

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

VINICIUS DE MOURA PELLATIERO

**ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS
NA PRODUÇÃO DE PRÓTESES PARA PACIENTES AMPUTADOS**

SANTOS/SP

2018

VINICIUS DE MOURA PELLATIERO

**ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS
NA PRODUÇÃO DE PRÓTESES PARA PACIENTES AMPUTADOS**

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob a orientação do Prof. Dr. Walber Toma e Prof. Dra. Luciana Lopes Guimarães.

SANTOS/SP

2018

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

Pellatiero, Vinicius de Moura.

Análise ecotoxicológica de matérias-primas utilizadas na produção de próteses para pacientes amputados / Vinicius de Moura Pellatiero.

-- 2018.

n. de f. 67

Orientador: Walber Toma.

Coorientador: Luciana Lopes Guimarães.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2018.

1.Descarte incorreto. 2. Ensaio de toxicidade. 3. Diretiva 93/67/CEE. 4.Próteses.

I. Toma, Walber. II. Guimarães, Luciana Lopes.

III. Análise ecotoxicológica de matérias-primas utilizadas na produção de próteses para pacientes amputados.

Dedico esta obra, a todos que se envolveram diretamente ou mesmo indiretamente, considerando meus Orientadores e Co-orientadores, amigos de mestrado, família e todos os professores responsáveis pela condução deste curso de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer desde já a todos que participaram desta etapa tão importante da minha formação, uma vez que sem o apoio incondicional de todos os meus colegas e professores de mestrado, não haveria a possibilidade de estar concluindo mais essa vitória e sem dúvida não posso deixar de lembrar com um carinho todo especial, tanto meu orientador e colega de trabalho Walber Toma e também minha co-orientadora Luciana Guimarães, que persistiram e não desistiram de mim nesta empreitada. A vocês meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A legislação relativa à resíduos sólidos nos Estados Unidos, Canadá e em alguns países da Europa encontra-se bastante avançada. Todos os países pertencentes à Comunidade Europeia seguem a Diretiva 96/61/CE de 1996, relativa à prevenção e ao controle integrado da contaminação. Desde 1994, foi estabelecida a Diretiva comunitária 94/67/CEE, sobre a incineração de resíduos perigosos e, neste mesmo ano, a Diretiva comunitária 94/62/CEE apresenta os parâmetros para embalagens e resíduos de embalagens. No Brasil a preocupação com questões ambientais é relativamente recente. A Resolução Conama no 313/2002 dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, que estabelece que os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental. A conscientização da sociedade e a legislação ambiental, tem levado as empresas a uma relação mais sustentável com o meio ambiente. O presente estudo objetivou abordar aspectos ecotoxicológicos de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (sulfato de cálcio, resina acrílica e catalisador), considerando aumento do número de pacientes que sobrevivem a uma amputação no Brasil e a criação de materiais específicos que aumentam a durabilidade dos esqueletos protéticos, porém sem que haja uma norma regulamentada para o controle de reciclagem e descarte de tais materiais. Foram realizados ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo com *Daphnia similis* e ensaios de toxicidade crônica com *Echinometra lucunter* para cada componente citado. Os resultados obtidos para o componente sulfato de cálcio, revelaram efeitos crônicos a partir de 50 mg/L. A exposição dos organismos ao catalisador resultou em efeitos crônicos a partir de 25 mg/L e agudos em concentrações inferiores a 6,25mg/L. Nos ensaios com resina, foram observados efeitos crônicos a partir de 6,25 mg/L e efeitos agudos a partir de 12,5 mg/L. As três substâncias testadas (resina, o sulfato de cálcio e o catalisador) foram classificadas como nocivas nos ensaios de toxicidade crônica a partir dos valores de Cl_{50} , de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia. Nos ensaios de efeitos agudo, o catalisador apresentou efeitos mais tóxicos, seguido da resina (nocivo) e, o sulfato de cálcio não apresentou toxicidade nas concentrações testadas. Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a necessidade de desenvolver maneiras mais eficazes e menos nocivas de descartar os materiais utilizados na confecção de prótese e órteses.

Palavras-Chave: Descarte incorreto. Ensaio de toxicidade. Diretiva 93/67/CEE.

Próteses.

ABSTRACT

Legislation on solid waste in the United States, Canada and some European countries is well under way. All countries belonging to the European Community follow Directive 96/61 / EC of 1996 on the prevention and integrated control of contamination. Since 1994, Directive 94/67 / EEC on the incineration of hazardous waste has been established and in that year Community Directive 94/62 / EEC sets out the parameters for packaging and packaging waste. In Brazil the concern with environmental issues is relatively recent. Conama Resolution No. 313/2002 provides for the National Inventory of Industrial Solid Waste, which establishes that waste existing or generated by industrial activities will be subject to specific control, as an integral part of the environmental licensing process. The awareness of society and environmental legislation, has led companies to a more sustainable relationship with the environment. The present study aimed to address the ecotoxicological aspects of components used in the manufacture of prostheses and orthoses (calcium sulfate, acrylic resin and catalyst), considering an increase in the number of patients surviving an amputation in Brazil and the creation of specific materials that increase durability of the prosthetic skeletons, but without a regulated norm for the control of recycling and disposal of such materials. Acute toxicity tests were performed for *Daphnia similis* and chronic toxicity tests with *Echinometra lucunter* for each component. The results obtained for the calcium sulfate component revealed chronic effects from 50 mg/L. Exposure of the organisms to the catalyst resulted in chronic effects from 25 mg/L and acute at concentrations below 6.25 mg/L. In the resin trials, chronic effects were observed from 6.25 mg/L and acute effects from 12.5 mg/L. The three substances tested (resin, calcium sulphate and catalyst) were classified as harmful in the chronic toxicity tests from IC50 values according to European Union Directive 93/67/EEC. In the acute effects tests, the catalyst showed more toxic effects, followed by the resin (harmful), and calcium sulfate showed no toxicity at the concentrations tested. The results obtained in the present study reinforce the need to develop more effective and less harmful ways of discarding the materials used in the manufacture of prostheses and orthoses.

Keywords: Incorrect disposal. Toxicity tests. Directive 93/67/EEC. Prostheses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Principais estados brasileiros geradores de resíduos sólidos industriais perigosos e não perigosos.....	15
Figura 2. Principais destinações para os resíduos não perigosos – Paraná.....	24
Figura 3. Estrutura química do sulfato de cálcio.....	29
Figura 4. . Estruturas químicas dos três componentes presentes na resina de laminação.....	31
Figura 5. Estruturas químicas dos quatro componentes presentes no catalisador utilizado no presente estudo.....	31
Figura 6. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embriolarval) de <i>E. lucunter</i> frente à exposição de diferentes concentrações de Sulfato de Cálcio.....	39
Figura 7. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embriolarval) de <i>E. lucunter</i> frente a exposição de diferentes concentrações de Resina.....	41
Figura 8. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embriolarval) de <i>E. lucunter</i> frente à exposição de diferentes concentrações de catalisador...	42
Figura 9. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de <i>D. similis</i> frente a exposição de diferentes concentrações de Sulfato de Cálcio..	44
Figura 10. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de <i>D. similis</i> frente a exposição de diferentes concentrações de Resina.....	45
Figura 11. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de <i>D. similis</i> frente a exposição de diferentes concentrações de Catalisador.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. População residente no Brasil, classificada por tipo de deficiência.....	17
Tabela 2. Classificação baseada na diretiva 93/67/CEE da União Europeia....	23
Tabela 3. Características físicas e químicas do Sulfato de cálcio.....	29
Tabela 4. Características físicas e químicas da Resina de Laminação.....	30
Tabela 5. Características físicas e químicas do Catalisador.....	32
Tabela 6. Resumo dos métodos utilizados nas avaliações ecotoxicológicas...	37
Tabela 7. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embriolarval (toxicidade crônica) de E. lucunter frente à exposição ao sulfato de cálcio (CENO, CEO, CI 50 e intervalo de Confiança).....	40
Tabela 8. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embriolarval (toxicidade crônica) de E. lucunter frente à exposição à resina (CENO, CEO, CI 50 e intervalo de Confiança).....	41
Tabela 9. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embriolarval (toxicidade crônica) de E. lucunter frente à exposição ao catalisador (CENO, CEO, CI 50 e intervalo de Confiança).....	42
Tabela 10. Resultados dos ensaios de toxicidade aguda frente à resina testada no presente estudo (CE50 e intervalo de Confiança).....	45
Tabela 11. Resumo dos valores obtidos de CE50 (para efeito agudo) e CI50 (para efeito crônico) e a classificação em relação à diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996).....	48
Tabela 12. Valores de log Kow e log BCF em relação à classificação dos materiais pela diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996).....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE50 - Concentração Mediana Efetiva que causa imobilidade em 50% dos organismos expostos

CEO - Concentração de Efeito Observado

CENO - Concentração de Efeito Não Observado

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CI50 - Concentração de Inibição de 50% dos organismos expostos

CL50 - Concentração Mediana Letal a 50% dos organismos expostos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CV - Coeficiente de Variação

DP - Desvio Padrão

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

KOW - Coeficiente de Partição (octanol/ água)

L - litro

Log - Logarítimo

mg - Miligrama

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

USEPA - United States Environmental Protection Agency

µL - Microlitro

Sumário

1.INTRODUÇÃO.....	13
1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
1.1.1 AMPUTAÇÕES	17
1.1.2 POLUIÇÃO AQUÁTICA	19
1.1.3 - ECOTOXICOLOGIA.....	21
1.1.4 LEGISLAÇÃO.....	22
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3. MATERIAIS E METODOS	27
3.1 ORGANISMOS – TESTE	27
3.2 COLETA DOS ORGANISMOS.....	27
3.3 MANUTENÇÃO DE D. SIMILIS.....	28
3.4 SUBSTÂNCIAS ANALISADAS NOS ENSAIOS DE TOXICIDADE.....	28
3.4.1 SULFATO DE CÁLCIO	28
3.4.2 RESINA DE LAMINAÇÃO ACRÍLICA.....	29
3.4.3 CATALISADOR.....	31
3.5 ENSAIOS DE TOXICIDADE COM E. LUCINTER	32
3.5.1 PREPARO DA ÁGUA DE DILUIÇÃO PARA OS ENSAIOS COM E. LUCINTER.....	32
3.5.2 PREPARO DOS TESTES.....	33
3.5.3 ENSAIO DE TOXICIDADE PARA AVALIAÇÃO DE EFEITO CRÔNICO (DESENVOLVIMENTO EMBRIOLARVAL) COM E. LUCINTER.....	33
3.6 ENSAIOS DE TOXICIDADE COM D. SIMILIS	35
3.6.1 ÁGUA PARA ENSAIOS DE TOXICIDADE COM D. SIMILIS.....	35
3.6.2 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA EM D. SIMILIS (MORTALIDADE OU IMOBILIDADE DAS NEONATAS).....	35

3.7 PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS, EFEITOS OBSERVADOS, VALIDAÇÃO DOS ENSAIOS E OUTRAS CONDIÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS.....	36
3.8 ANALISE ESTATÍSTICA.....	37
4. RESULTADOS	39
4.1 ENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA.....	39
4.1.1 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM SULFATO DE CÁLCIO.....	39
4.1.2 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM RESINA DE LAMINAÇÃO ACRILICA.....	40
4.1.3 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM CATALISADOR...42	
4.2 ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA.....	43
4.2.1 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE SULFATO DE CALCIO.....	43
4.2.2. ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE RESINA DE LAMINAÇÃO ACRILICA.....	43
4.2.3 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE CATALISADOR.....	46
5. DISCUSSÃO.....	47
6. CONCLUSÕES.....	52
7. VERSÃO COMPACTADA.....	53
REFERÊNCIAS	58
GLOSSÁRIO.....	63
ANEXOS.....	64

1. INTRODUÇÃO

A dualidade das propostas de controle ou prevenção de dano ambiental se mostra como uma escolha necessária para o efetivo gerenciamento dos resíduos. Para que a caracterização do resíduo seja feita de forma adequada é necessário que o processo de geração de resíduos seja bem compreendido. Os mecanismos de prevenção ainda se encontram limitados, enquanto a maioria das ações empreendidas se faz no âmbito de controle da contaminação do meio ambiente decorrente da disposição indevida. Medidas restritivas, que possam ser adotadas no sentido de reduzir a geração, controlar a dispersão e prevenir a contaminação, tornam-se fundamentais (WIENS e HAMADA, 2006).

