico-químicas foram expressos como média ± desvio padrão (DP) para cada ponto analisado com 3 réplicas para efetuar a média amostral (n=3).

As diferenças estatísticas da comparação dos pontos distintos foram detectadas com o uso do teste análise de variância (ANOVA) com teste comparativo de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, estabelecendo-se como controles as amostras coletadas das águas das chuvas (pontos C3-CH e C7-CH).

Para a comparação entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem (ex. sarjeta do canal 03 - C3A-S e C3B-S) utilizou-se o teste ANOVA com teste posteriori de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Os resultados dos ensaios de toxicidade foram expressos como média ± desvio padrão (DP) para o controle e cada ponto analisado com 4 réplicas para efetuar a média amostral (n=4). As diferenças estatísticas da comparação dos pontos distintos foram detectadas com o uso do teste análise de variância (ANOVA) com teste comparativo de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001. O controle das amostras foi a água de cultivo de *Daphnia similis*. Estas análises estatísticas dos ensaios de toxicidade foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03. Para comparar mais de um tratamento com o controle, utiliza-se dentre vários testes, o Dunnett, teste estatístico que, além da normalidade dos dados e da homogeneidade das variâncias, requer para a sua aplicação igual número de réplicas em todos os grupos, conforme CETESB 2007. Os valores estatísticos que resultaram os gráficos dos resultados se encontram em anexo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises microbiológicas

4.1.1 Resultados de *Escherichia coli* e coliformes totais das amostras do Canal 03

As amostras coletadas de sarjeta, galeria e canal nos pontos de coleta de canal 03 apresentaram em média valores de *E. coli* acima do limite de 2.000 UFC/mL, apresentando diferenças significativas para os pontos C3B-G e C3B-C em relação ao controle (água da chuva), sendo estas águas consideradas impróprias para o exercício da recreação de contato primário de acordo com limites estabelecidos pela resolução CONAMA 274/00 de $0,2 \times 10^4$ UFC/100ml (Figura 9).

O contato direto com estas águas ocorre com humanos e seres aquáticos quando a comporta deste canal é aberta e seu desague acontece diretamente na praia com o seu lançamento ao mar (Figura 3). A *E. coli*, bactéria pertencente ao grupo dos coliformes, é abundante em fezes humanas e de animais, portanto há uma contaminação direta através de resíduo fecal recente.

Interessante é notar o percolado deste contaminante presente de forma gradual crescente no ponto B e também com valores mais elevados em relação a este ponto (B). É possível afirmar que há dois fatores prováveis desta contaminação, sendo eles, a ligação irregular de esgoto na rede de águas pluviais e/ou a presença de fezes de diversos animais que são depositados nos espaços urbanos.

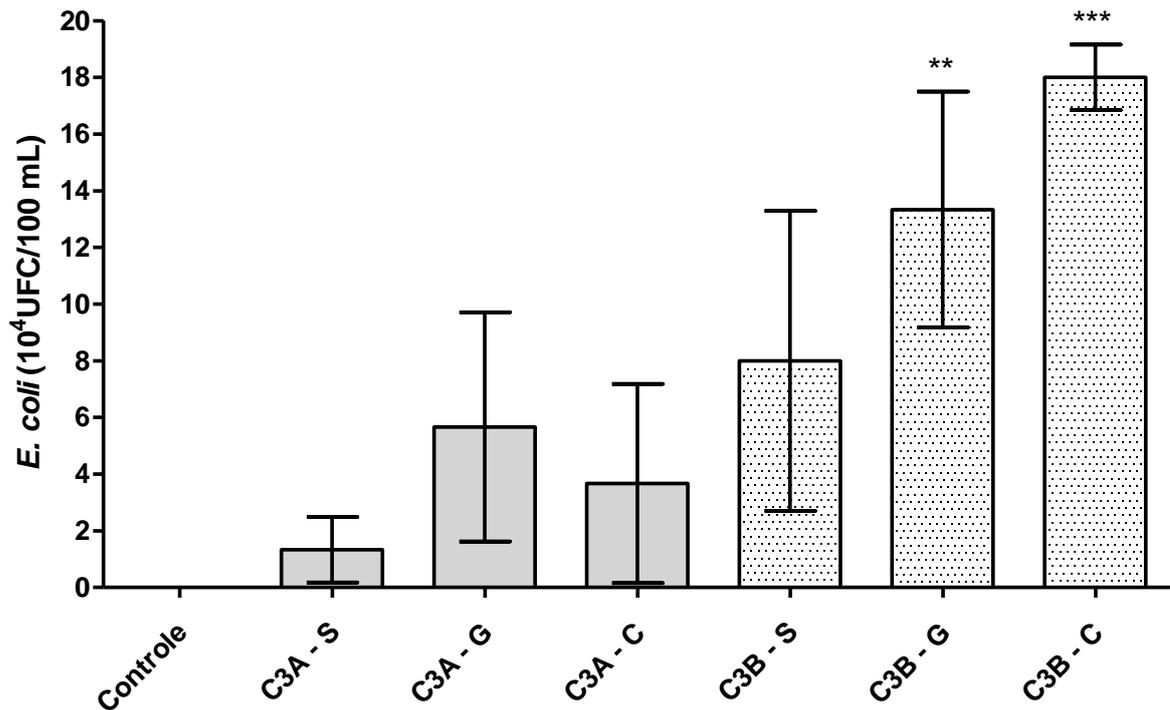


Figura 9 - Resultados das análises de *Escherichia coli*. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

De maneira similar às análises de *E. coli*, os valores para as análises de coliformes totais expressam maior volume contaminante presente nos pontos C3B-G e C3B-C e apresentando uma diferença significativa em relação ao controle (Figura 10). Os dados obtidos nos pontos amostrados conferem a presença excessiva de coliformes, com padrão de distribuição ao longo do sistema de drenagem similar à presença do principal coliforme indicador de contaminação fecal (*E. coli*). Os valores obtidos para as análises de coliformes fecais se encontram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 274/00.

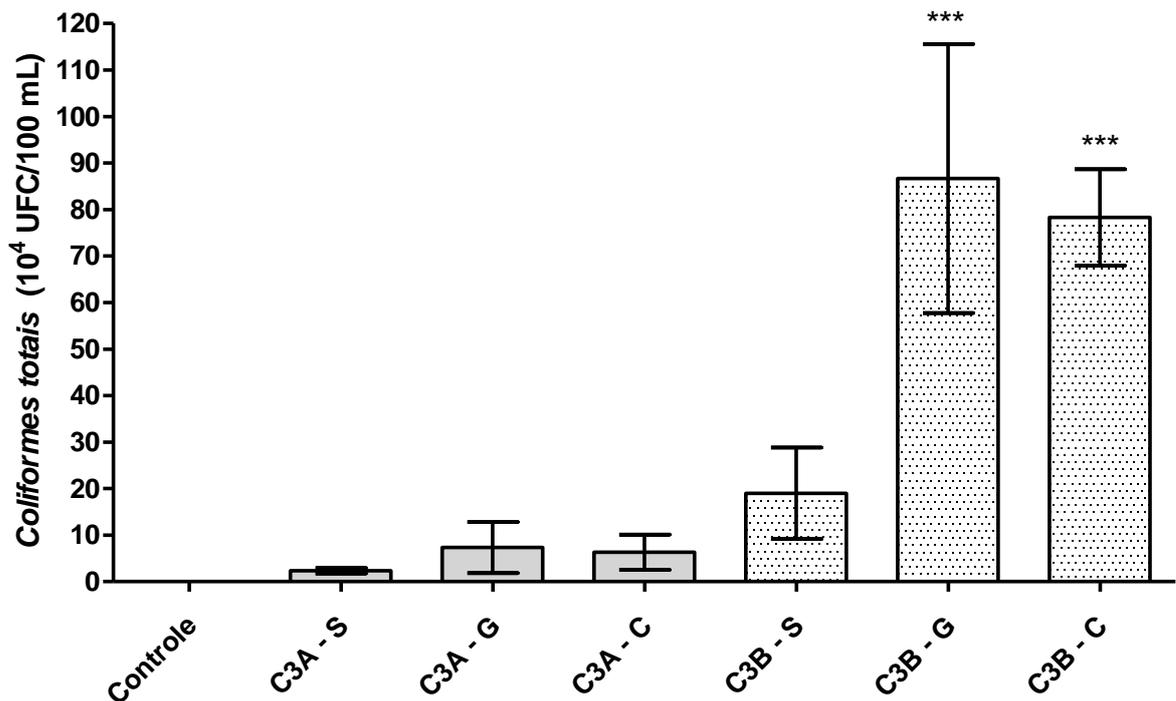


Figura 10 - Resultados das análises de coliformes totais. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

A combinação destes resultados confirma a presença de contaminação no sistema de drenagem pluvial com origem fecal, refletindo diretamente na qualidade destas águas e o alerta ao contato direto com perigo eminente. Estes resultados revelam um grave problema de saúde pública. Com a abertura das comportas e o escoamento destas águas no mar torna-se um meio direto de contaminação aquática e risco a balneabilidade de nossas praias, possibilitando a disseminação de doenças de contaminação oral-fecal, como hepatite A e rotavírus.

4.1.2 Resultados de *Escherichia coli* e coliformes totais das amostras do Canal 07

As amostras coletadas nos pontos C7A e C7B apresentaram valores de *E. coli* acima do limite de 2.000 UFC/mL (Figura 11), sendo estas águas consideradas impróprias para o exercício da recreação de contato primário de acordo com limites estabelecidos pela resolução CONAMA 274/2000. O contato direto poderá ocorrer com humanos e seres aquáticos especialmente porque este canal é o único que não

apresenta o sistema de comporta e o seu desague acontece diretamente próximo à praia, no canal do estuário, com o seu lançamento ao mar.

Os resultados obtidos revelaram valores expressivos no ponto C7A-G, diferentemente dos resultados apresentados para o canal 03 (em forma gradiente) e, é notável a presença da ligação de esgoto irregular conectado ao sistema de drenagem de águas pluviais através da boca de lobo. É possível afirmar que o número elevado destes microrganismos presentes nas amostras indica a ligação irregular de esgoto, fortemente indicado também através da aparência oleosa e forte odor observado no momento das coletas na galeria do ponto C7A-G.

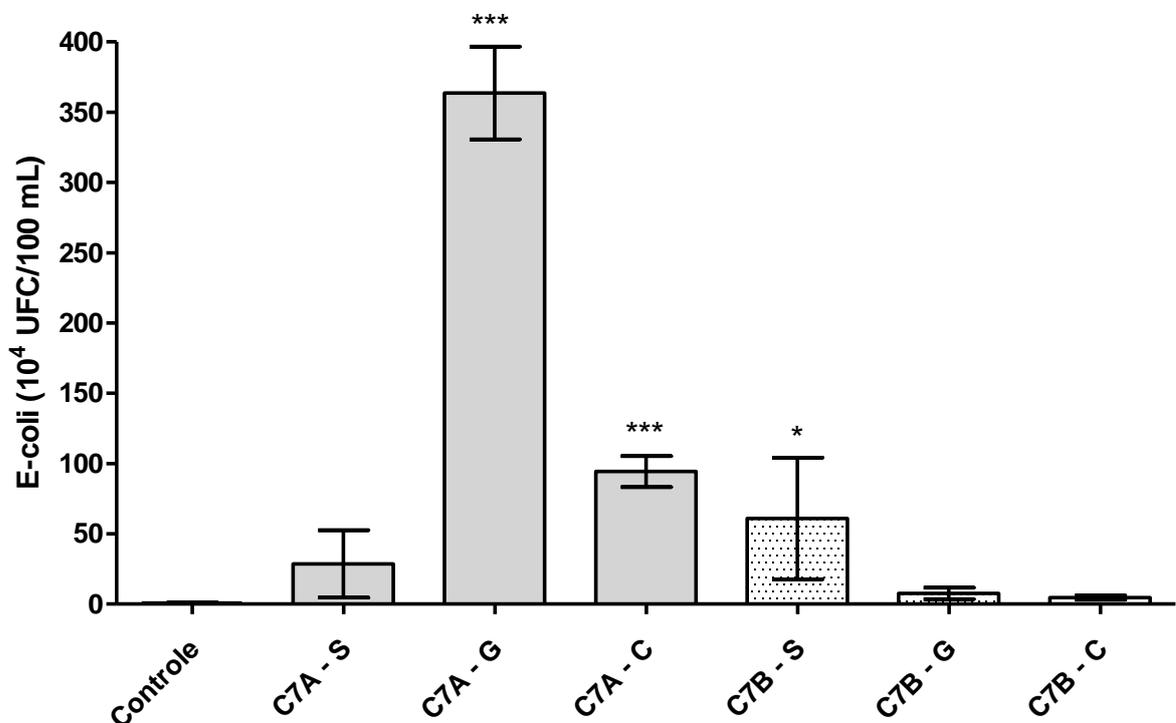


Figura 11 - Resultados das análises de *Escherichia coli*. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

De maneira similar às análises de *E. coli*, os resultados obtidos de coliformes totais apresentaram diferença estatisticamente significativa para as amostras C7A galeria e canal e também para a sarjeta do ponto C7B (Figura 12). Os valores expressam maior volume contaminante presente no ponto P03 (C7A) assim como observado para s análises de *E. coli*.

Os dados obtidos nos pontos amostrados conferem a presença excessiva destas bactérias e que se encontra em valores elevados ao limite estabelecido pela resolução CONAMA 274/00. A partir destes resultados é possível confirmar a contaminação de origem fecal no sistema de drenagem pluvial.