Todos os países pertencentes à Comunidade Europeia seguem a Diretiva 96/61/CE de 1996, relativa à prevenção e ao controle integrado da contaminação. Desde 1994, foi estabelecida a Diretiva comunitária 94/67/CEE, sobre a incineração de resíduos perigosos e, neste mesmo ano, a Diretiva comunitária 94/62/CEE apresenta os parâmetros para embalagens e resíduos de embalagens (WIENS e HAMADA, 2006).

A legislação relativa à resíduos sólidos nos Estados Unidos, Canadá e em alguns países da Europa encontra-se bastante avançada. Iniciativas canadenses no sentido de gerenciar os resíduos, mais especificamente as embalagens, vigoram no país desde 1988, onde se prioriza o princípio dos 4 R's (Reduzir, Reutilizar, Recuperar e Reciclar) em detrimento de alternativas de incineração e aterros. O Canadá apresenta a maior geração per capita de lixo do mundo, algo próximo de 2 kg por habitante ao dia (WIENS e HAMADA, 2006). O quarto R (reciclagem) é colocado em prática pelas indústrias que substituem parte da matéria-prima por sucata (produtos já utilizados), seja de papel, vidro, plástico ou metal, entre outros. Existe ainda a necessidade da ampliação do mercado para os produtos advindos deste processo.

Atualmente, no Canadá, adota-se a política dos 5 R's que consistem em Reduzir, Repensar, Reaproveitar, Reciclar e Recusar consumir produtos que gerem impactos socioambientais significativo. Os cinco R's fazem parte de um processo educativo que tem por objetivo uma mudança de hábitos no cotidiano dos cidadãos. É levado em consideração a importância do cidadão repensar

seus valores e práticas, reduzindo o consumo exagerado e o desperdício (Brasil, 2018).

No Brasil a preocupação com questões ambientais é relativamente recente. A conscientização da sociedade e a legislação ambiental, tem levado as empresas a uma relação mais sustentável com o meio ambiente. Na década de 80, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), responsável pela formulação de resoluções que representam importantes instrumentos normativos para a gestão ambiental em busca do crescimento sustentável, publica a resolução que estabelece os padrões de qualidade de água no território nacional e classifica o recurso de acordo com seu grau de qualidade (CONAMA, 1986).

Nos últimos anos, o aumento da produção de resíduos sólidos se tornou muito evidente no estado de São Paulo, devido ao crescimento populacional aliado ao aumento exponencial das atividades industriais (CETESB). De acordo com TOCHETTO & PEREIRA (2008), a preocupação com a qualidade do meio ambiente tem feito as indústrias desenvolverem tecnologias a fim de produzir matérias primas menos tóxicas com a intenção de reduzir os impactos que acometem o meio ambiente. A figura 1 mostra os principais estados brasileiros geradores de Resíduos Sólidos Industriais (RSIs) perigosos e não perigosos. Pode-se observar o estado de São Paulo como um dos principal produtores de RSIs, assim como os estados do Paraná e Goiás.

A Lei no 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, representando um importante marco regulatório ambiental e estabelecendo princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotados no país, visando à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010).

De acordo com a PNRS a destinação dos resíduos industriais é obrigação do gerador. Se o gerador é o responsável pelo tratamento e pela destinação final dos resíduos, ele pode executar esse papel por si próprio – tratamento interno – ou contratar empresas especializadas – tratamento externo (IPEA, 2012).

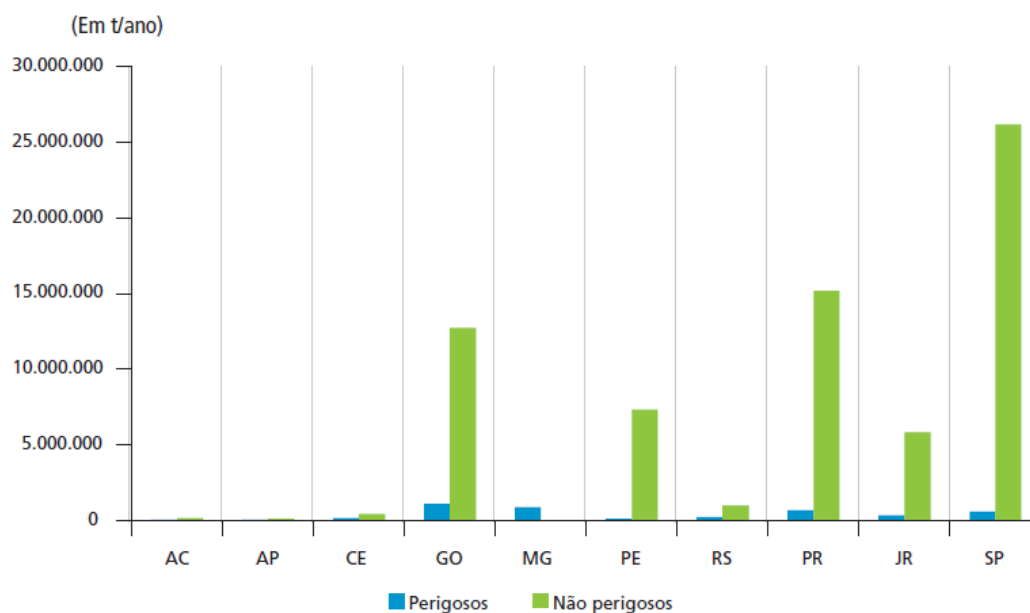


Figura 1. Principais estados brasileiros geradores de resíduos sólidos industriais perigosos e não perigosos.

Fonte: IPEA, 2012.

Os resíduos industriais podem apresentar uma composição variada, dependendo do processo industrial. A NBR 10.004 (ABNT, 2004) estabelece a classificação de resíduos envolvendo a identificação criteriosa dos constituintes e das características dos resíduos, segundo as matérias-primas, os insumos e o processo ou atividade que lhes deram origem; e a comparação destes com a listagem de resíduos e substâncias que podem causar impacto à saúde e ao meio ambiente, para que possam ser gerenciados adequadamente. A classificação de resíduos sólidos se baseia em Classe I, que é representado por serem perigoso, onde de acordo com suas propriedades físico-químicas e infectocontagiosas podem oferecer risco a saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos de Classe II podem ser considerados inertes e não inertes (IPEA, 2012).

Todos estes mecanismos classificatórios e regulatórios vão de encontro ao fato de que a evolução da humanidade, desde seus primórdios, está intimamente ligada à capacidade do Homem em criar alternativas para garantir sua sobrevivência e melhorar seu conforto de vida. Assim, é possível observar constantes avanços científicos e tecnológicos nas áreas de alimentação, da saúde, de comunicação, de transporte, etc., para atingir tais objetivos. Grande

parte das mudanças ocorridas até os dias de hoje se deve à disponibilidade de materiais adequados para transformar as ideias, e mesmos sonhos, em realidade. Esta correlação é tão significativa que a evolução do ser humano na face da Terra é cronologicamente registrada através de épocas designadas pelos materiais disponíveis até então, tais como, Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc. (IPEA, 2012).

Neste último século grande parte das mudanças tecnológicas realizadas pelo Homem se deve ao surgimento dos polímeros como material alternativo. Assim, borrachas sintéticas, plásticos e fibras sintéticas revolucionaram o desenvolvimento dos setores automotivos, eletro-eletrônicos, têxteis, de embalagens, da medicina, etc. A importância dos polímeros como materiais disponíveis para a transformação tecnológica deste século é tal que não seria exagero considerar a hipótese que algum historiador no futuro venha a designar este período, cronologicamente, como a Idade dos Polímeros, em analogia às épocas anteriores. Para garantir que isto não seja nenhum absurdo basta imaginar como seria o atual estágio de desenvolvimento tecnológico se os polímeros sintéticos não fossem disponíveis. Certamente as características de materiais similares como madeira, papel, borracha natural e fibras naturais não seriam suficientes para suprir as necessidades (HAGE JR,1998).

No presente estudo destacamos os desafios da garantia de qualidade de vida de indivíduos amputados, e com o avanço da tecnologia, diversos meios estão sendo utilizados para contornar as incapacitações ocasionadas após as amputações, dentre estes meios, a produção de materiais protéticos bem como ortéticos. Dentre os materiais utilizados por grandes empresas na produção de próteses e órteses o uso do gesso e resina são frequentes, uma vez que, o início de uma confecção, bem como o final da produção, depende destes materiais, que além de resíduos acumulados no processo inicial, os mesmos quando desgastados são em sua grande maioria mal aproveitados e descartados em lixo convencional.

Considerando esses fatos, no presente estudo aspectos ecotoxicológicos de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (Sulfato de Cálcio, Resina Acrílica e Catalisador) são analisados através de ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo e crônico para cada componente.

1.1. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

1.1.1 AMPUTAÇÕES

A amputação pode decorrer por diversos fatores tais como: vasculares, que demandam em sua maior parte em relação ao tabagismo e neuropatias diabéticas; traumáticos que decorrem de acidentes de trânsito e acidentes de trabalho e em menor número, porém de forma bem frequente, apresentam-se as neoplasias e deformidades congênitas (CARVALHO, 1999 & AGNE, 2004).

As estatísticas mostram que não dá para afirmar precisamente quantos amputados de membro inferior existem no Brasil, contudo há indicadores que mostram quais são os maiores causadores de amputação em território brasileiro. As etiologias vasculares demandam a maior incidência de amputação de membros inferiores, ocasionadas por doenças vasculares periféricas especialmente em indivíduos de idade avançada (CARVALHO,1999). Isso ocorre devido ao aumento da expectativa de vida da população brasileira e predispondo os indivíduos a doenças venosas, arteriais e linfáticas (CARVALHO,1999). Destacam-se também os acidentes de trânsito e trabalho. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e o Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF) publicaram estudos que mostram que em 2009, foram registrados 129.202 acidentes em rodovias federais, dentre os quais 28.354 foram considerados acidentes graves, onde o risco de morte e amputações são eminentes (IBGE,2009).

A tabela 1 mostra o levantamento de indivíduos que possuem algum tipo de deficiência no Brasil (IBGE, 2010).

Tabela 1. População residente no Brasil, classificada por tipo de deficiência

	População residente				
	Tipo de deficiência				
	Motora			Mental/ intelectual	Nenhuma dessas deficiências
	Não consegue de modo algum	Grande dificuldade	Alguma dificuldade		
Total	734 421	3 698 929	8 832 249	2 611 536	145 084 976

Fonte: Modificado de IBGE, 2010

Atualmente há um grande desafio acerca aos indivíduos amputados, impossibilitando ou dificultando a realização de atividades funcionais e de vida diária, levando a dependência funcional e, em alguns casos, prejudicando a autonomia do indivíduo (MINISTERIO DOS TRANSPORTES, 2011).

Com o avanço da tecnologia, diversos meios estão sendo utilizados para contornar as incapacitações ocasionadas após as amputações, dentre estes meios, a produção de materiais protéticos bem como ortéticos, vem sendo desenvolvido, uma vez que uma prótese auxilia na substituição parcial ou total de um segmento amputado, e seguindo o mesmo princípio, uma órtese auxilia na estabilização de uma estrutura lesionada, bem como na evolução de tarefas do dia a dia, como muletas andadores e cadeiras de roda, dentre outros.

Grandes empresas são responsáveis por confeccionar este tipo de material, e para tal produção, uma imensidão de matérias prima são utilizadas no processo de desenvolvimento e manutenção dos mesmos. Dentre elas o uso do gesso e resina são frequentes, uma vez que, o início de uma confecção, bem como o final da produção, depende destes materiais, que além de resíduos acumulados no processo inicial, os mesmos quando desgastados são em sua grande maioria mal aproveitados e descartados em lixo convencional.