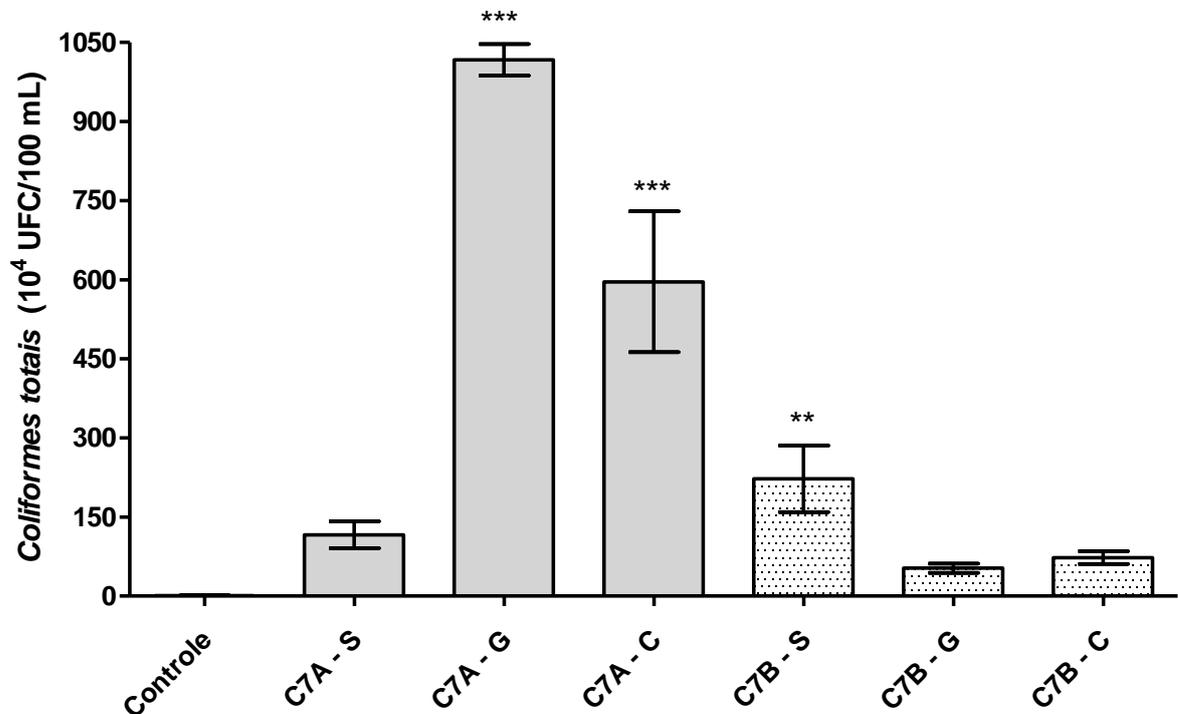


Figura 12 - Resultados das análises de coliformes totais. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

Ao comparar os canais, baseados nos pontos de maiores índices de *E. coli* e coliformes totais nos canais 3 e 7, foi possível identificar que o maior índice de contaminação está presente no canal 7 (C7A). E todos os valores expressos, para todos os pontos analisados, tanto para *E. coli* quanto para coliformes totais, possuíram valores elevados acima do parâmetro estabelecido pela resolução CONAMA 274/00.

4.1.3 Considerações sobre os resultados das análises microbiológicas entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem

A *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo

raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal, conforme CETESB (2009). O esgoto doméstico tem como constituintes substâncias com demandas de oxigênio, sobretudo materiais orgânicos, em especial fezes e urina humanas que consomem oxigênio dissolvido na água como efeito negativo (MANAHAN, 2013).

Com o intuito de se observar a dinâmica e a localização destes contaminantes de origem fecal, foram utilizadas comparações das análises de *E. coli* entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem, observando-se então o padrão de contaminação em pontos correspondentes do mesmo canal.

O efeito desta avaliação resultou na diferença significativa presente nos pontos referentes ao canal com valores superiores para o ponto C3B-C em relação ao ponto C3A-C (Figura 13). Este resultado evidencia a influência de esgoto acumulado em diversos percursos do canal, indicado pelo número excessivo de *E. coli*, principal coliforme indicador de contaminação de origem fecal.

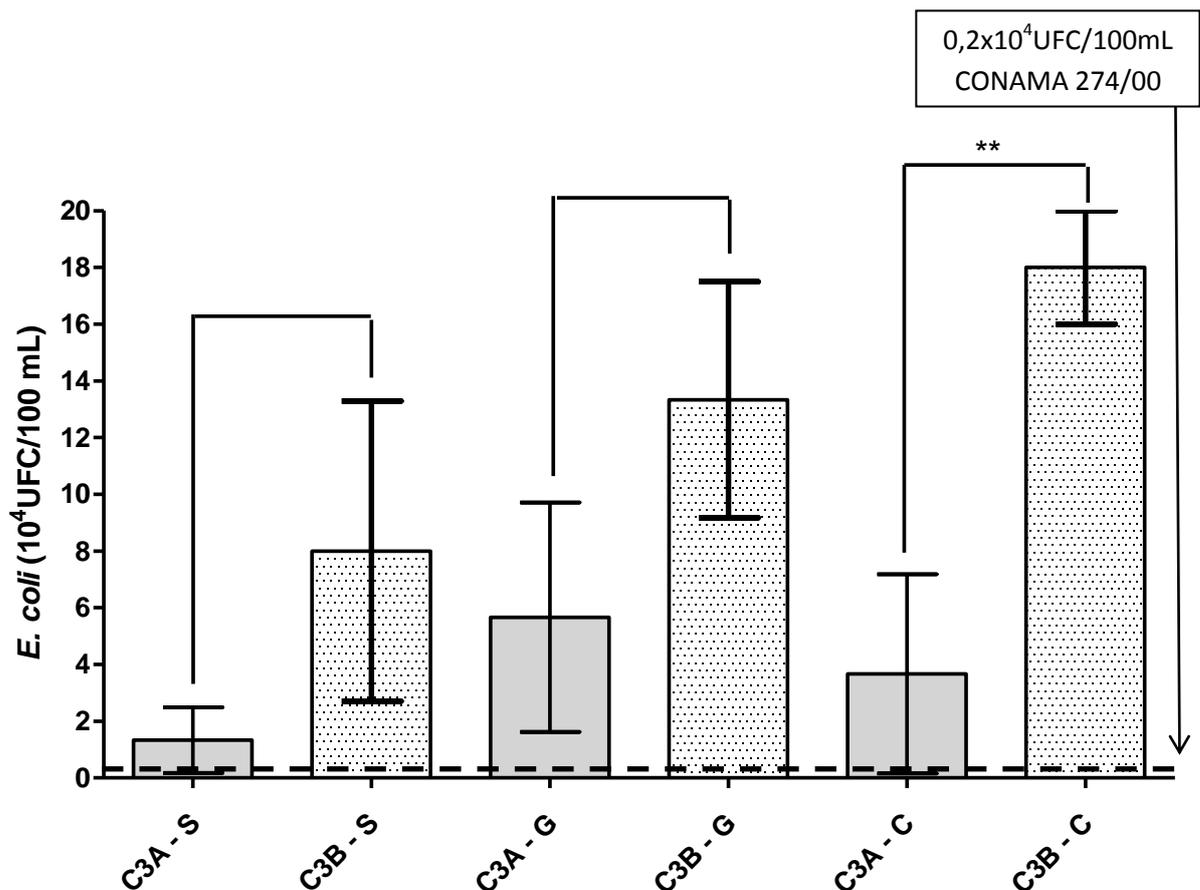


Figura 13 - Discussão das análises de Escherichia coli para os pontos C3A e C3B. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.

Para análise comparativa dos pontos levantados no canal 7, o efeito desta avaliação resultou na diferença significativa presente nos pontos referentes à galeria e ao canal, com valores superiores no ponto C7A-G em relação ao ponto C7B-G e C7AC em relação ao ponto C7B-C (Figura 14). Este resultado evidencia a presença de esgoto pontual nas galerias do canal 7.

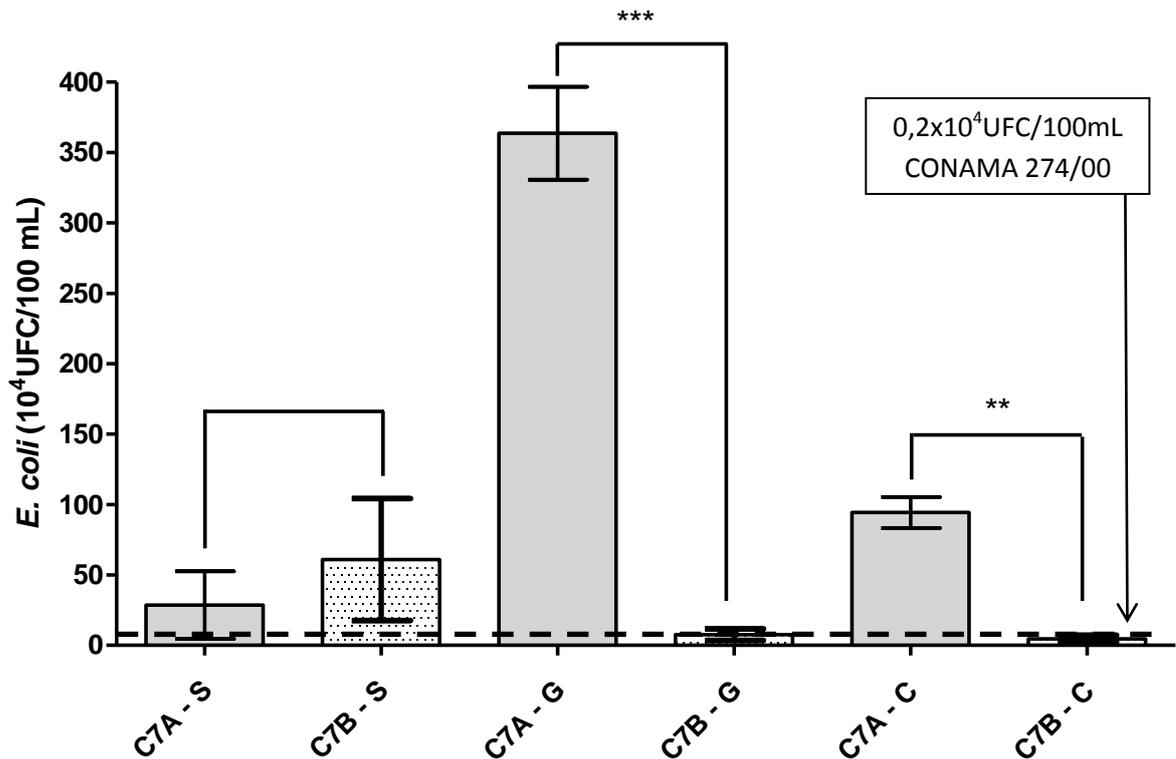


Figura 14 - Discussão das análises de *Escherichia coli* para os pontos C7A e C7B. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.

4.2 Análises de fosfato dissolvido

4.2.1 Resultados das amostras do Canal 03

O fosfato está presente na natureza em baixas concentrações, mas a sua concentração elevada representa um poluente em potencial, servindo como nutriente para algas e conseqüentemente favorece os processos de eutrofização. A escolha da análise desta variável vem complementar os objetivos desta pesquisa, uma vez que o fósforo que está presente em formulações comerciais de detergentes

domésticos e, então o excesso deste elemento constitui também um forte indicativo de contaminação por esgoto de origem doméstica.

As análises de fosfato dissolvido efetuadas nas amostras obtidas dos pontos do canal 03 apresentaram valores significativamente acima dos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 em relação ao componente de fósforo presente no fosfato (máximo 0,05 mg/L), reforçando a contaminação por esgoto doméstico (figura 15).

O ponto C3B apresenta um gradiente significativo no processo de contaminação, tendo como referência a sequência do percurso da sarjeta, galeria e canal, de forma similar aos resultados observados nas análises de *E. coli* (figura 9), demonstrando uma dinâmica similar deste contaminante.

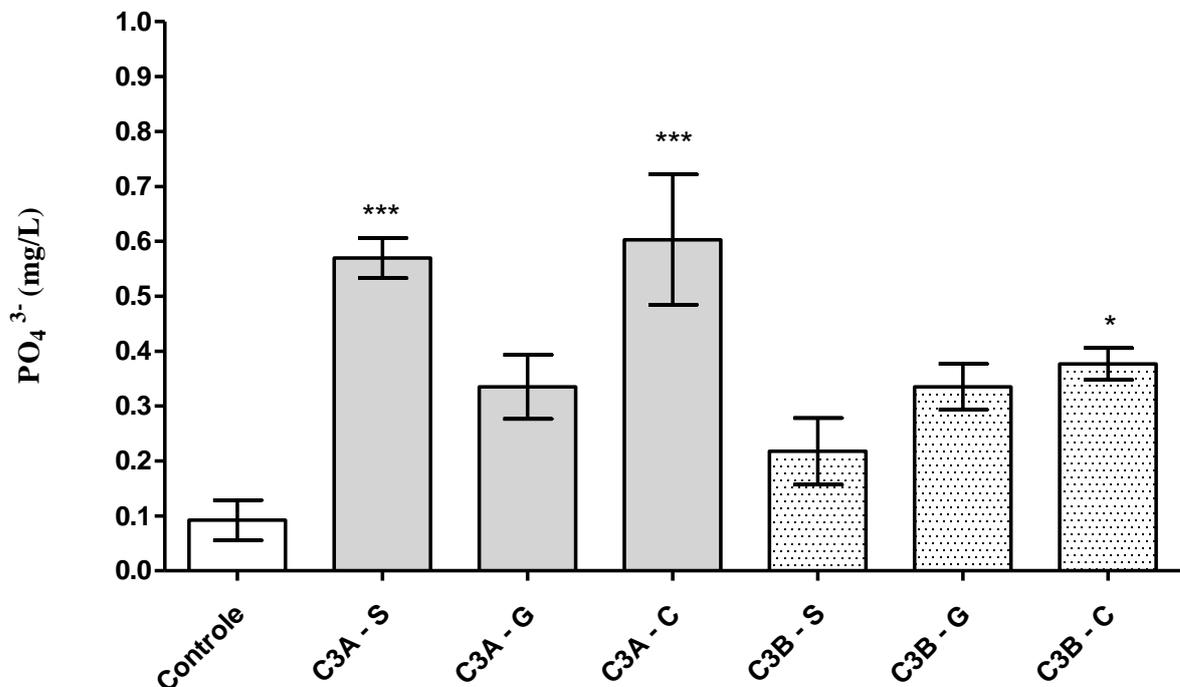


Figura 15 - Resultados das análises de Fosfato. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

4.2.2 Resultados das amostras do Canal 07

As análises de fosfatos efetuadas nas amostras obtidas dos pontos do canal 07 apresentaram valores significativamente acima dos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 (máximo 0,05 mg/L) (figura 16).

O ponto C7B estabelece uma gradiente significativa no processo de contaminação e de forma equilibrada em seu quantitativo, tendo como referência a sequência do percurso da sarjeta, galeria e canal, de maneira similar aos resultados observados para o canal 03. Por outro lado, a maior concentração foi observada no ponto C7A, presente na água coletada da galeria (C7A-G), que em outras análises (coliformes, *E. coli* e surfactantes) também apresenta valores superiores aos demais, indicando fortemente a presença de esgoto doméstico.

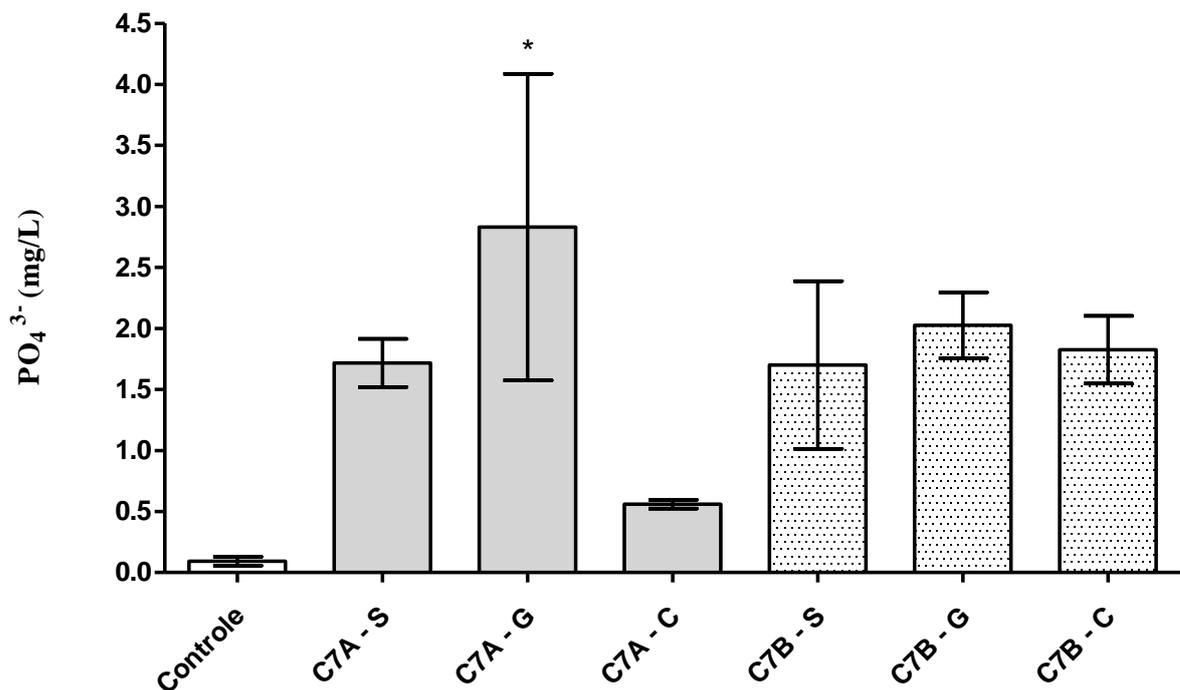


Figura 16 - Resultados das análises de Fosfato. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

4.2.3 Considerações sobre os resultados das análises de fosfato entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem

O fósforo aparece em águas naturais, devido principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo

em águas naturais. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, conforme CETESB, 2009.

O fosfato é um dos principais constituintes do esgoto de um sistema de esgoto urbano, tendo como fonte potencial os detergentes domésticos e que serve como nutriente de algas no meio natural, conforme MANAHAN, 2013.

Para análise comparativa dos pontos levantados no canal 3 para fosfato, foram utilizadas comparações específicas dos pontos correspondentes do sistema de drenagem deste canal. O efeito desta avaliação resultou na diferença significativa presente nos pontos referentes à sarjeta com valores superiores no ponto C3A-S em relação ao ponto C3B-S (Figura 17). Este resultado evidencia a influência de esgoto acumulado em diversos percursos da água pluvial e com maior expressão no material percolado das vias urbanas.

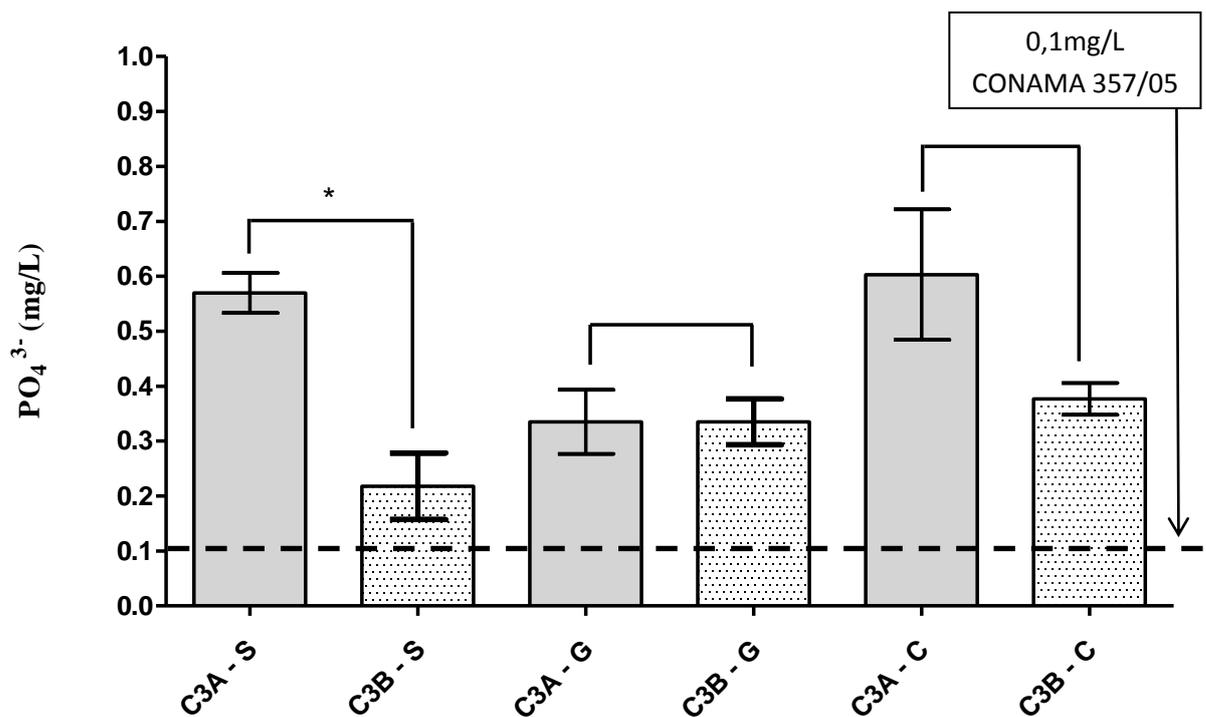


Figura 17 - Discussão das análises de fosfato para os pontos C3A e C3B. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$, quando comparados os pontos.

A análise comparativa dos pontos levantados no canal 7 resultou no comparativo não significativo para todos os pontos analisados referentes à sarjeta, galeria e canal, em ambas as situações, sendo as classificações C7A e C7B em relação aos

pontos observados (Figura 18). Este resultado evidencia um equilíbrio, de mesma proporção, do material contaminante para os pontos de coleta do canal 07.

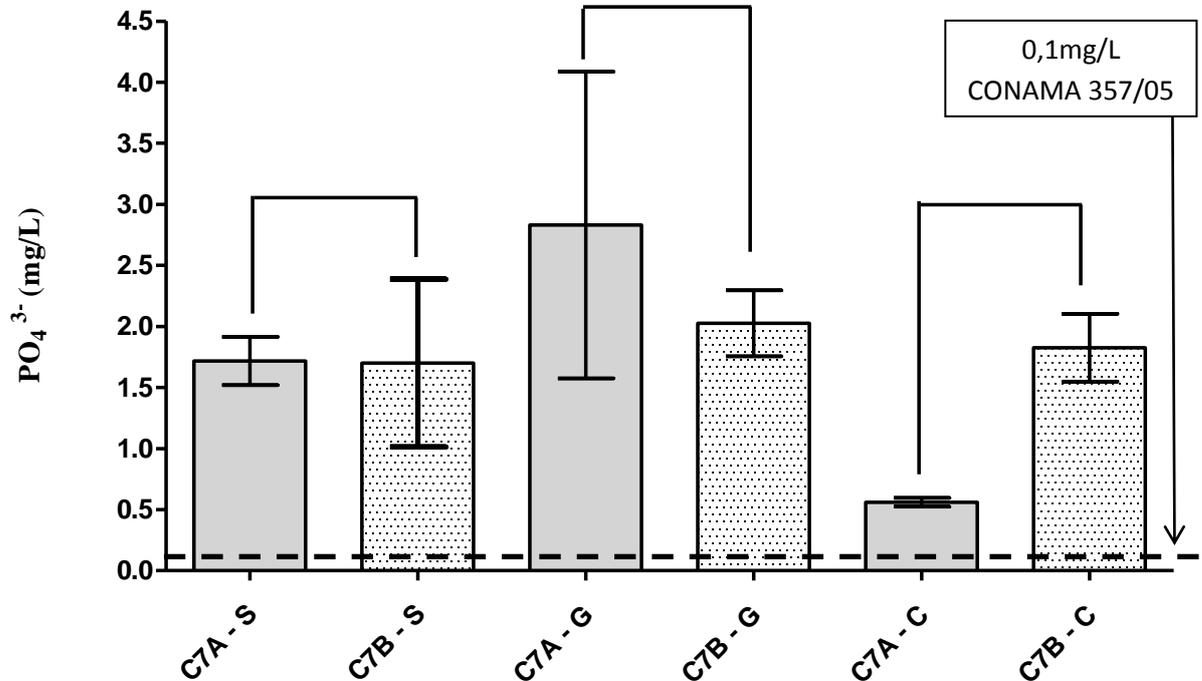


Figura 18 - Discussão das análises de fosfato para os pontos C7A e C7B. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada canal analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos.

4.3 Análises de surfactantes

4.3.1 Resultados das amostras do Canal 03

Os valores de surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno) presentes nas amostras não atingiram o parâmetro máximo estabelecido CONAMA 257/2005 (0,5 mg/L, conforme Figura 19).

Mesmo com os resultados inferiores, a presença da substância é observada, e na comparação entre os pontos P01 (C3A) e P02 (C3B), a quantidade maior está estabelecida no segundo ponto.

Segundo Coelho (2013), que realizou análises de surfactante nos canais de Santos, as concentrações mais elevadas de surfactantes foram encontradas nos canais 06 e 07 com valores de 3,23 mg/L e 3,03 mg/L, respectivamente. Portanto,

esta análise efetuada no canal 03 está de acordo com esta pesquisa, uma vez que valores superiores foram encontrados para o canal 07 (Figura 21).

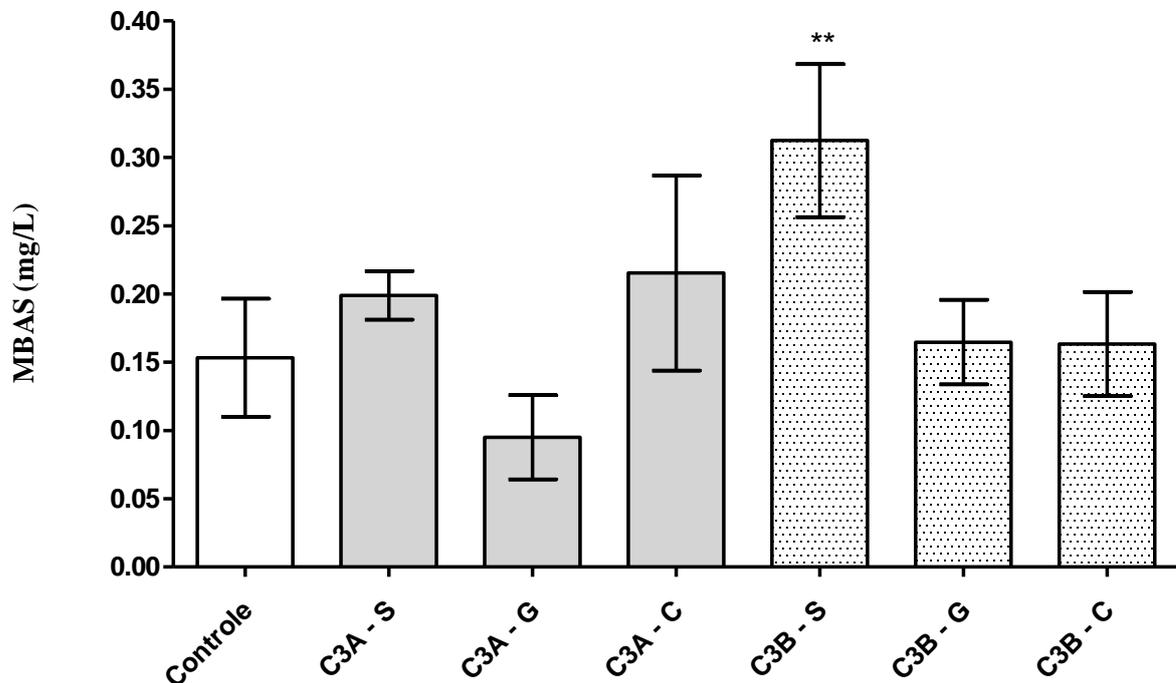


Figura 19 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

4.3.2 Resultados das amostras do Canal 07

Os resultados obtidos para as amostras da galeria e do canal foram superiores ao o parâmetro mínimo exigido pela CONAMA 257/2005 (0,5 mg/L, conforme Figura 20).

Os valores de maior expressão continuam sendo o ponto C7A-G, a galeria do ponto P03, de maneira similar às análises de coliformes, *E. coli* e fosfato dissolvido.

É importante salientar que as amostras foram retiradas em dia de alto índice pluviométrico (chuva), onde o ambiente encontra-se favorável pela diluição dos componentes, mas mesmo com esta condicionante o canal 7 apresentou concentrações altas do componente.

O importante é estabelecer o percurso da forma de contaminação, e que neste caso, está presente no ponto P04 (C7B), com um padrão de sequência da percolação do componente.