Com o avanço da tecnologia assim como o aumento do número de pacientes que sobrevivem a uma amputação, houve um exponencial desenvolvimento de equipamentos protéticos para que amputados, sejam eles de membros superiores ou mesmo inferiores, pudessem desenvolver uma boa recuperação com consequente reabilitação. Tal avanço fez com que a criação de materiais específicos aumentasse a durabilidade dos esqueletos protéticos, porém sem que haja uma norma regulamentada para o controle de reciclagem e descarte de tais materiais.

Para a efetiva confecção de um sistema protético ou mesmo ortéticos, uma serie de quesitos devem ser levados em consideração, sendo que idade, peso e grau de mobilidade são itens bastante importante a serem considerados, uma vez que um paciente que recebe este sistema fará uso continuo do mesmo, gerando desgaste eminente dos materiais.

Uma prótese é constituída principalmente pelo sistema de encaixe, que estará diretamente ligada ao membro amputado do paciente, além de tubos, conectores, articulações.

Em sua terceira fase de treinamento, um molde é realizado no coto do paciente com a utilização de atadura gessada, afim de preservar toda a anatomia do paciente, o gesso é usado por sua maleabilidade e ainda seu baixo custo, uma vez que vários moldes serão realizados até que o sistema de encaixe fique perfeito, não machucando o paciente. Dando sequência o processo de laminação do encaixe é efetuado com a utilização de uma resina acrílica que é reforçada com alguns materiais, sendo ele o próprio catalizador ou ainda fibra de vidro ou mesmo fibra de carbono, afim de dar resistência e leveza ao sistema.

Toda empresa que realiza a confecção de sistemas de próteses, órteses ou materiais especiais deverá ser legalmente registrada na Anvisa conforme dispõe a Lei nº 6.360 de 23 de Setembro de 1976, que se dispõe a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos.

O decreto nº 5.940 de 25 de outubro de 2006, determina que a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta na fonte geradora e sua destinação às associações cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.

1.1.2 POLUIÇÃO AQUÁTICA

O elemento mais abundante em nosso planeta, é também o mais fundamental para a vida de todos os organismos vivos. As atividades aquáticas em sua maioria são fundamentais para o desenvolvimento humano (CETESB,2009).

O padrão de qualidade de vida de uma população está diretamente ligada à disponibilidade e qualidade da água, portanto a preservação deste recurso é vital para a manutenção da vida. (YAMAMOTO, 2014).

Nas últimas décadas, no entanto, os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo significantes alterações antropogênicas, dentre os destaques, o lançamento de efluentes domésticos e industriais (CORTEZ, 2011).

Uma das principais fontes de poluição dos ambientes aquáticos, o lançamento de efluentes industriais e domésticos estão em maior evidência, a falta de manejo adequado aliado a crescente quantidade de resíduos químicos produzidos aumentam a probabilidade de risco ambiental (ZAGATTO,2006).

A introdução de substâncias químicas no ambiente aquático aumenta a cada ano, além disso, novas substâncias são sintetizadas pelo homem, sendo que a maior parte destas substâncias alcança o ambiente marinho de forma direta ou mesmo indireta. (SOUSA,2002).

Na união Europeia são registradas cerca de 100.000 substâncias químicas diferentes, das quais, 30.000 são comercializadas em grande escala, sendo maior que 1 tonelada, estes números são preocupantes pois há poucas ou mesmo nenhuma informação quanto ao risco à saúde humana. (BEAUSSE,2004). Entre as maiores empresas responsáveis pela produção de equipamentos protéticos e ortéticos no Brasil, utilizam cerca de 5 toneladas por ano, mais de 40% destes materiais estão diretamente ligados ao material abordado no presente estudo. (CMW, 2016).

A sociedade americana de química descreve que cerca de 10 milhões de produtos químicos estão cadastrados, 70 mil são de uso cotidiano, e são acrescidos a esta lista mais de dois mil novos itens a cada ano (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

Não se sabe ao certo a quantidade de substâncias químicas já evidenciadas e estudadas do ponto de vista toxicológico aquático, uma vez que nem todas as substâncias são de fácil disponibilidade para avaliarmos suas características físico-químicas.

De acordo com Chapman (2007), poluição é a contaminação que resulta em efeitos adversos biológicos para as comunidades residentes. Isso nos faz começar o entendimento a respeito de diferentes formas de descarte de diversos produtos, e portanto enxergar que em seu maior número, os produtos químicos chegam ao ambiente aquático de maneiras diferentes, resultando em processos de alteração do ecossistema.

A água está presente em todos os seres vivos. Cerca de 97,5% da água do planeta correspondem a água salgada, 2,5% doce, onde desta pequena parcela de água doce, 68,9% está disponível ao homem através de geleiras e

calotas polares, 28,9% são reservas subterrâneas e apenas 1% é aproveitável para a humanidade (REBOUÇAS, 2004).

Ecossistemas de água doce ocupam uma porção pequena da parcela de água de nosso planeta, quando comparados aos sistemas marinhos, porém sua importância para o homem é bem maior que sua área, por constituírem uma fonte mais conveniente e barata de água para as necessidades domésticas e industriais (ODUM, 1988). Além disso são ambientes onde o descarte de substâncias é mais comum no nosso planeta, desde muito tempo, antes da revolução industrial, como um exemplo, a poluição dos canis romanos há milhares de anos.

Desta forma é de grande importância que nossos recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para a sobrevivência das comunidades aquáticas, não contendo substâncias que por sua vez agirão de forma deletéria aos ecossistemas aquáticos.

1.1.3 ECOTOXICOLOGIA

Os estudos destinados a avaliação dos ecossistemas aquáticos, com ênfase nas respostas biológicas dos organismos, levaram ao desenvolvimento de uma ciência denominada Ecotoxicologia, que estuda os efeitos dos contaminantes sobre os seres vivos e ecossistemas (NEWMAN, 2002). Hoje em dia vive-se uma crescente preocupação com os estudos de componentes contaminantes, como os químicos emergentes ou mesmo micropoluentes em ambientes aquáticos e seus possíveis impactos ambientais, pois pouco é conhecido sobre o efeito dessas substâncias no meio ambiente. (CORTEZ, 2011).

Em 1969, o termo “Ecotoxicologia” foi sugerido pela primeira vez pelo toxicologista francês, Dr. René Truhaut, durante a reunião do Committee of the International Council of Science, em Estocolmo (JOLLEY; O’BRIEN & MORRISON, 2003).

Esta ciência estuda os efeitos das substâncias naturais ou mesmo sintéticas sobre organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a

interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado (CAIRNS & NIEDERLEHNER, 1995).

Segundo a Abessa (2002) os estudos ecotoxicológicos podem ser empregados com diversas finalidades, como: o conhecimento da qualidade de água, sedimentos, solo e ar; a regulação e os limites permissíveis para o lançamento de efluentes e substâncias químicas; as estimativas do efeito de descarga de contaminantes sobre as populações naturais; a significação biológicas para dados de contaminação; a definição de áreas críticas e ainda as análises de risco ecológico.

Poluentes emergentes podem ter por definição, uma substância química de qualquer espécie, que não possuía atenção dos cientistas como poluentes, por tanto não havia nenhum tipo de monitoramento, porém tais substâncias em baixa concentração, ainda podem causar efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente (BILA & DEZOTTI, 2006).

Quando levado em consideração que qualquer substância relacionada a produção de quaisquer equipamentos ou formas de tecnologia, podem afetar de diversas maneiras a nossa existência, muitas vezes não diretamente, porém através da contaminação do meio ambiente em que vivemos, o maior objetivo deste estudo é analisar se produtos utilizados na confecção de próteses para pacientes amputados, como a Resina de laminação Acrílica, o Catalisador e o Sulfato de Cálcio, apresentam um efeito adverso no ecossistema aquático, através do descarte inadequado, que passa por aterros sanitários e sua decomposição pode chegar aos ambientes aquáticos.

1.1.4 LEGISLAÇÃO

Em 2006, foi aprovada uma nova legislação, pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho da Comunidade Europeia, um sistema integrado sobre o registro, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas: REACH. No âmbito desta política estando em vigor desde então, as substâncias químicas são classificadas de acordo com os resultados pontuais de toxicidade (valores de CE_{50} , Cl_{50}) pela diretiva 93/67/CEE (CEC, 1996). A tabela 2 demonstra a classificação de substâncias baseada na diretiva 93/67/CEE da União Europeia.

Tabela 2. Classificação baseada na diretiva 93/67/CEE da União Europeia.

Não Tóxico	Nocivo	Tóxico	Muito tóxico	Extremamente tóxico
CE ₅₀ > 100mg.L ⁻¹	CE ₅₀ entre 10 e 100mg.L ⁻¹	CE ₅₀ entre 1 e 10mg.L ⁻¹	CE ₅₀ entre 0,1 e 1mg.L ⁻¹	CE ₅₀ < 0,1mg.L ⁻¹

Fonte: CEC, 1996

No Brasil, em vigência a partir de maio de 2011, a resolução nº430 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) dispõe parâmetros, condições, padrões e diretrizes para o lançamento de efluentes em corpos de águas receptores, estando diretamente ligado a Resolução nº 357/05, que estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2005 e 2011).

A Resolução nº 430/11, no artigo 2º estabelece a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não estando sujeito aos parâmetros de lançamentos dispostos nesta resolução, não podendo causar contaminação das águas sendo superficiais ou mesmo subterrâneas. O 3º artigo afirma qualquer poluente somente deverá ser lançado nos corpos d'água após o tratamento correto desde que obedeçam aos padrões estabelecidos em outras normas aplicáveis. O artigo 18º determina que os efluentes não devam causar ou possuir potencial para gerar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor.

Quanto à regulamentação dos resíduos sólidos industriais, a Resolução Conama no 313/2002 dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, que estabelece que os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental. Nesta resolução também é definido como resíduo sólido industrial tudo o que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Nesta definição ficam incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de

água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (BRASIL, 2002, IPEA, 2012).

A Resolução Conama no 313/2002 ainda reúne o conjunto de informações sobre geração, características, armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final de RSIs. Encontra-se também nesta resolução a classificação dos resíduos sólidos – resíduos sólidos de Classe I, que é representado por serem perigoso, onde de acordo com suas propriedades físico-químicas e infectocontagiosas podem oferecer risco a saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos de Classe II podem ser considerados não inertes (Classe II A) e inertes (Classe IIB) (IPEA, 2012).

No Relatório de Pesquisa elaborado pelo IPEA (2012) que trata do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais constam dados fornecidos pelos inventários 2004-2009 referentes à distribuição da destinação final dos RSIs do estado do Paraná – segundo estado produtor de RSIs. De acordo com os dados, a principal destinação dos resíduos sólidos não perigosos foi para outras formas de reciclagem/reutilização/recuperação (33%), seguida por sucateiros intermediários (15%) e aterro municipal (11%) (figura 2).