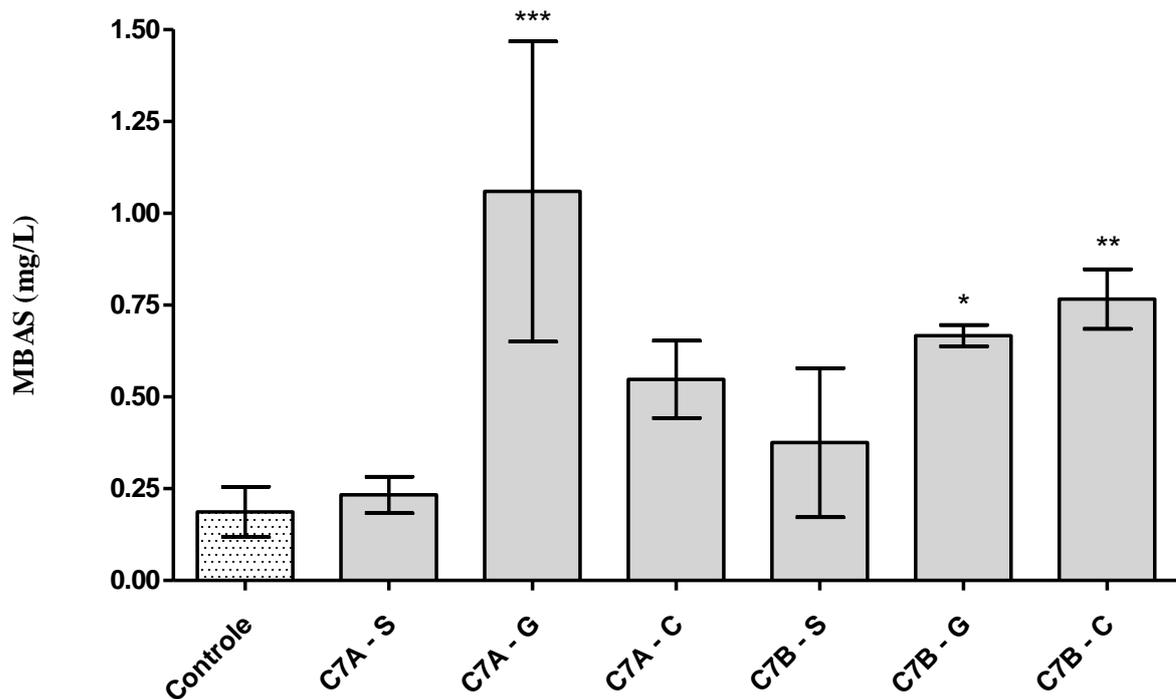


Figura 20 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$, quando comparados os pontos referentes ao controle (água da chuva).

4.3.3 Considerações sobre os resultados das análises de surfactantes entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem

O valor máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para os parâmetros relacionados à concentração de surfactantes para águas doces de classe 2 é de 0,5mg/L. Os esgotos sanitários tipicamente apresentam de 3 a 6 mg/L de detergentes (CETESB, 2009).

As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas. Os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos. Os sulfonatos de alquil benzeno de cadeia linear (LAS) têm substituído progressivamente os sulfonatos de alquil benzeno de cadeia ramificada (ABS), por serem considerados biodegradáveis. Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização (excesso de nutrientes no corpo d'água – desequilíbrio ambiental). Além da maioria dos detergentes comerciais empregados possuírem fósforo em

suas formulações, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas, conforme CETESB, 2009.

A crescente demanda pelo melhor desempenho dos detergentes promoveu a inclusão de enzimas nas formulações desses produtos destinados para uso doméstico e comercial. Dentro de certos limites, as enzimas podem assumir o posto do cloro e dos fosfatos, que provocam efeitos prejudiciais ao meio ambiente (MANAHAN, 2013).

Na análise comparativa dos pontos levantados no canal 3 o efeito da avaliação de pontos correspondentes deste canal resultou no comparativo não significativo para todos os pontos referentes à sarjeta, galeria e canal (Figura 21).

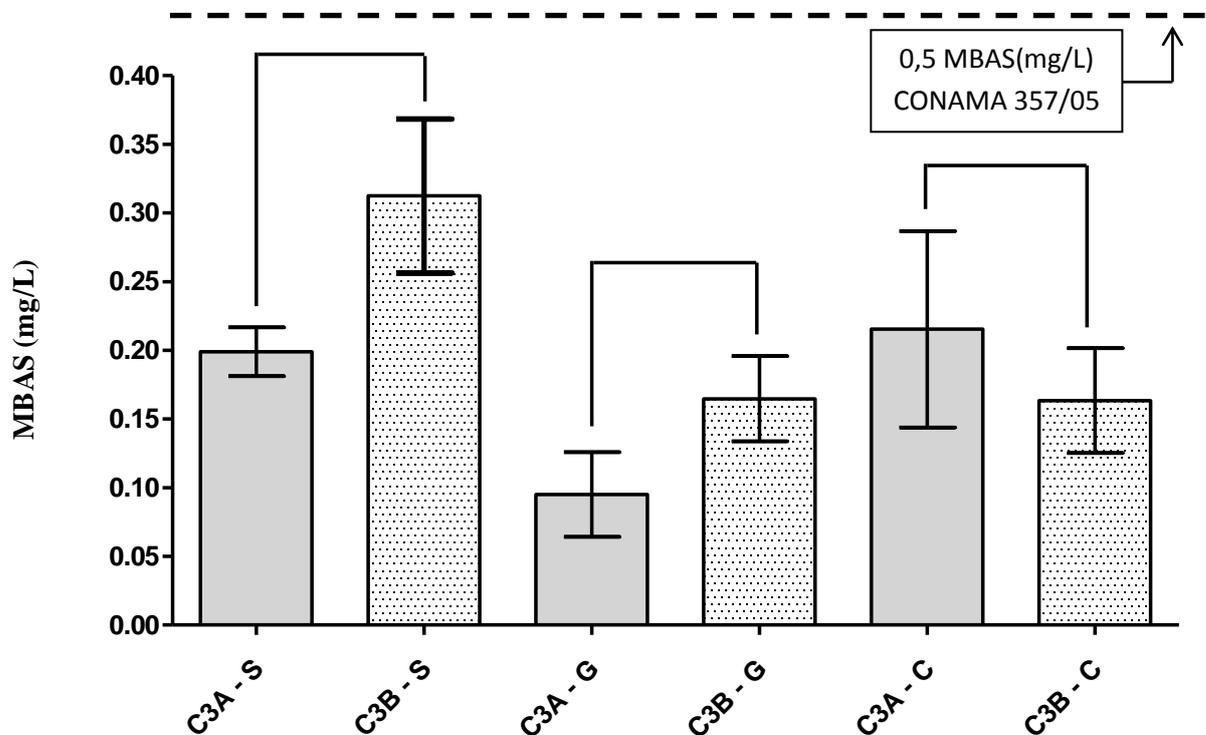


Figura 21 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001.**

Para análise comparativa de surfactantes dos pontos correspondentes do canal 7, o efeito desta avaliação resultou no comparativo não significativo para todos os pontos analisados referentes à sarjeta, galeria e canal, em ambas as situações, sendo as classificações C7A e C7B em relação aos pontos observados. Este resultado evidencia um equilíbrio, de mesma proporção, do material contaminante para os pontos P03 e P04, mas apenas o ponto C7B possui uma graduação

crescente do contaminante desde a sarjeta ao canal no sistema de drenagem, pois o ponto C7A permanece o alto índice em sua galeria (Figura 22).

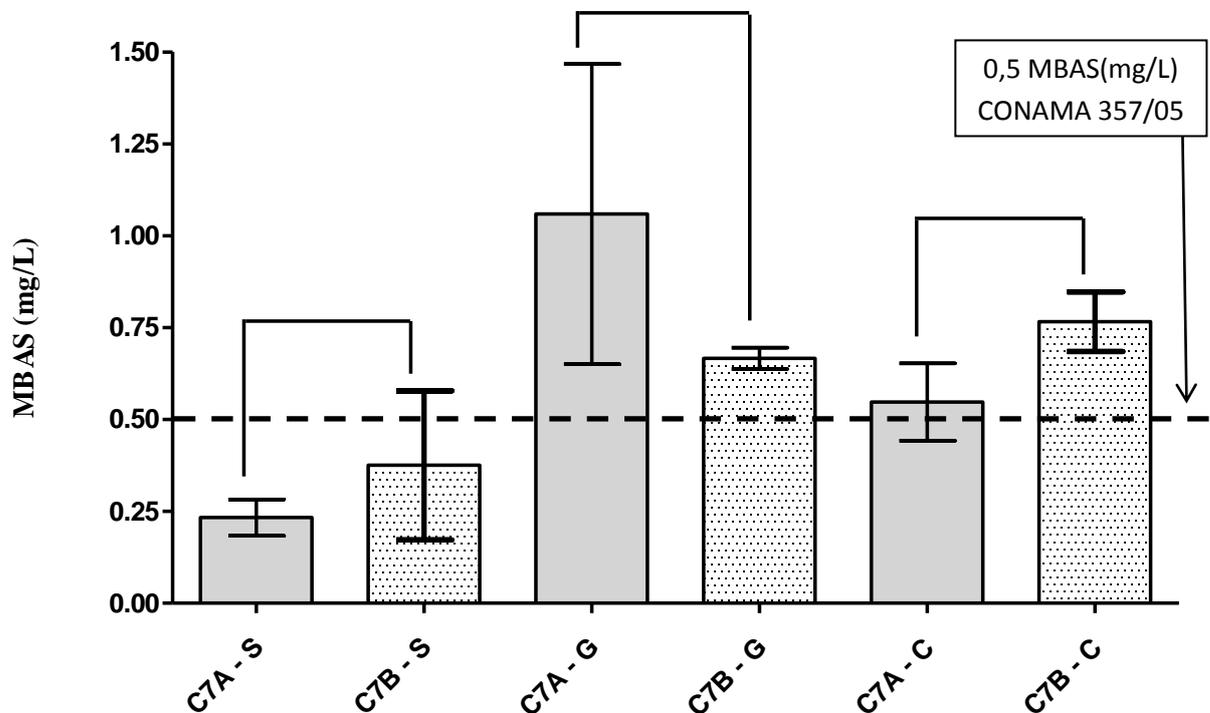


Figura 22 – Resultados das análises de Surfactantes aniônicos (expressos como MBAS). Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=3). ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

4.4 Análises físico-químicas

As avaliações dos dados coletados são comparados aos parâmetros dados pela legislação vigente, sendo neste caso, através da CONAMA 357/05, este corpo d'água é classificado como Classe 2, como segue: Das Águas doces - III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- a proteção das comunidades aquáticas;
- a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- a aquicultura e a atividade de pesca.

Os resultados das análises químicas e físico-químicas foram enquadrados considerando os limites estabelecidos para água doce de acordo com a resolução

CONAMA 357/05 (aguas doces: aguas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), em função da ausência no parâmetro de salinidade nas amostragens realizadas.

4.4.1 Resultados das amostras dos Canais 03 e 07

A legislação trabalha com parâmetros de qualidade, valores esses, que são expressos por quantidades máximas e mínimas permitidas para o uso adequado do corpo d'água conforme a sua classificação. Exceto pelos resultados da análise de pH do ponto C7A-G, os resultados obtidos para os seguintes parâmetros físico-químicos: pH (6,00 a 9,00), oxigênio dissolvido (OD \geq 5mg/L), temperatura e salinidade (\leq 0,5), apresentaram valores dentro dos limites da resolução CONAMA 357/05 (Tabelas 2 e 3). Ambos os canais, 3 e 7, apresentaram resultados semelhantes.

Os corpos d'água possuem inúmeros componentes e características físicas, químicas e biológicas que estão presentes no ambiente natural e também, por ação antrópica. Ter estes parâmetros alterados por despejos inadequados ao suporte do corpo receptor é o que preconizam as leis, que trabalham com parâmetros aceitos pelo ambiente natural como forma de limitar os compostos estudados e avaliar a qualidade das águas. As suas classificações e critérios se encontram como parâmetros através da legislação vigente. As análises físico-químicas das amostras do canal 3 estão apresentadas na tabela 2 de acordo com os pontos levantados.

Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas das amostras do canal 3

Análises Físico-Químicas - Canal 3				
Amostra	pH	O.D. (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidade (%)
CONAMA 357/05	6 a 9	\geq 5,00		\leq 0,5
C3-CH	7,53	7,1	21,0	0
C3A-S	8,52	7,4	21,5	0
C3A-G	8,72	7,2	21,4	0
C3A-C	8,75	6,4	21,5	0
C3B-S	8,10	6,8	21,5	0
C3B-G	7,43	6,6	21,6	0
C3B-C	8,31	6,6	21,7	0

As análises físico-químicas das amostras do canal 7 estão apresentadas na tabela 3 de acordo com os pontos levantados.

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas das amostras do canal 7.

Análises Físico-Químicas - Canal 7				
Amostra	pH	O.D. (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidade (%)
CONAMA 357/05	6 a 9	≥ 5,00		≤ 0,5
Controle*	7,13	7,1	21,0	0
C7-CH	7,24	7,2	21,0	0
C7A-S	7,37	6,7	21,1	0
C7A-G	9,10	6,4	21,2	0
C7A-C	7,87	6,8	21,2	0
C7B-S	7,70	6,9	20,7	0
C7B-G	8,16	7,8	20,6	0
C7B-C	8,49	5,6	21,0	0

As variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas. A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C. O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Esta fonte não é muito significativa nos trechos de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos. Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, conforme CETESB, 2009.

Os sais têm como fonte potencial os resíduos humanos e industriais que aumentam a salinidade da água, conforme MANAHAN, 2013.

Os dados analisados, tanto no canal 3 como no canal 7, não apresentaram valores em inconformidade em relação aos parâmetros exigidos pela resolução CONAMA 357/05, sem a presença de pontos críticos.

4.5 Análises de Nitrogênio Amoniacal

Conforme resolução CONAMA 357/2005, os limites estabelecidos para o Nitrogênio Amoniacal em relação ao pH, são eles:

- 13,3 mg/L N para $\text{pH} \leq 7,5$;
- 5,6 mg/L N para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$;
- 2,2 mg/L N para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$;
- 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$.

Portanto cada amostra o nitrogênio amoniacal deverá ser avaliado em função do seu pH, conforme indicado nas Tabelas 4 e 5.

De acordo com a CETESB, 2008, a amônia é um agente tóxico bastante restritivo à vida de organismos aquáticos como os peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. A amônia também promove um consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é normalmente utilizada na constituição de índices de qualidade das águas. A sua presença pode ser um indicativo de esgoto clandestino.

4.5.1 Resultados das amostras do Canal 03

Conforme demonstrado na Tabela 4, a concentração de Nitrogênio Amoniacal Total (amônia total) o ponto C3B-C excedeu o valor máximo permitido pela CONAMA 357/05. De maneira similar aos resultados das análises de *E. coli* (figura 9) e de fosfato (figura 15) este ponto apresentou os maiores valores para o nitrogênio amoniacal.