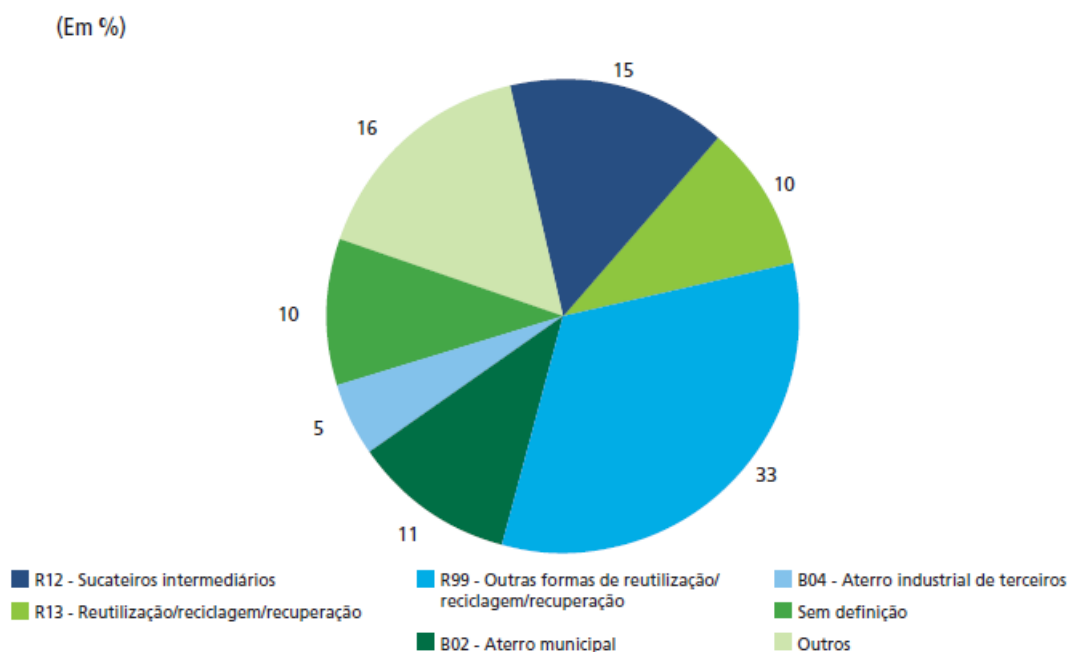


Figura 2. Principais destinações para os resíduos não perigosos – Paraná

Fonte: IPEA, 2012

Neste contexto, deve ser levado em conta a possibilidade de contato de resíduos sólidos descartados em aterros sanitários com águas superficiais e lençol freático, atingindo a biota aquática podendo gerar efeitos biológicos adversos.

Levando em consideração os fatos citados aliados ao uso e descarte de próteses, não existem estudos eficientes a respeito do lançamento de resíduos relacionados ao presente estudo, fazendo-se necessário desenvolver pesquisas mais abrangentes a respeito do assunto, possibilitando uma melhor normatização a fim de evitar potenciais acúmulo de poluentes bem como biodisponibilização dos mesmos, o que poderá acometer a níveis tróficos uma cadeia de ecossistemas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do presente estudo é avaliar a ecotoxicidade de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (Sulfato de Cálcio, Resina Acrílica e Catalisador), através de ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo e crônico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos adversos da resina acrílica, do sulfato de cálcio e do catalisador a partir de ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo sobre o microcrustáceo *Daphnia similis*.

Avaliar os efeitos adversos da resina acrílica, do sulfato de cálcio e do catalisador a partir de ensaios de toxicidade crônica para avaliação do desenvolvimento embriolarval de ouriços-do-mar *Echinometra lucunter*.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1 ORGANISMOS – TESTE

Alguns animais marinhos têm sido utilizados como organismos-teste em ensaios de toxicidade aguda e crônica e no presente estudo utilizou-se o ouriço-do-mar *Echinometra lucunter*, organismo-teste citado na norma ABNT NBR 15350 (2012), que dispõe sobre testes de toxicidade de curta duração. Os ouriços do mar são considerados bons bioindicadores ambientais, apresentando alta sensibilidade às mudanças ambientais, e esses invertebrados marinhos também são animais com um estilo de vida sedentário, o que permite investigar a contaminação ambiental de um determinado lugar ao longo do tempo, especialmente para o monitoramento das zonas costeiras (VENTURA et al., 2007).

O ensaio de ecotoxicidade aguda utilizado, conforme NBR 12713/2009, com o microcrustáceo bioindicador *Daphnia similis*, a chamada pulga d'água, ocorrem com uma duração de 48hs em um sistema estático, onde não ocorrem alimentação nem troca da amostra a ser testada. Por serem de fácil realização, estes foram os precursores dos ensaios ecotoxicológicos atuais (POMPÊO, 2015). Ensaios agudos normalmente avaliam efeitos de curta duração em organismos considerados bioindicadores, sendo mais sensíveis a exposição de diversos componentes, desta maneira obtém-se uma resposta imediata frente ao componente a qual o organismo fora exposto.

Estes organismos foram escolhidos como organismos-teste no presente estudo, pois tratam-se de organismos sensíveis às mudanças do ambiente, e por terem um único habitat por longo tempo, o que permite avaliar as mudanças no mesmo exemplar.

3.2 COLETA E MANUTENÇÃO DOS ORGANISMOS MARINHOS

Inicialmente uma equipe treinada do laboratório de ecotoxicologia da Universidade Santa Cecília realizou a captura dos organismos em seu ambiente natural, o ouriço-do-mar *Echinometra lucunter*, por meio de mergulho livre

efetuada na Ilha das Palmas localizada no município de Guarujá (São Paulo, Brasil).

Em seguida os organismos foram armazenados em caixas térmicas e transportados ao laboratório, onde permaneceram armazenados em um tanque com água do mar coletada no próprio entorno da Ilha das Palmas, afim de manter as condições ideais para que os organismos permanecessem vivos e estáveis mesmo após a realização da análise.

A manutenção e avaliação das condições dos organismos foram efetuadas diariamente, levando em consideração o pH e o oxigênio dissolvido (OD), bem como temperatura e salinidade, dentre outros aspectos, como preconiza a norma ABNT NBR 15350/2012.

3.3 MANUTENÇÃO DE *D. SIMILIS*

A manutenção de *D. similis* consistiu na filtragem ou troca de água e alimentação dos organismos com as algas verdes unicelulares *Pseudokirchneriella subcapitata*, complementando com ração a base de peixes, propiciando as condições adequadas para a reprodução da *D. similis* e a água utilizada para o cultivo foi empregada de forma natural (ABNT, 2016).

3.4 SUBSTÂNCIAS ANALISADAS NOS ENSAIOS DE TOXICIDADE

Todas as substâncias testadas foram gentilmente cedidas pela empresa Ottobock do Brasil.

3.4.1 SULFATO DE CÁLCIO

O sulfato de cálcio é uma substância que está presente no gesso utilizado em diversas indústrias na composição de estruturas, dentre outras ações, nos sistemas protéticos e ortéticos, ela compõe o princípio para a laminação e desenvolvimento de equipamentos, por ter fácil manuseio e baixo custo. Durante a medição de um membro, seja inferior ou mesmo superior de um paciente, o gesso é envolvido para obter-se um molde exato da estrutura corporal para que seja produzido um encaixe adequado e simétrico.

Segundo a ficha técnica do fabricante do componente utilizado no presente estudo (Ottobock, 2018), ele possui características físicas e químicas conforme demonstrado na Figura 3 e Tabela 3.

Tabela 3. Características físicas e químicas do Sulfato de cálcio utilizado no presente estudo

Características	
Fabricante	Ottobock (Material number 087/699Gx)
Caracterização Química	Contém sulfato de cálcio >85%
CAS number	7778-18-9
Fórmula Molecular	CaO ₄ S
Peso Molecular	136,141
Forma	Pó, sólido
Cor	Branco
Odor	Inodoro
pH	7,0-8,0 em 100g/L
Solubilidade em água	2-8 g/L
Decomposição Térmica	≈140°C
log Kow	-0,17

Fonte: Ottobock, 2018; Chemspider, 2018; USEPA, 2012

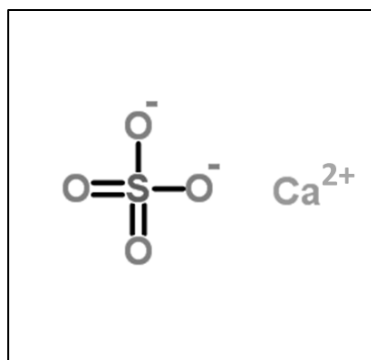


Figura 3. Estrutura química do sulfato de cálcio

Fonte: Chemspider, 2018

3.4.2 RESINA DE LAMINAÇÃO ACRILICA

A resina de laminação, é de vital importância, pois finaliza o processo de fabricação de componentes de próteses e órteses para pacientes com amputação ou mesmo com alguma lesão incapacitante. Desta forma ela possibilita um reforço mais adequado para que se possa descarregar o peso corporal sobre o sistema protético sem que o material se rompa.

Segundo a ficha técnica do fabricante acerca da composição da resina de laminação utilizada no presente estudo (Ottobock, 2018), este é composto por três componentes químicos e as características físicas e químicas estão demonstradas na Figura 4 e na Tabela 4.

Tabela 4. Características físicas e químicas da resina de laminação.

Características	
Fabricante	Ottobock (Material number 617H21)
Caracterização química	Methyl methacrylate 60 - 100 % N,N-bis-(2-hydroxypropyl)-p-toluidine 0,1 - 1 % Ethylene-di(S-thioacetate) 0,1 - 1 %
CAS numbers*	80-62-6/ 38668-48-3/ 123-81-9
Fórmulas Moleculares*	C ₅ H ₈ O ₂ / C ₁₃ H ₂₁ NO ₂ / C ₆ H ₁₀ O ₄ S ₂
Pesos Moleculares (Da)*	100,116/ 223,311/ 210,271
Forma	líquida
Cor	incolor
Odor	semelhante ao éster
pH	dado não disponível
Solubilidade em água	16g/L (à 20°C)
Decomposição Térmica	dado não disponível
log Kow*	1,38/ 2,01/ 0,29

*os dados são apresentados na ordem que foram apresentados os componentes químicos

Fonte: Ottobock, 2018; Chemspider, 2018; USEPA, 2012

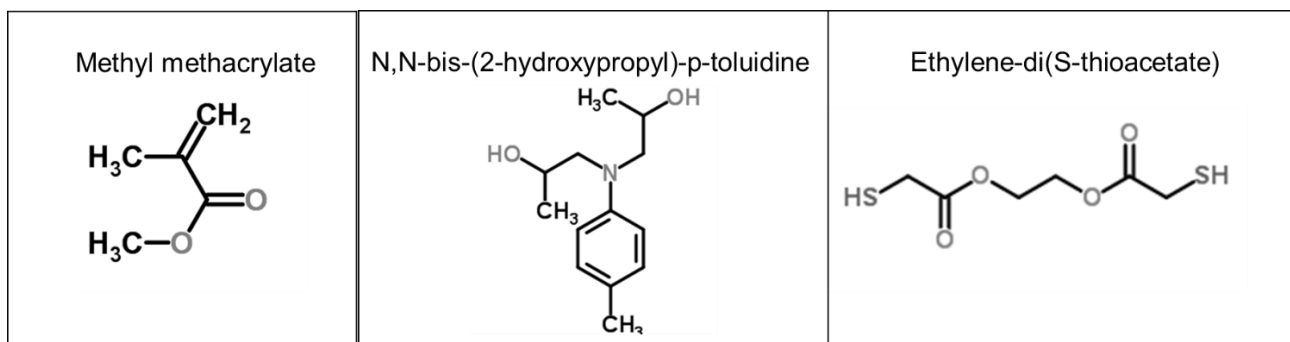


Figura 4. Estruturas químicas dos três componentes presentes na resina de laminação. Fonte: Chemspider, 2018.

Segundo os fabricantes, através da ficha técnica, o produto possui risco eminente a saúde humana, através de irritabilidade dos olhos, pele e vias aéreas respiratórias. A toxicidade oral é de 5000 mg/Kg podendo causar irritação e inflamação local (IQUINE, 2017).

3.4.3 CATALISADOR

Um catalisador é usado na fase de mistura para compor um polímero, onde esta fase corresponde a uma ação física de dissolução do polímero em solvente. As fases de polimerização correspondem a reação química de formação de cadeias poliméricas a partir da união dos monômeros.

O produto utilizado no presente estudo trata-se de um agente de cura para resinas reativas para procedimentos ortopédicos. Segundo a ficha técnica do fabricante acerca da composição do catalisador utilizado no presente estudo (Ottobock, 2018), este é composto por quatro componentes químicos e as características físicas e químicas estão demonstradas na Figura 5 e na Tabela 5.