É importante também ressaltar que o nitrogênio também serve de nutriente para algas, assim como o fosfato, favorecendo processos de eutrofização.

Os valores de nitrogênio na forma não ionizada também estão demonstrados devido a representar a forma na qual ela é absorvida por organismos (maior facilidade em atravessar as membranas biológicas), porém não há valores de referência na resolução CONAMA 357/05 para esta forma.

Tabela 4 - Análise de Nitrogênio Amoniacal das amostras coletadas no canal 3.

Nitrogênio Amoniacal - Canal 3		
Amostra	Amônia Total (mg/L)	Amônia não ionizada (mg/L)
C3A-S	0,210	0,033
C3A-G	0,140	0,032
C3A-C	0,770	0,180
C3B-S	0,630	0,040
C3B-G	0,140	0,000
C3B-C	2,94*	0,300

*Valor acima do parâmetro permitido pela Resolução CONAMA 357/05

4.5.2 Resultados das amostras do Canal 07

Conforme demonstrado na tabela 5, as quantidades de Nitrogênio Amoniacal Total, não ultrapassaram os valores permitidos pela resolução CONAMA 357/05 (Tabela 5). De acordo com os resultados apresentados por Coelho (2013), a forma de nitrogênio-nitrito (NO_2^-), que representa a primeira etapa de oxidação biológica, se encontrava acima dos valores estabelecidos pela CONAMA 357/05 em análises de amostras coletadas do canal 07, então é possível que esta forma seja a predominante nestas amostras, não sendo quantificada pela metodologia empregada.

Tabela 5 - Análise de Nitrogênio Amoniacal das amostras coletadas no canal 7.

Nitrogênio Amoniacal - Canal 7		
Amostra	Amônia Total (mg/L)	Amônia não ionizada (mg/L)
C7A-S	0,140	0,004
C7A-G	0,280	0,021
C7A-C	0,600	0,090
C7B-S	0,110	0,000
C7B-G	0,110	0,040
C7B-C	0,320	0,012

Segundo CETESB, 2009, os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. A fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização. Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

De acordo com os dados levantados, apenas um ponto ultrapassou o valor permitido pela resolução CONAMA 357/05. Este ponto, com provável influência de esgoto doméstico é o ponto P02 (C3B-C) no canal 3. Sua localização de coleta foi à água do canal que marca a não influência direta de esgoto do ponto avaliado, mas a influência de todo o sistema de drenagem de águas pluviais com o acúmulo de outros pontos contaminantes presentes no despejo deste canal.

4.6 Ensaio de Toxicidade Aguda com *Daphnia similis*

Os testes de toxicidade são padronizados pela ABNT e CETESB e, conforme Anexo, foi adotado o teste de Toxicidade Aguda por se tratar de água doce com análise efetuada com o uso de *Daphnia similis*.

Segundo Zagatto e Bertolotti (2008), a caracterização físico-química e toxicológica de efluentes líquidos, tanto industriais como doméstico, e de agentes químicos é um procedimento de prevenção à poluição e tem por objetivo final estabelecer limites máximos permissíveis para a proteção da vida aquática. Esses limites, conhecidos como critérios e/ou padrões de emissão de efluentes líquidos e de qualidade de águas, são utilizados mundialmente como valores de referência

para o monitoramento ambiental. Os testes de toxicidade aguda e crônica com organismos aquáticos constituem-se em ferramenta necessária para essa caracterização, tanto na avaliação do potencial de riscos como no estabelecimento desses limites máximos permissíveis.

Conforme CETESB, 2007, para que a amostra seja considerada tóxica a mesma deverá promover, de modo estatístico através de equações Anova com Dunnett, a comparação de todas as amostras com o valor dado no controle, e com isso, obtém-se o parâmetro de toxicidade que se dá pela diferença significativa da amostra ambiental colhida com o controle. Portanto as amostras que obtiverem diferenças significativas com o controle são consideradas tóxicas.

Uma das formas de classificação é de CL50 e CE50, conforme titula Costa, Olivi, Botta e Espindola (2008), sendo: CL50 a Concentração Letal Média: concentração de amostra que causa mortalidade de 50% dos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste; e CE50 a Concentração Efetiva Média: concentração de amostra que causa um efeito agudo (imobilidade, por exemplo) a 50% dos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste.

4.6.1 Resultados das amostras do Canal 03

O controle adotado para o ensaio de toxicidade aguda foi a água própria para o meio de germinação de *Daphnia similis*.

O resultado para o canal 3 apontou toxicidade nos pontos C3A-S, C3B-S, C3B-G e C3B-C (Figura 24). Exatamente neste ponto C3B foi notada a gradiente de contaminação no percurso da água pluvial pela sarjeta, galeria e canal, obtendo a conclusão da contaminação do meio urbano através da percolação.

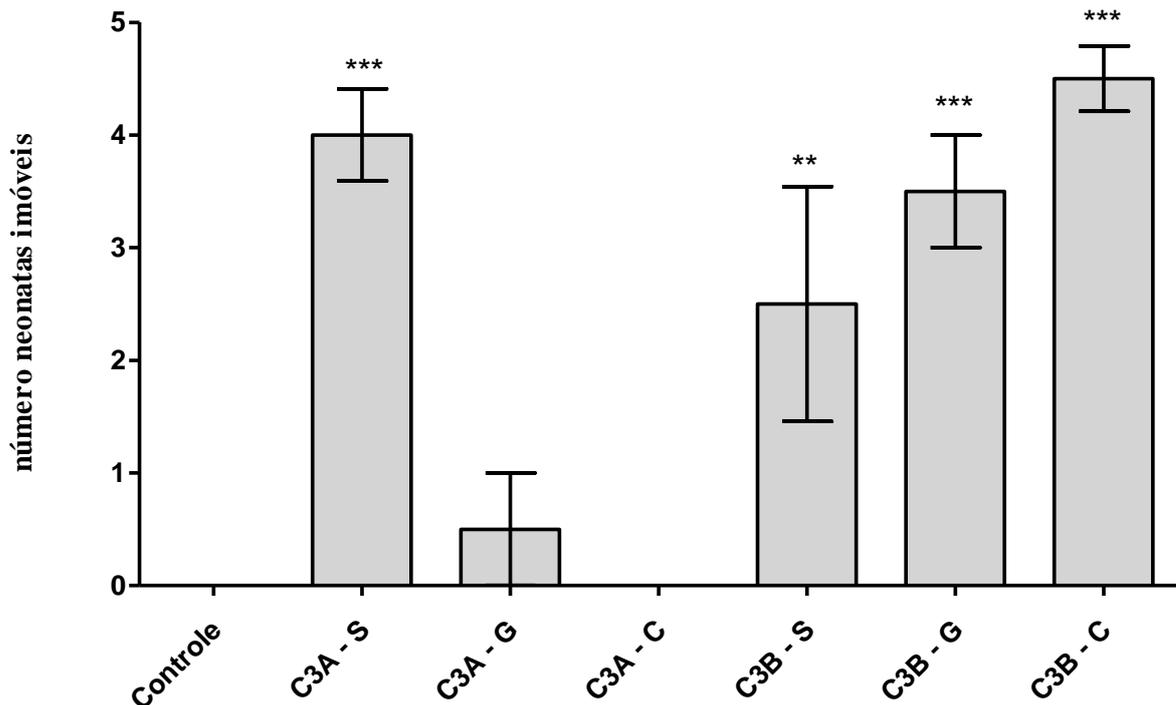


Figura 23 – Teste Ecotoxicológico Agudo em *Daphnia similis* realizado nas amostras ambientais do canal 3: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *p<0.001.**

A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que o Ponto 02 (C3B) é mais tóxico que o ponto 01 (C3A).

4.6.2 Resultados das amostras do Canal 07

O controle adotado para o ensaio de toxicidade aguda foi a água própria para o meio de germinação de *Daphnia similis*.

O resultado para o canal 7 apontou toxicidade nos pontos C7A-G, C7A-C (Figura 25). A influência da ligação de esgoto clandestino ocorreu na Boca de Lobo, pois a sua tubulação de lançamento (galeria) encontrou-se com alto índice de toxicidade e com forte odor presente no local, e conseqüentemente, o canal que recebe este efluente. Não houve uma gradiente contaminante neste ponto (A), portanto não havia influência do material percolado do meio urbano.

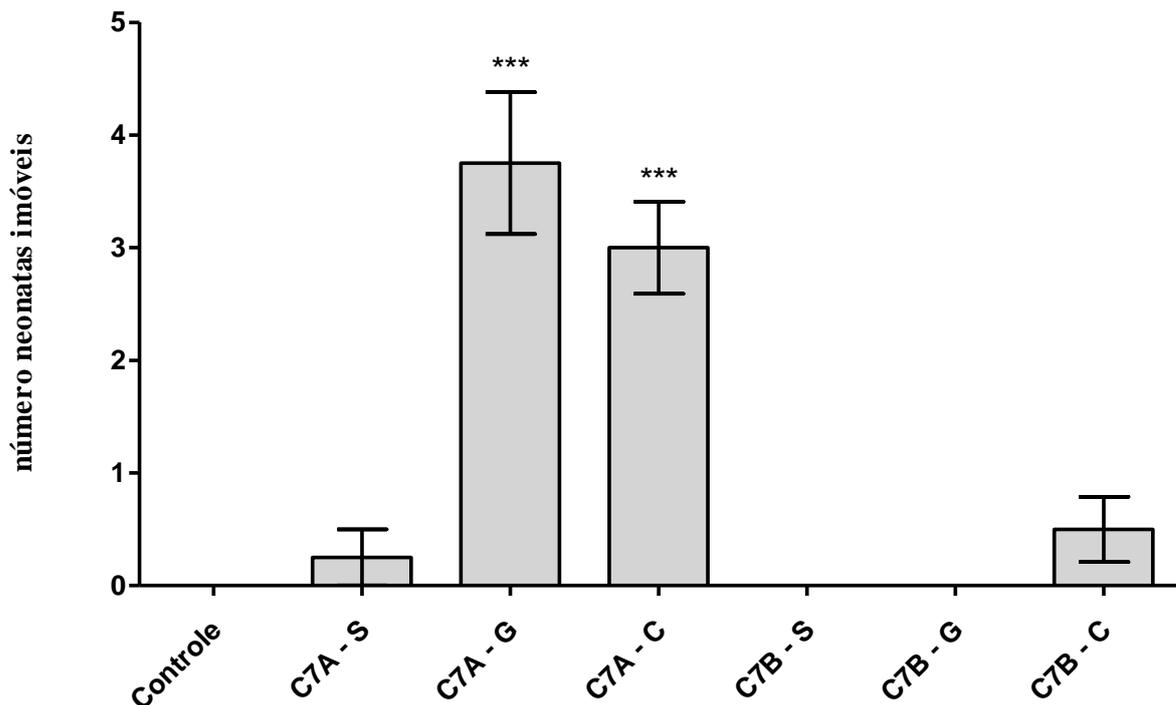


Figura 24 - Teste Ecotoxicológico Agudo em *Daphnia similis* realizado nas amostras ambientais do canal 7: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.001$.**

A partir destes resultados é possível afirmar que o ponto C7A-G é o que apresenta maiores concentrações de componentes com potencial de causar efeitos biológicos adversos em organismos aquáticos.

4.6.3 Considerações sobre os resultados das análises ecotoxicológicas entre os pontos correspondentes do sistema de drenagem

O valor estabelecido para definição de toxicidade é expresso através de análise estatística com relação ao controle.

Os ensaios ecotoxicológicos consistem na determinação de efeitos tóxicos causados por um ou por uma mistura de agentes químicos, sendo tais efeitos detectados por respostas fisiológicas de organismos aquáticos. Portanto, esses ensaios expressam os efeitos adversos aos organismos aquáticos, resultantes da interação das substâncias presentes na amostra analisada. A avaliação dos efeitos tóxicos agudos e crônicos serve como monitoramento da qualidade das águas, bem

como dos sedimentos. Os efeitos agudos caracterizam-se por serem mais drásticos, causados por elevadas concentrações de agentes químicos e, em geral, manifestam-se em um curto período de exposição dos organismos, conforme CETESB, 2009.

Para análise comparativa dos pontos levantados no canal 3 para toxicidade aguda, foram utilizadas comparações específicas dos pontos P01 (C3A) e P02 (C3B), como segue a classificação: C3A-S com C3B-S, C3A-G com C3B-G e C3A-C com C3B-C, com a finalidade de discutir os efeitos em ambos os pontos. O efeito desta avaliação resultou no comparativo não significativo para a sarjeta e valor significativo para a galeria e o canal, sendo os maiores valores nos pontos C3B-G e C3B-C em relação aos pontos equivalentes. Este resultado evidencia a influência de esgoto em uma escala gradual para o ponto P02 (C3B) com a poluição do material percolado das vias urbanas. Portanto, a toxicidade mostra-se presente nos pontos que marcam valores acima de 50% de imobilidade (Figura 25).

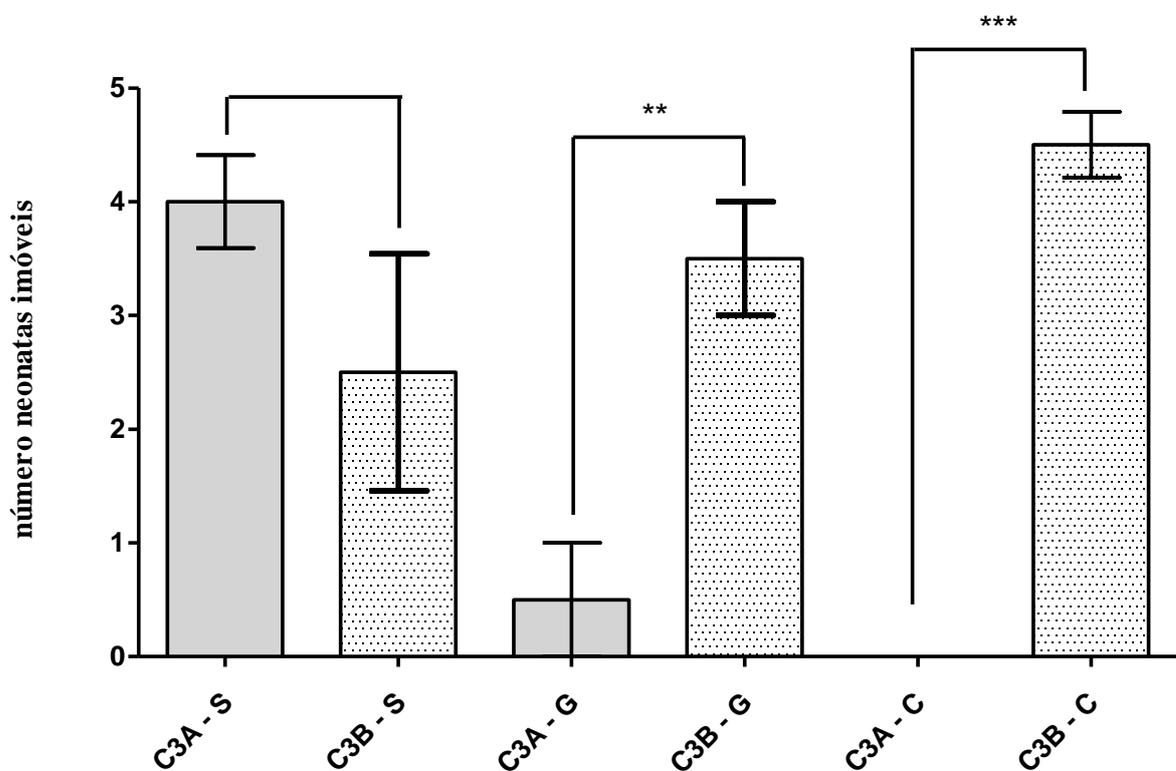


Figura 25 – Teste Ecotoxicológico Agudo em *Daphnia Similis* realizado nas amostras ambientais do canal 3: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.

Para análise comparativa dos pontos levantados no canal 7 para toxicidade aguda, foram utilizadas comparações específicas dos pontos P03 (C7A) e P04 (C7B), como segue a classificação: C7A-S com C7B-S, C7A-G com C7B-G e C7A-C com C7B-C, com a finalidade de discutir os efeitos em ambos os pontos. O efeito desta avaliação resultou no comparativo não significativo para a sarjeta e valor significativo para a galeria e o canal, sendo os maiores valores nos pontos C7A-G e C7A-C em relação aos pontos equivalentes. Este resultado evidencia a influência de esgoto pontual na boca de lobo que está conectada a galeria do ponto P03 (C7A) com a poluição advinda da ligação clandestina de esgoto. Portanto, a toxicidade mostra-se presente nos pontos que marcam valores acima de 50% de imobilidade (Figura 26).

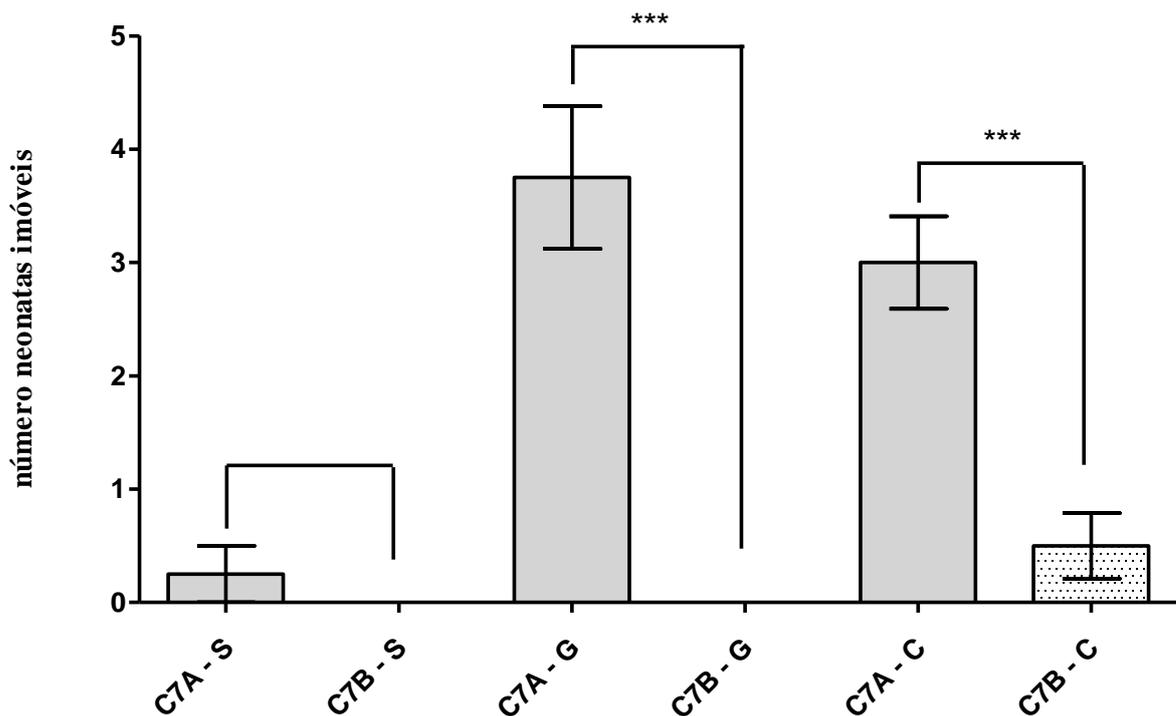


Figura 26 - Teste Ecotoxicológico Agudo em *Daphnia Similis* realizado nas amostras ambientais do canal 7: valores expressos das quantidades de neonatas imóveis como referência de toxicidade. Os valores expressos representam a média \pm desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Tukey: *p<0.05; **p<0.01; * p<0.001.**

4.7 Considerações finais sobre os resultados das análises microbiológicas, químicas, físico-química e ecotoxicológicas

As análises foram realizadas em períodos de alta pluviosidade, e por este motivo, obtiveram-se índices que não chegam a ultrapassar os valores máximos permitidos, pois a chuva dilui os elementos nocivos e oxigena a água depositada. Haja vista o trabalho realizado por Coelho (2013).

Das análises efetuadas foi possível estabelecer nos pontos levantados a forma de contaminação, como no ponto C3B no Canal 3 que apresentou uma contaminação gradual crescente da sarjeta, galeria e canal com a presença da percolação dos contaminantes presentes no espaço urbano de forma significativa para a contaminação do sistema e a provável influência de ligações clandestinas de esgoto; no ponto C7A, no Canal 7, apresenta uma contaminação gradual decrescente da galeria ao canal (C7A-G e C7A-C), que por não apresentar contaminação na sarjeta que é um indicativo do meio urbano e por conter um odor forte no local é possível afirmar que neste local a contaminação é por esgoto clandestino. As ações no meio urbano são fatores diretos no parâmetro de qualidade de nossas águas, já que, o sistema de águas pluviais não possui tratamento e seu despejo é direto no corpo d'água receptor.

O resultado obtido mostrou as condições de contaminações em cada ponto coletado e a visão geral da situação na região levantada. Para esta análise foi preciso adotar parâmetros legais vigentes para demonstrar o comparativo com a situação existente e avaliar a sua condição (tabelas 6 e 7).

As análises efetuadas nos dois pontos do Canal 3, A e B, possuem resultados distintos indicando que houve influências urbanas diversas que não se aplicam para toda a região. Os comportamentos dos resultados apontam as áreas mais contaminadas que estão em desacordo com os parâmetros legais para um ambiente equilibrado.

Tabela 6 – Análise global de todos os pontos coletados no Canal 3 como apoio comparativo e conclusivo das etapas analisadas.

Análise Total - Canal 3						
Amostra	E. coli (10 ⁴ UFC/100mL)	Coliformes Totais (10 ⁴ UFC/100mL)	Fosfato (mg/L P)	Surfactantes MBAS (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L N)	Toxicidade (imobilid.)
Parâmetro Legal	≤0,2x10 ⁴ UFC/100mL	≤0,2x10 ⁴ UFC/100mL	≤0,1mg/L P	≤0,5 MBAS (mg/L)	2,2mg/L N 8,0<pH≤8,5	diferença signif.*
Controle (C3-CH)	0,00	0,00	0,03	0,19		
C3A-S	1,33	2,33	0,57	0,20	0,210	S
C3A-G	5,67	7,33	0,33	0,09	0,140	NS
C3A-C	3,67	6,33	0,60	0,22	0,770	NS
C3B-S	8,00	19,00	0,22	0,31	0,630	S
C3B-G	13,33	86,67	0,33	0,16	0,140	S
C3B-C	18,00	78,33	0,38	0,16	2,940	S

 Valores acima dos parâmetros legais

*Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.

As análises efetuadas nos dois pontos do Canal 7, A e B, possuem resultados distintos indicando que houve influências urbanas diversas que não se aplicam para toda a região. Os comportamentos dos resultados apontam as áreas mais contaminadas que estão em desacordo com os parâmetros legais para um ambiente equilibrado (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise global de todos os pontos coletados no Canal 7 como apoio comparativo e conclusivo das etapas analisadas.

Análise Total - Canal 7						
Amostra	E. coli (10 ⁴ UFC/100mL)	Coliformes Totais (10 ⁴ UFC/100mL)	Fosfato (mg/L P)	Surfactantes MBAS (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L N)	Toxicidade (imobilid.)
Parâmetro Legal	≤0,2x10 ⁴ UFC/100mL	≤0,2x10 ⁴ UFC/100mL	≤0,1mg/L P	≤0,5 MBAS (mg/L)	2,2mg/L N 8,0<pH≤8,5	diferença signif.*
Controle (C7A-CH)	0,00	0,00	0,05	0,18		
C7A-S	28,66	116,33	1,72	0,23	0,140	NS
C7A-G	363,67	1017,00	2,83	1,06	0,280	S
C7A-C	94,33	596,00	0,56	0,55	0,600	S
C7B-S	61,00	222,33	1,70	0,38	0,110	NS
C7B-G	7,67	53,00	2,03	0,67	0,110	NS
C7B-C	4,67	73,00	1,83	0,77	0,320	NS

 Valores acima dos parâmetros legais

*Os valores expressos representam a média ± desvio padrão para cada ponto analisado (n=4). ANOVA com teste posteriori de Dunnett: *p<0.05; **p<0.01; *** p<0.001.

Quando comparado às localidades específicas, canal 3 e canal 7, em ambos os trechos analisados, foi possível determinar a existência de esgoto doméstico, tendo maior número de pontos contaminados no canal 3 (área antiga e de densidade populacional mais elevada), porém o canal 7 (área de ocupação mais nova e menor índice populacional) apresentou uma poluição pontual em sua galeria, mas que marcou maiores índices ultrapassando valores muito superiores aos parâmetros permitidos.

5. CONCLUSÕES

Este estudo avaliou os dados poluentes encontrados nas águas pluviais urbanas, através do escoamento pelo sistema, provocados tanto pelo espaço urbano como pelas ligações irregulares de esgoto e seus males ao meio ambiente e, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) Análises microbiológicas através dos parâmetros: bactérias indicadoras de contaminação fecal (coliformes totais e *Escherichia coli*) – apresentaram índices superiores ao parâmetro legal da referência em valor máximo permitido (todos os pontos apresentam contaminação);
- b) As análises de fosfato apresentaram índices elevados em todos os pontos exceto nos controles que correspondem à água da chuva;
- c) As análises de surfactantes apresentaram índice superior ao parâmetro exigido apenas no Canal 7, em pontos localizados nas galerias e no canal.
- d) As análises de nitrogênio amoniacal apresentaram resultados dentro dos limites permitidos pela CONAMA 357/05, exceto para um dos pontos coletados no Canal 3 (C3B–C).
- e) Análises dos efeitos ecotoxicológicos por meio de ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia similis* – apresentou quatro pontos com efeito agudo de toxicidade no Canal 3 (C3A-S, C3B-S, C3B-G e C3B-C) e dois pontos no Canal 7 (C7A-G e C7A-C);
- f) As análises físico-químicas através dos parâmetros: Temperatura, pH, Salinidade e OD para todos os pontos coletados, ambos os canais, os valores apresentados estavam dentro dos limites permitidos pela resolução CONAMA 357/05;

As coletas foram realizadas em períodos diferentes para cada canal, mas considerando a importância de ter o mesmo volume pluviométrico. Os parâmetros biológicos estavam acima do máximo permitido para todos os pontos levantados, os parâmetros físico-químicos não apresentaram valores superiores ao índice legal. As análises químicas tiveram valores acima do parâmetro legal em alguns pontos

distintos em ambos os canais. A toxicidade aguda foi um dado decisivo no apontamento dos focos contaminantes.

As análises efetuadas apontaram uma investigação da intervenção do homem no meio ambiente, pois as avaliações foram feitas através de parâmetros que indicam a influência de esgoto doméstico.

A investigação foi feita em locais pontuais que significam:

- Sarjeta: indica a contaminação do espaço urbano;
- Galeria: aponta a ligação direta de esgoto sanitário na boca de lobo;
- Canal: a poluição difusa do esgoto despejado.

Conclusão dos resultados pontuais em relação à toxicidade aguda:

- P01 (canal 3): toxicidade presente na sarjeta (C3A-S) que indica a contaminação advinda do meio urbano;
- P02 (canal 3): toxicidade presente na sarjeta (C3B-S) que indica a contaminação advinda do meio urbano, na galeria (C3B-G) com ponto de ligação clandestina de esgoto e no canal (C3B-C) com o recebimento do material contaminado através da galeria e a contaminação difusa no sistema;
- P03 (canal 7): toxicidade presente na galeria (C7A-G) com ponto de ligação clandestina de esgoto e no canal (C7A-C) com o recebimento do material contaminado através da galeria e a contaminação difusa no sistema;
- P04 (canal 7): não apresentou toxicidade aguda.

O estudo concluiu que os contaminantes de influência antrópica, desde o meio urbano até a ligação irregular de esgoto sanitário, encontram-se presentes nos pontos levantados, podendo afirmar que estes males permanecem presentes no sistema de drenagem urbana de águas pluviais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É imprescindível uma ação direta nas mudanças do uso do espaço urbano para minimizar os danos causados ao meio ambiente. A procura de esgotos clandestinos, a tomada de ação na mudança desta prática e o condicionamento correto através de rede coletora de esgoto são de extrema importância para o controle da qualidade das águas.