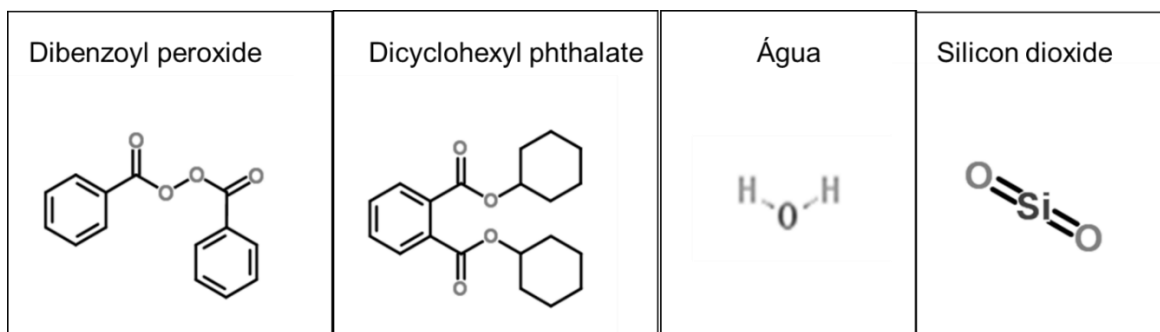


Figura 5. Estruturas químicas dos quatro componentes presentes no catalisador utilizado no presente estudo. Fonte: Chemspider, 2018.

Tabela 5. Características físicas e químicas do catalisador.

Características	
Fabricante	Ottobock (Material number 617P37)
Caracterização Química	Dibenzoyl peroxide 40 - 55 % Dicyclohexyl phthalate 40 - 55 % água 2% Silicon dioxide 1,5%
CAS numbers*	94-36-0/ 84-61-7/ 7732-18-5/ 7631-86-9
Fórmulas Moleculares*	C ₁₄ H ₁₀ O ₄ / C ₂₀ H ₂₆ O ₄ / H ₂ O/ O ₂ Si
Pesos Moleculares (Da)*	242,227/ 330,418/ 18,015/ 60,084
Forma	pó
Cor	branco
Odor	fraco
pH	dado não disponível
Solubilidade em água	insolúvel à 20°C
Decomposição Térmica	55 °C
log Kow*	3,46/ 6,20/ -1,38/ 0,53

*os dados são apresentados na ordem que foram apresentados os componentes químicos

Fonte: Ottobock, 2018; Chemspider, 2018; USEPA, 2012

Segundo a ficha técnica, quanto a toxicidade aguda (humanos), o produto pode causar irritações e inflamações de vias aéreas, pele e olhos.

3.5 ENSAIOS DE TOXICIDADE COM *E. LUCUNTER*

3.5.1 PREPARO DA ÁGUA DE DILUIÇÃO PARA OS ENSAIOS COM *E. LUCUNTER*

A água utilizada para a diluição do teste foi reconstituída a fim de atingir condições ideais a partir do uso do sal marinho comercial da marca CORAL PRO SALT (RED SEA®), e fora homogeneizada e ajustada a salinidade, pH (Potencial Hidrogeniônico) e OD, após este processo, foi respeitado um descanso de 24 horas antes que fosse realizado a análise. Conforme norma da ABNTNBR 15350/2012.

3.5.2 PREPARO DOS TESTES

Uma decisão foi estabelecida a fim de obter uma concentração adequada para o início do ensaio, sendo assim uma análise preliminar foi realizada, possibilitando a determinação de uma delimitação no intervalo das concentrações. Isso determina uma amplitude de concentração adequada, afim de estabelecer limites antes de realizar o ensaio definitivo. Estas etapas de análise preliminar seguido de definitiva são vitais para um ensaio ecotoxicológico (CESAR, SILVA E SANTOS, 1997).

Para os ensaios preliminares, fora realizado a pesagem das substancias em uma balança de precisão partindo do proposto pela diretriz Europeia que preconiza que uma substancia não deve apresentar efeitos tóxicos em uma concentração até 100mg/L conforme anteriormente demonstrado na tabela 2.

Para esses ensaios agudos e crônicos com as substancias sulfato de cálcio, resina acrílica e catalisador, foram usadas concentrações estabelecidas de 6,25; 12,5;25;50; e 100 mg/L.

3.5.3 ENSAIO DE TOXICIDADE PARA AVALIAÇÃO DE EFEITO CRÔNICO (DESENVOLVIMENTO EMBRIOLARVAL) COM *E. LUCUNTER*

O método usado no presente estudo seguiu o protocolo da USEPA (2002), que foi adaptado pela NBR 15350 para a espécie de ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* no que se refere a temperatura (ABNT, 2012). Além disso, foi estabelecido uma proporção de fertilização adequada que respeitou o mínimo de 80% de gametas no controle do ensaio. Para a liberação dos gametas a metodologia usada foi a norma técnica da ABNT/NBR 15350 (2012).

Inicialmente para obtenção dos gametas, foi aplicada uma injeção de cloreto de potássio 0,5 M na região aboral do ouriço-do-mar. Após esta indução, as fêmeas foram identificadas através da coloração de seus gametas que possuíam cor alaranjada, que precipitava em um béquer onde seus ovócitos permaneciam até o momento da análise. Após a precipitação dos ovócitos a solução foi filtrada através de uma malha de 350µm para retirar as impurezas apresentadas, como sujeiras e espinhos remanescentes. A norma técnica recomenda cerca de 3 filtragens para obtenção de ovócitos de maneira mais limpa possível.

Os gametas masculinos foram identificados pela coloração de característica esbranquiçada, desta maneira foi necessário coletar cerca de 0,5ml de espermatozoides em uma pipeta tipo Pasteur de ponta fina, para isso foram usados uma média de dois machos ($n=2$) por ensaio. Após a coleta os gametas foram mantidos em um béquer de 30ml e envoltos em gelo até o momento do ensaio, onde para obter uma concentração de 30ml, foram adicionados aos espermatozoides 24,5 ml de água de diluição, a fim de liberar os gametas.

Dando sequência ao ensaio, iniciando a fecundação, a solução de 0,5ml de espermatozoide avolumada com água de diluição mantendo o agito afim de evitar formação de películas e grumos, isso permite maior liberação dos gametas, que em seguida foi retirada cerca de 2,0 ml da solução e adicionada aos ovócitos já filtrados por 10 minutos para ocorrer a fertilização.

Com a agitação do ensaio sendo mantida, foi retirada um serie de alíquotas deste conteúdo fertilizado cada uma com cerca de 10 microlitros, a alíquota foi observada na câmara de Sedgwick-Rafter afim de observar a fertilização, que por sua vez, 80% da alíquota deve estar fertilizada segundo os critérios de aceitação do teste. 300 ovos foram necessários em média na soma das alíquotas para serem adicionados nas soluções a serem testadas.

Foram realizados ensaios em trélicas para cada um dos três materiais testados, sendo os mesmos o sulfato de cálcio, a resina acrílica e seu catalizador. Cada uma das análises contou com quatro réplicas em cada concentração pré-determinada sendo elas 6,25; 12,5; 25; 50 e 100mg/L, além uma série de quatro réplicas com o controle, que obtinha apenas água preparada para diluição.

Para ambos os materiais foram necessário apenas a água de diluição, porem devido à dificuldade de diluir a resina acrílica, foi necessário realizar um pistonamento utilizando uma seringa convencional de 50 mL além de uma agulha.

Após o preparo das concentrações, cada grade foi levada a uma incubadora por cerca de 20 minutos a fim de ambientar o material, que em seguida, foram adicionados 300 ovos, as grades com as amostras foram levadas

novamente a uma câmara incubadora com temperatura e luminosidades controlados a cerca de 25°C e mantidos por 36 a 42 horas.

Após o tempo estipulado, foi retirada uma alíquota do grupo controle, para avaliar a formação de pelo menos 80% das larvas, no estágio larval de *Pluteus* (critério mínimo de aceitação do teste). Confirmado a formação de *Pluteus*, o ensaio foi finalizado, inserindo 0,5mL de formol tamponado com bórax em cada tubo em cada tubo para fixar as amostras, interrompendo seu desenvolvimento. Dando sequência, a leitura de todos os testes foi realizada utilizando uma câmara de sedwick-Rafer, em um microscópio eletrônico, anotando em uma tabela, os primeiros 100 organismos de acordo com sua formação.

3.6 ENSAIOS DE TOXICIDADE COM *D. SIMILIS*

3.6.1 ÁGUA PARA ENSAIOS DE TOXICIDADE COM *D. SIMILIS*

A água utilizada para a preparação das amostras é de fonte natural, coletada no Rio Jurubatuba em Cubatão-SP, para manter as condições adequadas, quando necessário, deve-se ajustar a dureza entre 40 a 48 mg CaCO₃/L e o pH entre 7,0 e 7,6, dentre outros parâmetros exigidos pela NBR 12713 (ABNT, 2016).

3.6.2 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA EM *D. SIMILIS* (MORTALIDADE OU IMOBILIDADE DAS NEONATAS)

D. similis foi o organismo conhecido como pulga d'água que foi escolhido por sua sensibilidade para iniciar as análises ecotoxicológicas aquáticas. Este organismo é viável para obtenção de resultados pois permite uma rápida avaliação de toxicidade, com baixo custo e um tempo total de ensaio de 48 horas em um sistema estático (POMPÊO, 2015).

Os ensaios de toxicidade aguda com uso de *D. similis*, foram realizados como preconizado pela norma NBR 12713 (ABNT, 2009). Para realização dos ensaios, foi utilizada (água de cultivo), com exposição aos componentes sugeridos no trabalho (Sulfato de Cálcio, Resina Acrílica e Catalisador). 3 ensaios foram realizados com cada componente, cada um dos ensaios obteve

exposição a 5 diluições, sendo 6,25; 12,5; 25;50 e 100 (mg/L), cada uma das diluições possuiu 4 réplicas além de controle apenas com a água do próprio cultivo.

Foram utilizados tubos de ensaio com capacidade de 15ml, e cada tubo de ensaio continha cinco *D. similis*, totalizando 120 exemplares por ensaio. As *Daphnias* foram capturadas através de Pipeta de Pasteur, a olho nu com uso de uma lâmpada fluorescente para facilitar a visualização. As amostras foram ambientadas por cerca de 20 minutos em uma câmara de germinação com temperatura constante de cerca de 21,5°C, onde após o termino da exposição, elas foram mantidas por 48 horas.

Para a leitura do ensaio, após o tempo de exposição adequado, com o uso da mesma lâmpada fluorescente, foi realizado a contagem a olho nu levando em consideração o total de mortalidade ou mesmo imobilidade em cada tubo de ensaio em sequência contabilizado em uma planilha.

3.7 PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS, EFEITOS OBSERVADOS, VALIDAÇÃO DOS ENSAIOS E OUTRAS CONDIÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

A tabela 6 demonstra o resumo dos métodos utilizados no presente estudo, apresentando os valores dos parâmetros físico-químicos, os efeitos observados para cada modelo de avaliação dos efeitos de toxicidade, a validação dos ensaios e outras condições adotadas no presente estudo. As cartas-controles para os ensaios *D. similis* e *E. lucunter* estão demonstradas nos anexos 1 e 2, respectivamente.

Tabela 6. Resumo dos métodos utilizados nas avaliações ecotoxicológicas.

Condições	<i>D. similis</i>	<i>E. lucunter</i>
pH da água	7,0 a 7,6	7,8 a 8,4
Temperatura	18 a 22°C	24 a 28°C
Salinidade	0	30 e 37
Fotoperíodo	12h às 16h de luz	12h às 16h de luz
Idade dos organismos	Neonatos com 6h a 24h	Embriões com 2h a partir da fecundação
Tempo do ensaio	48h	36h às 42h
Número de soluções- teste	5	5
Volume das soluções- teste	10mL	10mL
Efeito observado	Imobilidade e mortalidade	Desenvolvimento embriolarval
Número de réplicas	4	4
Água de diluição	Natural	Reconstituída
Sistema de ensaio	Estático	Estático
Recipiente-teste	Tubo de ensaio de 20mL	Tubo de ensaio de 20mL
Alimentação	Nenhuma	Nenhuma
Validade do ensaio	Mínimo de 20% de morte ou imobilidade no controle	Mínimo de 80% de larvas <i>pluteus</i> normais no controle

3.8 ANALISE ESTATÍSTICA

Com o uso do software ICPIN (USEPA, 1988) foram obtidos os valores estimados de CI50 (Concentração de Inibição média) e também de IC (Intervalo de Confiança) superior e inferior para os ensaios crônicos. A partir desses valores, foram calculados a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. A partir do uso do software TOXTAT 3.5 (WEST & GULLEY, 1996) obteve-se os

valores de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e de CEO (Concentração de Efeito Observado). Foram calculados também a média, o erro padrão e o coeficiente de variação.

Nos ensaios de toxicidade aguda e crônica as diferenças estatísticas da para a observação do efeito tóxico foram detectadas com o uso do teste análise de variância (ANOVA) com teste comparativo de Dunnett, estabelecendo-se como controles os organismos incubados apenas com a água de diluição (sem as substâncias-teste). As diferenças estatísticas foram consideradas significativas quando $p < 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1 ENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA

4.1.1 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM SULFATO DE CÁLCIO

Para os ensaios, o Sulfato de Cálcio em pó foi submetido a um processo de diluição em água preparada a partir de 100mg/L. Os resultados dos ensaios de toxicidade crônica (taxa de desenvolvimento embrionário) com Sulfato de Cálcio (valores médios) dos 3 ensaios estão representados respectivamente na figura 6. Efeitos tóxicos foram observados a partir da concentração de 50 mg/L, tendo como valor de Cl_{50} médio de 73,76 mg/L (tabela 6).

Na tabela 7 estão representados os valores de Cl_{50} , CENO (concentração de efeito não observado), CEO (concentração de efeito observado), IC (intervalo de confiança), DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação).

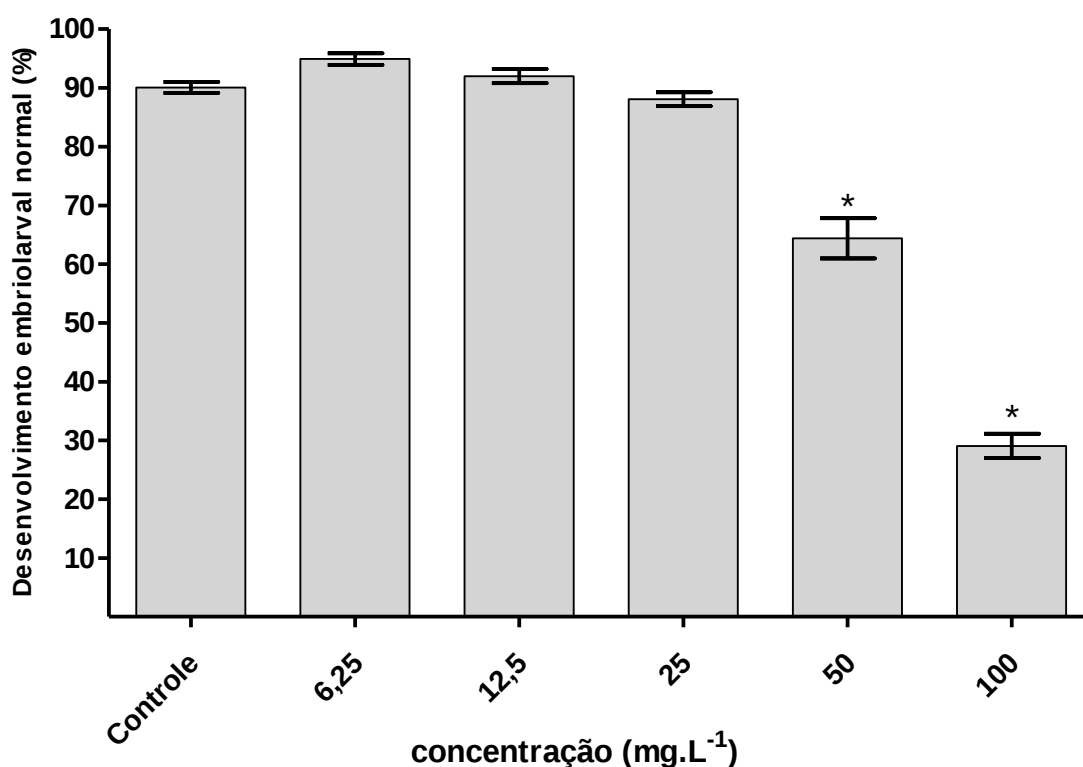


Figura 6. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embrionário) de *E. lucunter* frente à exposição de diferentes concentrações de Sulfato de Cálcio. Os valores expressos representam média $\pm$ erro padrão para cada concentração testada (n=3, com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

Tabela 7. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embrionário (toxicidade crônica) de *E. lucunter* frente à exposição ao sulfato de cálcio (CENO, CEO, Cl_{50} e intervalo de confiança).

Ensaio	CEO (mg.L ⁻¹)	CENO (mg.L ⁻¹)	Cl_{50} (mg.L ⁻¹)	IC superior (mg.L ⁻¹)	IC inferior (mg.L ⁻¹)
1	50	25	88.7500	89.8810	86.9612
2	25	12.5	59.2961	62.5000	56.6817
3	50	25	73.2609	78.1250	68.7037
MEDIA	41.66	20.83	73.7690	-----	-----
DP	-----	-----	14.7335	-----	-----
CV (%)	-----	-----	19.9751	-----	-----

CEO = Concentração de Efeito Observado CENO= Concentração de Efeito Não Observado
 Cl_{50} = Concentração Inibitória 50% IC=intervalo de confiança CV= Coeficiente de Variação.

4.1.2 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM RESINA DE LAMINAÇÃO ACRÍLICA

Os resultados dos ensaios de toxicidade crônica (taxa de desenvolvimento embrionário) com Resina de Laminação Acrílica (valores médios) dos 3 ensaios estão representados respectivamente na figura 7. Efeitos tóxicos foram observados em todas as concentrações testadas no estudo, apresentando Cl_{50} médio de 44,51 mg/L (tabela 7).

Na tabela 8 estão representados os valores de Cl_{50} , CENO (concentração de efeito não observado), CEO (concentração de efeito observado), IC (intervalo de confiança), DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação).

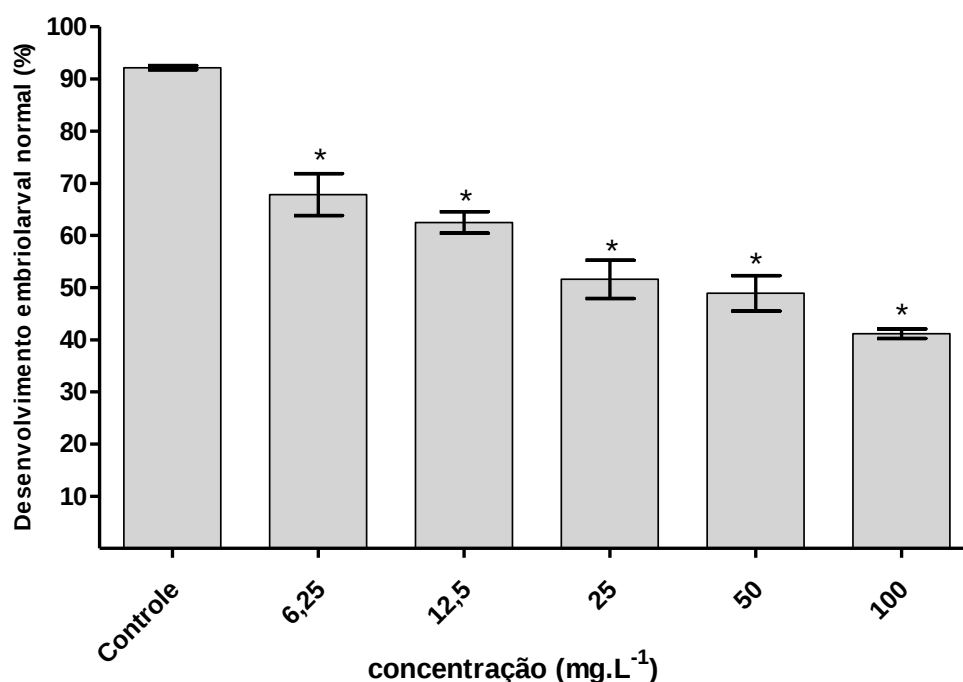


Figura 7. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embrionário) de *E. lucunter* frente a exposição de diferentes concentrações de Resina. Os valores expressos representam média $\pm$ erro padrão para cada concentração testada (n=3, com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

Tabela 8. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embrionário (toxicidade crônica) de *E. lucunter* frente à exposição à resina (CENO, CEO, CI₅₀ e intervalo de confiança).

Ensaio	CEO (mg.L ¹)	CENO (mg.L ¹)	CI ₅₀ (mg.L ¹)	IC superior (mg.L ¹)	IC inferior (mg.L ¹)
1	12.5	6.25	92.1233	94.2324	88.3333
2	6.25	<6.25	20.2206	21.1473	19.4268
3	6.25	<6.25	21.2009	22.4330	19.9190
MEDIA	8.33	<6.25	44.5149	45.9375	42.5597
DP	-----	-----	41.2329	-----	-----
CV (%)	-----	-----	92.6271	-----	-----

CEO = Concentração de Efeito Observado CENO= Concentração de Efeito Não Observado
 CI₅₀= Concentração Inibitória 50% IC=intervalo de confiança CV= Coeficiente de Variação.

4.1.3 ENSAIO DE TOXICIDADE CRÔNICA COM CATALISADOR

Os resultados dos ensaios de toxicidade crônica (taxa de desenvolvimento embriolarval) com Catalisador (valores médios) dos 3 ensaios estão representados respectivamente na figura 8. Efeitos tóxicos foram observados a partir da concentração de 25 mg/L, apresentando CI_{50} médio de 55,09 mg/L.

Na tabela 9 estão representados os valores de CI_{50} , CENO (concentração de efeito não observado), CEO (concentração de efeito observado), IC (intervalo de confiança), DP (desvio padrão) e CV (coeficiente de variação).

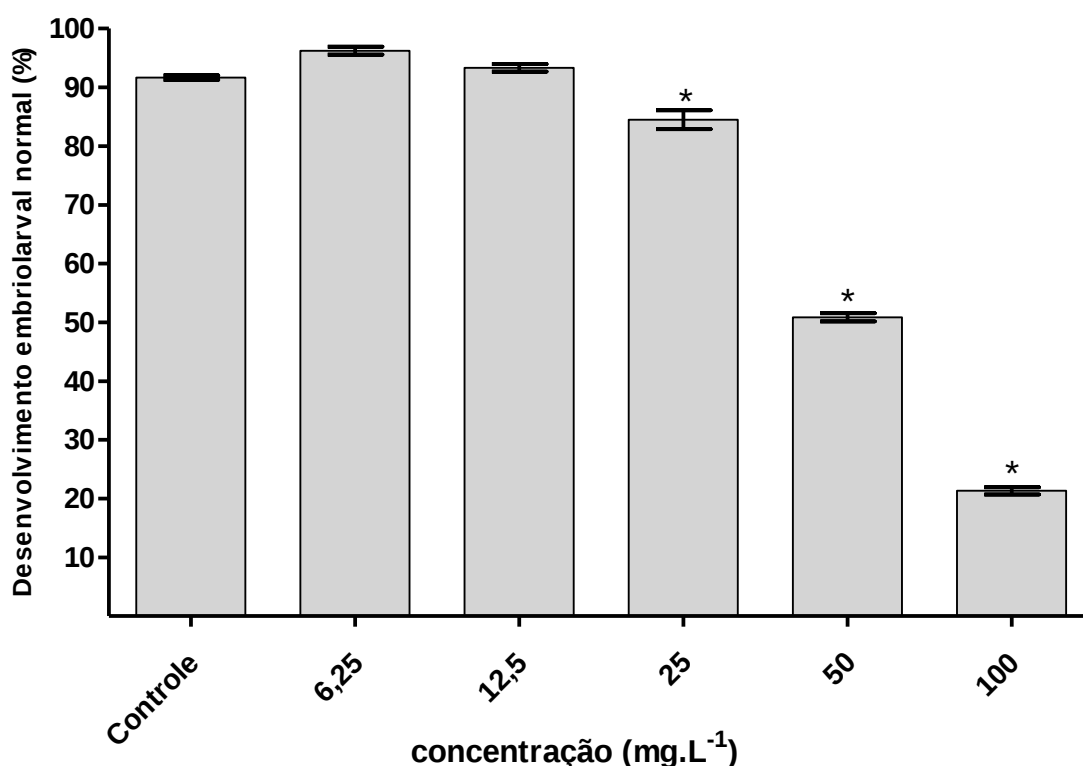


Figura 8. Valores médios de toxicidade crônica (desenvolvimento embriolarval) de *E. lucunter* frente à exposição de diferentes concentrações de catalisador. Os valores expressos representam média $\pm$ erro padrão para cada concentração testada (n=3, com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

Tabela 9. Resultados dos ensaios de desenvolvimento embriolarval (toxicidade crônica) de *E. lucunter* frente à exposição ao catalisador (CENO, CEO, Cl_{50} e intervalo de confiança).