As práticas estabelecidas no ambiente urbano, como: as feiras livres e a lavagem ao final do seu processo; a lavagem de térreos de edifícios e passeios públicos; as fezes de animais domésticos; lavagens de veículos, dentre outros. Estas ações contribuem fortemente com a contaminação no sistema de drenagem de águas pluviais urbana acarretando diretamente e negativamente o meio ambiente inserido neste cenário, pois seu descarte é direto e sem nenhuma forma de tratamento. E por este motivo deve-se mudar a forma de uso do meio urbano em respeito à natureza.

A adoção de um meio urbano controlado trará fatores positivos como a qualidade das águas do corpo receptor, o respeito à natureza e suas espécies afetadas. Um meio urbano consciente com novas regras de uso do seu espaço comum compõe um conjunto positivo, que poderá servir na aplicação para qualquer ambiente urbano como modelo de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 12713/2009 - **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera)**, 2009.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 10844/1989 – **Instalações Prediais de Águas Pluviais**, 1989.

ALLAIS, C. - **O estado do planeta em alguns números**. MARTINE, B. (Org.). **Terra: patrimônio comum**, 1992. p. 250 apud ANTUNES, P. B. - **Direito ambiental**. Editora Lumen Juris, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 1996.

AMBROZEVICIUS, A. P. & ABESSA, D. M. S. **Acute toxicity of waters from the urban drainage channels of Santos (São Paulo, Brazil)**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 2008 3(2): 108-115.

ARAÚJO, J. C.; SANTAELLA, S. T.; CAMPOS, N.; STUDART, T. “**Gestão da qualidade**”, in **Gestão das águas: princípios e práticas**. Editora ABRH, 2ªed., Porto Alegre – RS, Brasil, 2003.

APHA – AWWA – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20^o st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 1999.

APHA – AWWA – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21^o st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2005.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22^o st ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2012.

BOTELHO, R. G. M. **Bacias hidrográficas urbanas**. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2011.

BRASIL. **CONAMA, Resolução Federal N.º 274/00**, de 29 de novembro de 2000 Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. **CONAMA, Resolução Federal N.º 357/05**. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, Diário Oficial da União, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico

CESAR, A.; SILVA, S. L. R.; SANTOS, A. R. - **Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição** - Universidade Santa Cecília - UNISANTA – Santos - SP, Brasil, 1997.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) – **Métodos de Avaliação da Toxicidade de Poluentes a Organismos Aquáticos** – Cursos e Treinamentos – Volume 2 - Setor de Transferência de Conhecimento Ambiental. São Paulo – SP, Brasil, 2007.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental); **Norma técnica L5.018, Água – teste de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, (Cladocera, Crustacea)**: método de ensaio. São Paulo - SP, Brasil, 1994.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental); **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo** – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo - SP, Brasil, 2009.

COELHO, F. R. ; SANTOS, A. R. ; CORTEZ, F. S. ; PUSCEDDU, F. H. ; TOMA, W. ; GUIMARÃES, L. L. . **Caracterização da qualidade das águas dos canais de Santos (São Paulo, Brasil)**. UNISANTA BioScience, v. 1, p. 54-59, 2012.

COELHO, F.R. **Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana de Santos (São Paulo, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos - SP, Brasil, 2013.

CORBELLA, O; YANNAS, S. – **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos** – Conforto Ambiental. Editora: Revan, 2003

CORRÊA R. L., **“O Espaço Urbano”** - Editora Ática, Série Princípios, 3a. edição, São Paulo – SP, Brasil, 1995.

COSTA C. R.; OLIVI P; BOTTA C. M. R.; ESPINDOLA E. L. G. - **“A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação”** – Editora Química Nova, Vol. 31, No. 7, São Paulo – SP, Brasil, 2008.

DIAS, G. F. **Pegada Ecológica e sustentabilidade humana**. Editora Gaia. São Paulo - SP, Brasil, 2002.

FREITAS, A.; MUNIZ, C. **Estudo da relação entre índice pluviométrico e abundância da bactéria enterococos nas praias do Município de Santos, SP.** – Universidade Santa Cecília , Santos, SP, 2012

GHERARDI-GOLDSTEIN, E.; BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P. A.; ARAÚJO, R. P. A.; RAMOS, M. L. L. C. **Procedimentos para Utilização de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquidos**, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo - SP, Brasil, 1990.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Revista Ambiente Construído, v. 6, n. 4, Porto Alegre – RS, Brasil, 2006.

GOOGLE MAPS. **Imagens Cartográficas do município de Santos**, 2015.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista FAPAM (Universidade Pará de Minas), ano 2, nº 1, Pará de Minas – MG, Brasil, 2010.

GRANDISOLI, E. A. C. **Educação Ambiental Urbana (EAUrb) - uma alternativa de ensino nos grandes centros urbanos**. Artigos Interfaces (USP, UNIFESP), São Paulo – SP, Brasil, 2008.

GRANZIERA, M. L. M. - **Direito de Águas**. Jornal Carta Forense, Editora Atlas, São Paulo – SP, Brasil, 2014.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Estimativa populacional**, Brasil, 2015.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **Calculadora Geográfica** - DPI-Inpe – Conversões de coordenadas geográficas - “www.cptec.inpe.br” - Brasil, 2015.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **Precipitação por radar**. “www.cptec.inpe.br” – sigma.cptec.inpe.br/radar - DSA (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais) – Brasil, 2015.

LEE, J. H.; BANG, K. W. “**Characterization of urban stormwater runoff**”. A journal of the International Water Association, Water Research , Elsevier Science Ltd, v. 34, n. 6, 2000.

MANAFI, M. **Fluorogenic and chromogenic enzyme substrates in culture media and identification tests**. International Journal of Food and Microbiology, Elsevier Science Ltd, v. 31, 1996.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental** – tradução: Félix Nonnenmacher – 9ª Edição. Editora: Bookman. Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, 2002.

NASCIMENTO, J. A. S. **Atlas de Saneamento – Manejo de Águas Pluviais**. Biblioteca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Brasil, 2011.

POMPÊO et al. (Orgs.) **Ecologia de reservatórios e interfaces**. Capítulo 22 – Ecotoxicologia. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil, 2015.

RIBO, J. M. **Environmental Toxicology and Water Quality**. Journal Citation Reports, volume 11, nº 2, 1996

RIPA DI MEANA, C. **Livro Verde sobre o Ambiente Urbano** - Comissário europeu do Ambiente - comissão das comunidades europeias, 1990.

RUSSO, F. **Climatic responsive design in Brazilian Modern Architecture**. Dissertation (Master) - Martin Centre for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge, Cambridge, Reino Unido, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana** – Volume I. São Paulo, Brasil, 2012.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETO, O.M. **Gestão da Água no Brasil**. UNESCO, Brasília - DF, Brasil, 2001.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Volume I – 3^o Edição – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, Brasil, 2005.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática – Princípios e Aplicações** – Segunda Edição – Capítulo 11. Editora Rima. São Paulo – SP, Brasil, 2008.

ANEXOS

Testes de toxicidade padronizados pela ABNT e CETESB

Testes de toxicidade padronizados pela ABNT e CETESB			
Organismo	Efeito	Espécie	Normas brasileiras
Bactéria	Agudo	<i>Vibrio fischeri</i>	CETESB, L5.22740
Bactéria	Agudo	<i>Spirillum volutans</i>	CETESB, L5.22841
Alga	Crônico	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Scenedesmus subspicatus</i> , <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	CETESB, L5.02042 e ABNT, NBR1264843
Microcrustáceo	Agudo	<i>Daphnia similis</i> , <i>Daphnia magna</i>	CETESB, L5.01844 e ABNT, NBR1271345
Microcrustáceo	Agudo	<i>Artemia salina</i>	CETESB, L5.02146
Microcrustáceo	Crônico	<i>Ceriodaphnia dubia</i> , <i>Ceriodaphnia silvestri</i>	CETESB, L5.02247 e ABNT, NBR1337348
Peixe	Agudo	<i>Danio rerio</i> , <i>Pimephales promelas</i>	CETESB, L5.01949 e ABNT, NBR1508850

Fonte: Tabela retirada do artigo “A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação”, 2008.

CEPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais			
Precipitação por Radar			
Radar	Data	Hora	Volume (mm/h)
Radar São Roque - SP	19/06/2015	08:30	5 a 8
Radar São Roque - SP	14/09/2015	08:30	5 a 8

Fonte: DSA (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais) – Precipitação por radar. CEPTEC/INPE, 2015.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de *E. coli* – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	10,84				
R squared	0,8229				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	740,5	6	123,4		
Residual (within columns)	159,3	14	11,38		
Total	899,8	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C3A - S	-0,6667	0,2420	No	ns	-8.689 to 7.356
Controle vs C3A - G	-5,000	1,815	No	ns	-13.02 to 3.022
Controle vs C3A - C	-3,000	1,089	No	ns	-11.02 to 5.022
Controle vs C3B - S	-7,333	2,662	No	ns	-15.36 to 0.6892
Controle vs C3B - G	-12,67	4,599	Yes	**	-20.69 to -4.644
Controle vs C3B - C	-17,33	6,293	Yes	***	-25.36 to -9.311

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Coliformes totais – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	22,48				
R squared	0,9060				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	25070	6	4178		
Residual (within columns)	2602	14	185,9		
Total	27670	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C3A - S	-1,667	0,1497	No	ns	-34.09 to 30.75
Controle vs C3A - G	-6,667	0,5989	No	ns	-39.09 to 25.75
Controle vs C3A - C	-5,667	0,5091	No	ns	-38.09 to 26.75
Controle vs C3B - S	-18,33	1,647	No	ns	-50.75 to 14.09
Controle vs C3B - G	-86,00	7,726	Yes	***	-118.4 to -53.58
Controle vs C3B - C	-77,67	6,977	Yes	***	-110.1 to -45.25

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de *E. coli* – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	95,86				
R squared	0,9762				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	302600	6	50430		
Residual (within columns)	7366	14	526,1		
Total	310000	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C7A - S	-28,00	1,495	No	ns	-82.55 to 26.55
Controle vs C7A - G	-363,0	19,38	Yes	***	-417.5 to -308.5
Controle vs C7A - C	-93,67	5,001	Yes	***	-148.2 to -39.12
Controle vs C7B - S	-60,33	3,221	Yes	*	-114.9 to -5.786
Controle vs C7B - G	-7,000	0,3738	No	ns	-61.55 to 47.55
Controle vs C7B - C	-4,000	0,2136	No	ns	-58.55 to 50.55

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Coliformes totais – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	123,8				
R squared	0,9815				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	2531000	6	421800		
Residual (within columns)	47700	14	3407		
Total	2578000	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C7A - S	-115,7	2,427	No	ns	-254.5 to 23.14
Controle vs C7A - G	-1016	21,32	Yes	***	-1155 to -877.5
Controle vs C7A - C	-595,3	12,49	Yes	***	-734.1 to -456.5
Controle vs C7B - S	-221,7	4,651	Yes	**	-360.5 to -82.86
Controle vs C7B - G	-52,33	1,098	No	ns	-191.1 to 86.48
Controle vs C7B - C	-72,33	1,518	No	ns	-211.1 to 66.48

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de *E. coli* – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0010				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	8,914				
R squared	0,7879				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	589,3	5	117,9		
Residual (within columns)	158,7	12	13,22		
Total	748,0	17			
Tukey's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C3A - S vs C3B - S	-6,667	3,176	No	ns	-16.64 to 3.308
C3A - S vs C3A - G	-4,333	2,064	No	ns	-14.31 to 5.641
C3A - S vs C3B - G	-12,00	5,716	Yes	*	-21.97 to -2.026
C3A - S vs C3A - C	-2,333	1,111	No	ns	-12.31 to 7.641
C3A - S vs C3B - C	-16,67	7,939	Yes	**	-26.64 to -6.693
C3B - S vs C3A - G	2,333	1,111	No	ns	-7.641 to 12.31
C3B - S vs C3B - G	-5,333	2,540	No	ns	-15.31 to 4.641
C3B - S vs C3A - C	4,333	2,064	No	ns	-5.641 to 14.31
C3B - S vs C3B - C	-10,00	4,763	Yes	*	-19.97 to -0.02583
C3A - G vs C3B - G	-7,667	3,652	No	ns	-17.64 to 2.308
C3A - G vs C3A - C	2,000	0,9527	No	ns	-7.974 to 11.97
C3A - G vs C3B - C	-12,33	5,875	Yes	*	-22.31 to -2.359
C3B - G vs C3A - C	9,667	4,605	No	ns	-0.3075 to 19.64
C3B - G vs C3B - C	-4,667	2,223	No	ns	-14.64 to 5.308
C3A - C vs C3B - C	-14,33	6,827	Yes	**	-24.31 to -4.359

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de *E. coli* – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	91,41				
R squared	0,9744				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	280500	5	56110		
Residual (within columns)	7365	12	613,8		
Total	287900	17			
Tukey's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C7A - S vs C7B - S	-32,33	2,261	No	ns	-100.3 to 35.62
C7A - S vs C7A - G	-335,0	23,42	Yes	***	-403.0 to -267.0
C7A - S vs C7B - G	21,00	1,468	No	ns	-46.96 to 88.96
C7A - S vs C7A - C	-65,67	4,591	No	ns	-133.6 to 2.290
C7A - S vs C7B - C	24,00	1,678	No	ns	-43.96 to 91.96
C7B - S vs C7A - G	-302,7	21,16	Yes	***	-370.6 to -234.7
C7B - S vs C7B - G	53,33	3,729	No	ns	-14.62 to 121.3
C7B - S vs C7A - C	-33,33	2,330	No	ns	-101.3 to 34.62
C7B - S vs C7B - C	56,33	3,938	No	ns	-11.62 to 124.3
C7A - G vs C7B - G	356,0	24,89	Yes	***	288.0 to 424.0
C7A - G vs C7A - C	269,3	18,83	Yes	***	201.4 to 337.3
C7A - G vs C7B - C	359,0	25,10	Yes	***	291.0 to 427.0
C7B - G vs C7A - C	-86,67	6,059	Yes	*	-154.6 to -18.71
C7B - G vs C7B - C	3,000	0,2097	No	ns	-64.96 to 70.96
C7A - C vs C7B - C	89,67	6,269	Yes	**	21.71 to 157.6