Ensaio	CEO (mg.L ⁻¹)	CENO (mg.L ⁻¹)	Cl_{50} (mg.L ⁻¹)	IC superior (mg.L ⁻¹)	IC inferior (mg.L ⁻¹)
1	50	25	56.8182	60.9375	53.1884
2	25	12.5	53.3636	57.9545	54.9528
3	50	25	55.0909	59.4460	54.0706
MEDIA	41.66	20.83	55.0909	-----	-----
DP	-----	-----	1.7273	-----	-----
CV (%)	-----	-----	3.1353	-----	-----

CEO = Concentração de Efeito Observado CENO= Concentração de Efeito Não Observado Cl_{50} = Concentração Inibitória 50% IC=intervalo de confiança CV= Coeficiente de Variação.

4.2 ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA

4.2.1 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE SULFATO DE CÁLCIO

Os resultados dos ensaios de toxicidade aguda (taxa de mortalidade ou imobilidade) com Sulfato de Cálcio (valores médios) dos 3 ensaios estão representados na figura 9. Não foram observadas diferenças significativas entre os resultados obtidos para o controle e as concentrações testadas. Não foi possível calcular os valores de CE_{50} frente a exposição de sulfato de cálcio pois o mesmo não apresentou toxicidade nas concentrações testadas no presente estudo. Partindo da premissa que substâncias que apresentam CE_{50} acima de 100mg/L, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Europeia (CEC, 1996) são classificadas como não tóxicas, pode-se classificar o sulfato de cálcio como não tóxico.

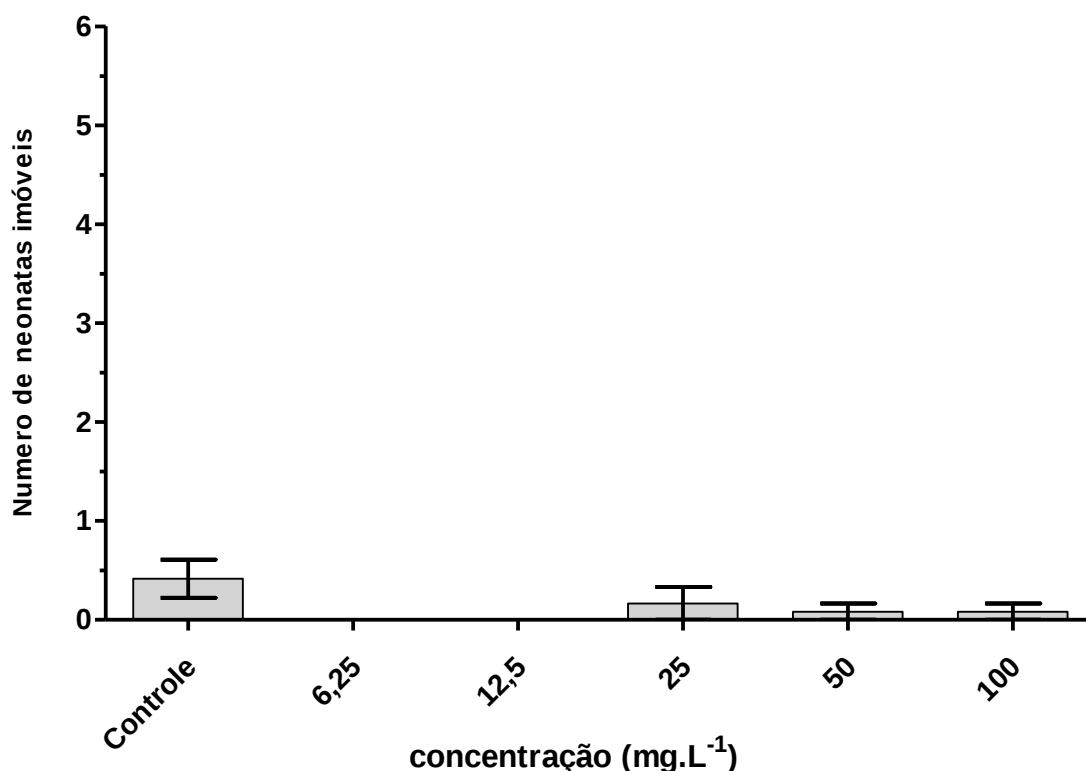


Figura 9. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de *D. similis* frente a exposição de diferentes concentrações de Sulfato de Cálcio. Os valores expressos representam média $\pm$ erro padrão para cada concentração testada (n=3 com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

4.2.2. ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE RESINA DE LAMINAÇÃO ACRILICA

Os resultados dos ensaios de toxicidade aguda (taxa de mortalidade ou imobilidade) com Resina de Laminação Acrílica (valores médios) dos 3 ensaios estão representados respectivamente na figura 10. Efeitos tóxicos foram observados a partir da concentração 12,5 mg/L.

Os valores de CE₅₀ obtidos nos ensaios com *D. similis* frente a exposição de Resina acrílica estão apresentados na tabela 10, com valor médio de 30,54 mg/L. De acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Europeia (CEC, 1996), a substancia foi classificada como nociva.

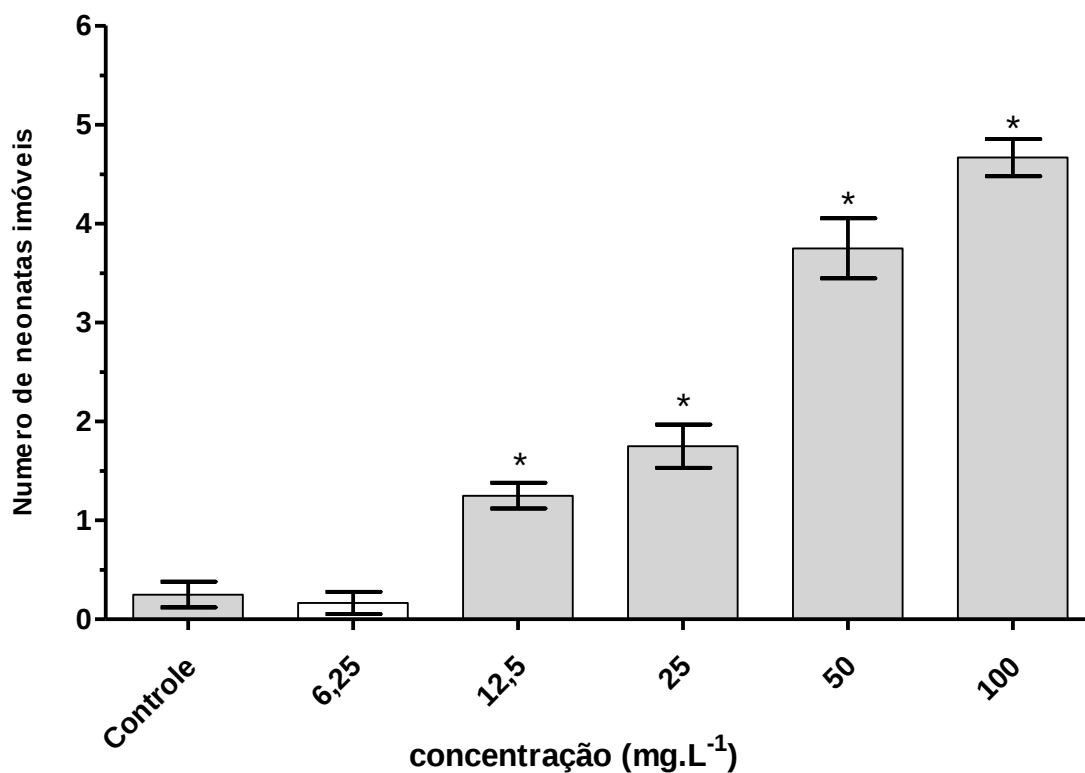


Figura 10. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de *D. similis* frente a exposição de diferentes concentrações de Resina. Os valores expressos representam média ± erro padrão para cada concentração testada (n=3 com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

Tabela 10. Resultados dos ensaios de toxicidade aguda frente à resina testada no presente estudo (CE₅₀ e intervalo de Confiança).

Ensaio	Cl ₅₀ (mg.L ¹)	IC superior (mg.L ¹)	IC inferior (mg.L ¹)
1	34.51	45.35	26.26
2	24.31	29.44	20.07
3	32.82	46.67	23.09
MEDIA	30.54	-----	-----

CE₅₀= Concentração de Efeito 50% IC=intervalo de Confiança

4.2.3 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA FRENTE A EXPOSIÇÃO DE CATALISADOR

Os resultados dos ensaios de toxicidade aguda (taxa de mortalidade ou imobilidade) com catalisador (valores médios) dos 3 ensaios estão representados respectivamente na figura 11. Foram observados efeitos tóxicos em todas as concentrações testadas. Não foi possível calcular os valores de CE₅₀ para este ensaio, pois efeitos tóxicos em todas as concentrações testadas. Considerando que substâncias que apresentam CE₅₀ abaixo de 10 mg/L, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Europeia (CEC, 1996) são classificadas como tóxicas, pode-se classificar o catalisador como tóxico, pois apresenta valores de CE₅₀ < 6,25mg/L.

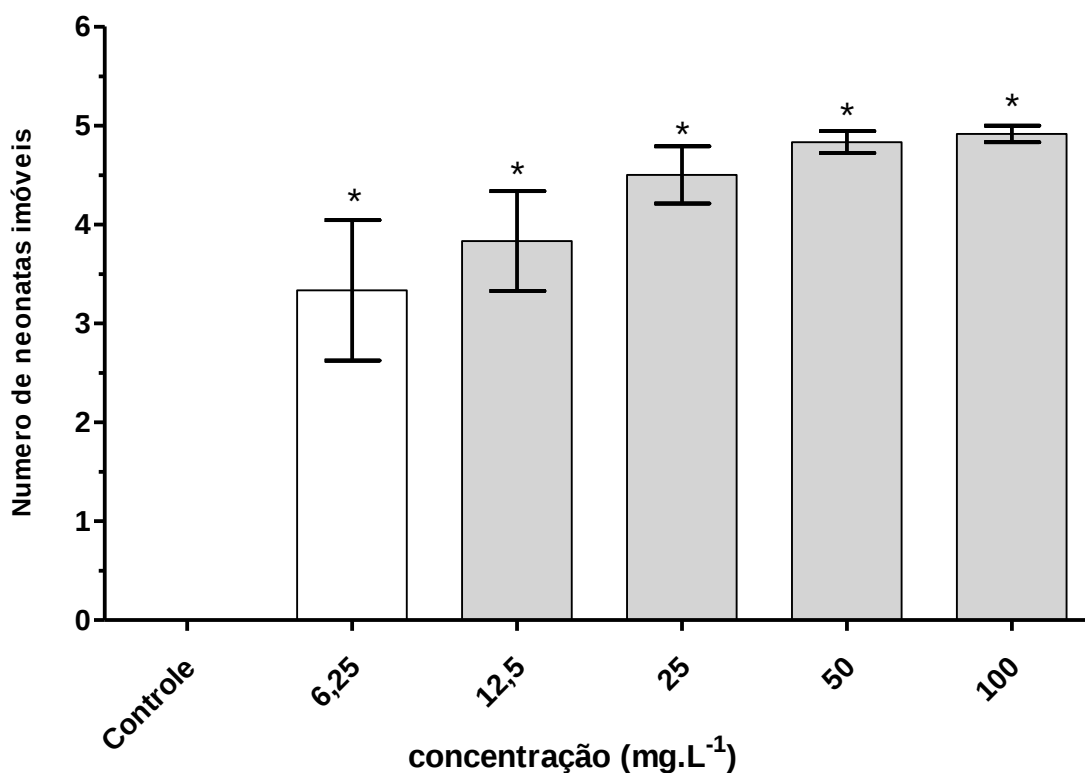


Figura 11. Valores médios de toxicidade aguda (Mortalidade ou Imobilidade) de *D. similis* frente a exposição de diferentes concentrações de Catalisador. Os valores expressos representam média $\pm$ erro padrão para cada concentração testada (n=3 com 4 réplicas por ensaio). ANOVA com teste posteriori de Dunnett (*p<0.05).