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0005				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	8,668				
R squared	0,7879				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	0,5894	6	0,09823		
Residual (within columns)	0,1587	14	0,01133		
Total	0,7481	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C3A - S	-0,4774	5,492	Yes	***	-0.7305 to -0.2242
Controle vs C3A - G	-0,2429	2,794	No	ns	-0.4960 to 0.01028
Controle vs C3A - C	-0,5109	5,878	Yes	***	-0.7640 to -0.2577
Controle vs C3B - S	-0,1256	1,445	No	ns	-0.3788 to 0.1275
Controle vs C3B - G	-0,2429	2,794	No	ns	-0.4960 to 0.01028
Controle vs C3B - C	-0,2848	3,276	Yes	*	-0.5379 to -0.03160

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0619				
P value summary	ns				
Are means signif. different? (P < 0.05)	No				
Number of groups	7				
F	2,657				
R squared	0,5324				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	15,29	6	2,548		
Residual (within columns)	13,43	14	0,9590		
Total	28,71	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C7A - S	-1,625	2,032	No	ns	-3.954 to 0.7040
Controle vs C7A - G	-2,739	3,425	Yes	*	-5.067 to -0.4099
Controle vs C7A - C	-0,4690	0,5866	No	ns	-2.798 to 1.860
Controle vs C7B - S	-1,608	2,011	No	ns	-3.937 to 0.7207
Controle vs C7B - G	-1,935	2,420	No	ns	-4.263 to 0.3941
Controle vs C7B - C	-1,734	2,168	No	ns	-4.062 to 0.5951

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0082				
P value summary	**				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	5,348				
R squared	0,6902				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	0,3357	5	0,06715		
Residual (within columns)	0,1507	12	0,01256		
Total	0,4864	17			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C3A - S vs C3B - S	0,3518	5,437	Yes	*	0.04440 to 0.6591
C3A - S vs C3A - G	0,2345	3,625	No	ns	-0.07285 to 0.5419
C3A - S vs C3B - G	0,2345	3,625	No	ns	-0.07285 to 0.5419
C3A - S vs C3A - C	-0,03350	0,5178	No	ns	-0.3409 to 0.2739
C3A - S vs C3B - C	0,1926	2,978	No	ns	-0.1147 to 0.5000
C3B - S vs C3A - G	-0,1173	1,812	No	ns	-0.4246 to 0.1901
C3B - S vs C3B - G	-0,1173	1,812	No	ns	-0.4246 to 0.1901
C3B - S vs C3A - C	-0,3853	5,955	Yes	*	-0.6926 to -0.07790
C3B - S vs C3B - C	-0,1591	2,460	No	ns	-0.4665 to 0.1482
C3A - G vs C3B - G	0,00000002980	0,0000004607	No	ns	-0.3074 to 0.3074
C3A - G vs C3A - C	-0,2680	4,143	No	ns	-0.5754 to 0.03935
C3A - G vs C3B - C	-0,04188	0,6473	No	ns	-0.3492 to 0.2655
C3B - G vs C3A - C	-0,2680	4,143	No	ns	-0.5754 to 0.03935
C3B - G vs C3B - C	-0,04188	0,6473	No	ns	-0.3492 to 0.2655
C3A - C vs C3B - C	0,2261	3,495	No	ns	-0.08123 to 0.5335

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Fosfato – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	111,9				
R squared	0,9790				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	2223000	5	444700		
Residual (within columns)	47700	12	3975		
Total	2271000	17			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C7A - S vs C7B - S	-106,0	2,912	No	ns	-278.9 to 66.94
C7A - S vs C7A - G	-900,7	24,74	Yes	***	-1074 to -727.7
C7A - S vs C7B - G	63,33	1,740	No	ns	-109.6 to 236.3
C7A - S vs C7A - C	-479,7	13,18	Yes	***	-652.6 to -306.7
C7A - S vs C7B - C	43,33	1,190	No	ns	-129.6 to 216.3
C7B - S vs C7A - G	-794,7	21,83	Yes	***	-967.6 to -621.7
C7B - S vs C7B - G	169,3	4,652	No	ns	-3.608 to 342.3
C7B - S vs C7A - C	-373,7	10,27	Yes	***	-546.6 to -200.7
C7B - S vs C7B - C	149,3	4,102	No	ns	-23.61 to 322.3
C7A - G vs C7B - G	964,0	26,48	Yes	***	791.1 to 1137
C7A - G vs C7A - C	421,0	11,57	Yes	***	248.1 to 593.9
C7A - G vs C7B - C	944,0	25,93	Yes	***	771.1 to 1117
C7B - G vs C7A - C	-543,0	14,92	Yes	***	-715.9 to -370.1
C7B - G vs C7B - C	-20,00	0,5494	No	ns	-192.9 to 152.9
C7A - C vs C7B - C	523,0	14,37	Yes	***	350.1 to 695.9

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0014				
P value summary	**				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	6,924				
R squared	0,7480				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	0,08195	6	0,01366		
Residual (within columns)	0,02762	14	0,001973		
Total	0,1096	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C3A - S	-0,04564	1,258	No	ns	-0.1513 to 0.05998
Controle vs C3A - G	0,05827	1,607	No	ns	-0.04735 to 0.1639
Controle vs C3A - C	-0,06205	1,711	No	ns	-0.1677 to 0.04357
Controle vs C3B - S	-0,1591	4,388	Yes	**	-0.2647 to -0.05350
Controle vs C3B - G	-0,01146	0,3159	No	ns	-0.1171 to 0.09416
Controle vs C3B - C	-0,01009	0,2782	No	ns	-0.1157 to 0.09553

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0004				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	8,732				
R squared	0,7891				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	1,747	6	0,2912		
Residual (within columns)	0,4668	14	0,03335		
Total	2,214	20			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C7A - S	-0,04649	0,3118	No	ns	-0.4807 to 0.3878
Controle vs C7A - G	-0,8723	5,851	Yes	***	-1.307 to -0.4381
Controle vs C7A - C	-0,3610	2,421	No	ns	-0.7952 to 0.07330
Controle vs C7B - S	-0,1887	1,265	No	ns	-0.6229 to 0.2456
Controle vs C7B - G	-0,4799	3,219	Yes	*	-0.9142 to -0.04565
Controle vs C7B - C	-0,5797	3,888	Yes	**	-1.014 to -0.1455

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0017				
P value summary	**				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	7,861				
R squared	0,7661				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	0,07817	5	0,01563		
Residual (within columns)	0,02387	12	0,001989		
Total	0,1020	17			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C3A - S vs C3B - S	-0,1135	4,407	No	ns	-0.2358 to 0.008851
C3A - S vs C3A - G	0,1039	4,036	No	ns	-0.01842 to 0.2262
C3A - S vs C3B - G	0,03418	1,327	No	ns	-0.08815 to 0.1565
C3A - S vs C3A - C	-0,01641	0,6372	No	ns	-0.1387 to 0.1059
C3A - S vs C3B - C	0,03555	1,381	No	ns	-0.08678 to 0.1579
C3B - S vs C3A - G	0,2174	8,443	Yes	***	0.09506 to 0.3397
C3B - S vs C3B - G	0,1477	5,735	Yes	*	0.02533 to 0.2700
C3B - S vs C3A - C	0,09707	3,770	No	ns	-0.02526 to 0.2194
C3B - S vs C3B - C	0,1490	5,788	Yes	*	0.02670 to 0.2714
C3A - G vs C3B - G	-0,06973	2,708	No	ns	-0.1921 to 0.05260
C3A - G vs C3A - C	-0,1203	4,673	No	ns	-0.2426 to 0.002015
C3A - G vs C3B - C	-0,06836	2,655	No	ns	-0.1907 to 0.05397
C3B - G vs C3A - C	-0,05059	1,965	No	ns	-0.1729 to 0.07174
C3B - G vs C3B - C	0,001367	0,05310	No	ns	-0.1210 to 0.1237
C3A - C vs C3B - C	0,05196	2,018	No	ns	-0.07038 to 0.1743

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Surfactantes – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	0,0032				
P value summary	**				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	6,771				
R squared	0,7383				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	1,291	5	0,2581		
Residual (within columns)	0,4574	12	0,03812		
Total	1,748	17			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C7A - S vs C7B - S	-0,1422	1,261	No	ns	-0.6777 to 0.3934
C7A - S vs C7A - G	-0,8258	7,326	Yes	**	-1.361 to -0.2903
C7A - S vs C7B - G	-0,4334	3,845	No	ns	-0.9690 to 0.1021
C7A - S vs C7A - C	-0,3145	2,790	No	ns	-0.8500 to 0.2211
C7A - S vs C7B - C	-0,5332	4,730	No	ns	-1.069 to 0.002332
C7B - S vs C7A - G	-0,6836	6,065	Yes	*	-1.219 to -0.1481
C7B - S vs C7B - G	-0,2912	2,583	No	ns	-0.8268 to 0.2443
C7B - S vs C7A - C	-0,1723	1,528	No	ns	-0.7078 to 0.3633
C7B - S vs C7B - C	-0,3910	3,469	No	ns	-0.9266 to 0.1445
C7A - G vs C7B - G	0,3924	3,481	No	ns	-0.1432 to 0.9280
C7A - G vs C7A - C	0,5113	4,536	No	ns	-0.02421 to 1.047
C7A - G vs C7B - C	0,2926	2,596	No	ns	-0.2430 to 0.8281
C7B - G vs C7A - C	0,1190	1,055	No	ns	-0.4166 to 0.6545
C7B - G vs C7B - C	-0,09981	0,8854	No	ns	-0.6354 to 0.4357
C7A - C vs C7B - C	-0,2188	1,941	No	ns	-0.7543 to 0.3168

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	14,55				
R squared	0,8060				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	91,43	6	15,24		
Residual (within columns)	22,00	21	1,048		
Total	113,4	27			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C3A - S	-4,000	5,527	Yes	***	-6.020 to -1.980
Controle vs C3A - G	-0,5000	0,6908	No	ns	-2.520 to 1.520
Controle vs C3A - C	0,0000	0,0000	No	ns	-2.020 to 2.020
Controle vs C3B - S	-2,500	3,454	Yes	*	-4.520 to -0.4798
Controle vs C3B - G	-3,500	4,836	Yes	***	-5.520 to -1.480
Controle vs C3B - C	-4,500	6,218	Yes	***	-6.520 to -2.480

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Dunnett: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	7				
F	25,26				
R squared	0,8783				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	61,36	6	10,23		
Residual (within columns)	8,500	21	0,4048		
Total	69,86	27			
Dunnett's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
Controle vs C7A - S	-0,2500	0,5557	No	ns	-1.506 to 1.006
Controle vs C7A - G	-3,750	8,336	Yes	***	-5.006 to -2.494
Controle vs C7A - C	-3,000	6,669	Yes	***	-4.256 to -1.744
Controle vs C7B - S	0,0000	0,0000	No	ns	-1.256 to 1.256
Controle vs C7B - G	0,0000	0,0000	No	ns	-1.256 to 1.256
Controle vs C7B - C	-0,5000	1,111	No	ns	-1.756 to 0.7557

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 3

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	11,45				
R squared	0,7609				
ANOVA Table	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	70,00	5	14,00		
Residual (within columns)	22,00	18	1,222		
Total	92,00	23			
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C3A - S vs C3B - S	1,500	2,714	No	ns	-0.9847 to 3.985
C3A - S vs C3A - G	3,500	6,332	Yes	**	1.015 to 5.985
C3A - S vs C3B - G	0,5000	0,9045	No	ns	-1.985 to 2.985
C3A - S vs C3A - C	4,000	7,236	Yes	***	1.515 to 6.485
C3A - S vs C3B - C	-0,5000	0,9045	No	ns	-2.985 to 1.985
C3B - S vs C3A - G	2,000	3,618	No	ns	-0.4847 to 4.485
C3B - S vs C3B - G	-1,000	1,809	No	ns	-3.485 to 1.485
C3B - S vs C3A - C	2,500	4,523	Yes	*	0.01530 to 4.985
C3B - S vs C3B - C	-2,000	3,618	No	ns	-4.485 to 0.4847
C3A - G vs C3B - G	-3,000	5,427	Yes	*	-5.485 to -0.5153
C3A - G vs C3A - C	0,5000	0,9045	No	ns	-1.985 to 2.985
C3A - G vs C3B - C	-4,000	7,236	Yes	***	-6.485 to -1.515
C3B - G vs C3A - C	3,500	6,332	Yes	**	1.015 to 5.985
C3B - G vs C3B - C	-1,000	1,809	No	ns	-3.485 to 1.485
C3A - C vs C3B - C	-4,500	8,141	Yes	***	-6.985 to -2.015

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.

Dados estatísticos referentes ao gráfico de Ecotoxicologia – Canal 7

ANOVA com teste posteriori de Tukey: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Table Analyzed	Data 3				
One-way analysis of variance					
P value	< 0.0001				
P value summary	***				
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes				
Number of groups	6				
F	23,72				
R squared	0,8682				
ANOVA Table					
	SS	df	MS		
Treatment (between columns)	56,00	5	11,20		
Residual (within columns)	8,500	18	0,4722		
Total	64,50	23			
Tukey's Multiple Comparison Test					
	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary	95% CI of diff
C7A - S vs C7B - S	0,2500	0,7276	No	ns	-1.294 to 1.794
C7A - S vs C7A - G	-3,500	10,19	Yes	***	-5.044 to -1.956
C7A - S vs C7B - G	0,2500	0,7276	No	ns	-1.294 to 1.794
C7A - S vs C7A - C	-2,750	8,004	Yes	***	-4.294 to -1.206
C7A - S vs C7B - C	-0,2500	0,7276	No	ns	-1.794 to 1.294
C7B - S vs C7A - G	-3,750	10,91	Yes	***	-5.294 to -2.206
C7B - S vs C7B - G	0,0000	0,0000	No	ns	-1.544 to 1.544
C7B - S vs C7A - C	-3,000	8,731	Yes	***	-4.544 to -1.456
C7B - S vs C7B - C	-0,5000	1,455	No	ns	-2.044 to 1.044
C7A - G vs C7B - G	3,750	10,91	Yes	***	2.206 to 5.294
C7A - G vs C7A - C	0,7500	2,183	No	ns	-0.7944 to 2.294
C7A - G vs C7B - C	3,250	9,459	Yes	***	1.706 to 4.794
C7B - G vs C7A - C	-3,000	8,731	Yes	***	-4.544 to -1.456
C7B - G vs C7B - C	-0,5000	1,455	No	ns	-2.044 to 1.044
C7A - C vs C7B - C	2,500	7,276	Yes	***	0.9556 to 4.044

Fonte: Estas análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o uso do software GraphPad Prism® for Windows versão 5.03.