5. DISCUSSÃO

O controle efetivo da produção, utilização bem como o descarte de polímeros a base de químicos não é efetivamente mensurável, não se sabe ao certo a quantidade destes produtos que é lançado no meio ambiente, uma vez que as formas de reciclagem não sejam efetivamente viáveis devido ao alto desgaste do material.

Dos produtos avaliados, Sulfato de cálcio, resina de laminação acrílica e catalisador, não há relatos de efeitos ecotoxicológicos abrangentes, pois a maioria dos fabricantes apresenta uma ficha técnica descrevendo apenas os efeitos em seres humanos, efeitos dos quais são apresentados apenas por contato com mucosas além de vias aéreas o que pode provocar efeitos inflamatórios e irritativos.

Em sua maioria, os fabricantes apresentam um em suas fichas técnicas uma lacuna no que se diz respeito aos efeitos ecotoxicológicos, ou ainda relatam não obter informações a respeito.

Tendo em vista o risco eminente de tais efeitos, principalmente se levado em consideração a possibilidade de tais materiais serem considerados tóxicos emergentes, uma vez que em sua maioria, são descartados diretamente em lixo convencional, e por sua vez acessam os aterros sanitários e através de decomposição e desgaste podem acessar o sedimento pela água da chuva, ou ainda atingem o meio ambiente por incineração com eminente precipitação pela chuva alcançando qualquer ecossistema.

Empresas bem como usuários dos sistemas de próteses para amputação fazem uso das substâncias seja pela produção através da matéria prima ou ainda pelo uso contínuo do produto final, que acaba sendo sempre substituído a cada 18 meses em média. Sendo assim os componentes avaliados nos ensaios são descartados em aterros sanitários por duas vertentes, seja pela produção ou mesmo por quem se beneficiou do componente.

No presente estudo, para o componente sulfato de cálcio, foram observados efeitos crônicos (em ouriço-do mar) a partir de 50 mg/L. Considerando o valor de Cl_{50} obtido nestes ensaios de 73,76mg/L, o sulfato de cálcio pode ser considerado como nocivo, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996). A partir dos ensaios de toxicidade aguda com

D. similis, a substância foi classificada como não tóxica de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996), apresentando valor de $CE_{50} > 100$ mg/L.

A exposição dos organismos ao Catalisador resultou em efeitos crônicos a partir de 25 mg/L e agudos em 6,25mg/L. A partir dos ensaios de efeito crônico, o catalisador pode ser considerado nociva (CI_{50} 55,09 mg/L); já para os ensaios de toxicidade aguda a substância pode ser classificada como tóxica, pois apresenta CE_{50} abaixo de 6,25mg/L.

Nos ensaios com Resina, foram observados efeitos crônicos a partir de 6,25 mg/L e efeitos agudos a partir de 12,5 mg/L. A partir dos ensaios de efeito crônico, o catalisador pode ser considerado nociva (CI_{50} 44,51 mg/L). A partir dos ensaios com *D. similis*, a substância foi classificada como nociva apresentando valor de CE_{50} de 30,54 mg/L.

A tabela 11 resume os valores de CE_{50} (efeito agudo) e CI_{50} (efeito crônico) e a classificação das três matérias-primas em relação à diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996).

Tabela 11. Resumo dos valores obtidos de CE_{50} (para efeito agudo) e CI_{50} (para efeito crônico) e a classificação em relação à diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996).

Substância	CE_{50} (mg/L)	CI_{50} (mg/L)	Classificação*
Sulfato de cálcio	>100	73,76	não tóxico (efeito agudo) nocivo (efeito crônico)
Catalisador	<6,25	55,09	tóxico (efeito agudo) nocivo (efeito crônico)
Resina	30,54	44,51	nocivo (efeito agudo) nocivo (efeito crônico)

*a classificação é apresentada de acordo com o efeito agudo e efeito crônico, respectivamente.

Para uma melhor compreensão dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos, propriedades físicas e químicas dos produtos determinados pelo Log de valores constantes de dissociação octanol / água (coeficiente de partição log octanol-água, Log Kow), podem ser usados para explicar os resultados obtidos neste estudo. O valor de Kow determina o caráter lipofílico de

uma substância, quanto maior seu valor, maior caráter lipofílico e quanto menor for o valor mais solúvel em água é a substância. Em nível celular, substâncias com altos valores de Kow apresentam maior facilidade de serem absorvidas, atravessando com maior facilidade às membranas biológicas, por processos de difusão passiva.

Além disso, com o valor de Log Kow de um composto, é possível prever sua bioconcentração em organismos aquáticos, expressada como fator de bioconcentração logarítmica (log BCF). BCF mede a tendência de um composto em água se acumular em organismos aquáticos (IUPAC, 2009). Juntos, esses dois parâmetros (log Kow e log BCF) podem ser usados como um suporte para discutir os riscos ambientais de diferentes produtos químicos.

A tabela 12 demonstra um comparativo entre os valores de Kow, BCF em relação aos efeitos observados nos ensaios ecotoxicológicos.

Tabela 12. Valores de log Kow e log BCF em relação à classificação dos materiais pela diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996).

Substância		log Kow*	log BCF*	Classificação do material
Sulfato de cálcio		-0,17	0,500	não tóxico (efeito agudo) nocivo (efeito crônico)
Catalisador	Dibenzoyl peroxide	3,46	1,964	tóxico (efeito agudo)
	Dicyclohexyl phthalate	6,20	4,076	nocivo (efeito crônico)
	Água	1,38	0,500	
	Silicon dioxide	0,53	0,500	
Resina	Methyl methacrylate	1,38	0,363	nocivo (efeito agudo)
	N,N-bis-(2-hydroxypropyl)-p-toluidine	2,01	0,199	nocivo (efeito crônico)
	Ethylene-di(S-thioacetate)	0,29	0,500	

Kow= coeficiente de partição octanol-água; BCF = fator de bioconcentração.

* Os dados foram gerados utilizando a plataforma US Environmental Protection Agency's EPI Suite (USEPA, 2012)

Considerando que os efeitos mais agressivos foram observados frente à exposição ao catalisador, demonstrando valores inferiores de CE50 no ensaio agudo, sendo classificado como tóxico, podemos relacionar os seus efeitos

observados com os altos valores de log Kow dos componentes principais presentes no catalisador (Dibenzoyl peroxide 40 - 55 % e Dicyclohexyl phthalate 40 - 55 %).

Como composto isolado, o Dibenzoyl peroxide, ou peróxido de benzoíla, apresenta valor CE_{50} em ensaios com *Daphnia magna* (48h) de 0,11mg/L (SIGMA-ALDRICH, 2018), sendo assim classificado como muito tóxico. Este componente químico é de origem antropogênica, e não é conhecido como um produto natural. A produção e o uso de peróxido de benzoíla como iniciador de polimerização de cloreto de polivinilo/poli (metil metacrilato) e, em medicamentos tópicos sem receita médica para o tratamento da acne, podem resultar em sua liberação para o meio ambiente através de vários fluxos de resíduos (PUBCHEM¹, 2018).

Em relação ao Dicyclohexyl phthalate, ou ftalatos de dicitlohexilo, como composto isolado apresenta valor CE_{50} em ensaios com *Daphnia magna* (48h) de 45,9 mg/L (ADAMS et al., 1995), podendo então ser classificado como nocivo. A produção e o uso de ftalatos de dicitlohexilo como plastificante para nitrocelulose, etilcelulose, borracha clorada, acetato de polivinilo, cloreto de polivinilo e outros polímeros podem resultar na sua liberação no meio ambiente através de vários fluxos de resíduos (PUBCHEM², 2018).

Os altos valores de BCF para ambos componentes principais do catalisador também refletem os efeitos tóxicos observados. Não foram encontrados dados na literatura para ensaios com ouriço-do-mar (*E. lucunter*) para estes componentes.

De maneira similar pode-se também relacionar o baixo valor de Kow e BCF do sulfato de cálcio com os valores obtidos nos ensaios agudos ($EC_{50} > 100$ mg/L), aonde foi classificado como não tóxico. As liberações de sulfato de cálcio, dihidratado no meio ambiente, deverão ocorrer principalmente durante o processamento com águas residuais na indústria de alimentos, indústrias de fertilizantes e outros segmentos industriais como na manufatura do gesso (OECD, 2018). Apesar dos resultados obtidos nos ensaios agudos, efeitos crônicos foram observados nos ensaios com ouriço-do-mar, sendo este componente classificado como nocivo a partir do valor obtido para CI_{50} de 73,76 mg/L.

Em relação ao principal componente presente na resina de laminação acrílica, Methyl methacrylate (60 - 100 %), ou metil metacrilato, como componente isolado apresenta CE50 de 69mg/L em ensaios com *Daphnia magna* (48h) (SIGMA-ALDRICH, 2018). Tal valor classifica-o como nocivo, de acordo a diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996). Quando combinado com os outros dois componentes com valores de Kow e BCF distintos, na manufatura da resina de laminação acrílica, observa-se um decréscimo no valor de CE50 nos ensaios com *Daphnia*, porém a mistura manteve o *status* de nociva. Não foram encontrados dados na literatura para ensaios com ouriço-do-mar (*E. lucunter*) para estes componentes. A produção e uso de metil metacrilato em resinas de polimetacrilato, em adesivos medicinais, tecnologia dentária, cimentos ortopédicos, como repelente de água em superfícies de concreto, dentre outros usos, podem resultar na sua liberação para o meio ambiente através de vários fluxos de resíduos (PUBCHEM³, 2018).

Em vista destes fatos, os resultados obtidos no presente estudo reforçam a necessidade de desenvolver maneiras mais eficazes e menos nocivas para o descarte dos materiais utilizados na confecção de prótese e órteses, assim como os resíduos gerados durante a manufatura destes produtos.

6. CONCLUSÕES

Sabe-se que a quantidade de produtos químicos lançados no meio ambiente cresce de maneira acelerada devido ao avanço da tecnologia. Por sua vez, o aumento exponencial da população humana, frente a redução brutal dos sistemas ecológicos, promove um risco eminente, principalmente se levada em consideração que materiais quimicamente desenvolvidos para melhorar as condições de vida de pacientes amputados, podem se tornar tóxicos tão agressivos que a deterioração dos nossos sistemas ecológicos alterando abruptamente a cadeia trófica, gerando extinção de espécies extremamente importantes para o próprio desenvolvimento humano.

No presente estudo, as três substâncias testadas (resina, o sulfato de cálcio e o catalisador) foram classificadas como nocivas nos ensaios de toxicidade crônica, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996). Nos ensaios de efeitos agudo, o catalisador apresentou efeitos mais tóxicos, seguido da resina (nocivo) e, o sulfato de cálcio não apresentou toxicidade nas concentrações testadas.

Uma metodologia deve ser desenvolvida afim de produzir materiais mais biodegradáveis e menos nocivos além de normatizar as maneiras de descartes bem como produzir uma reciclagem reversa afim de reutilizar de maneira mais sabia os produtos e matérias já consumíveis.

7. VERSÃO COMPACTA

ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE PRÓTESES PARA PACIENTES AMPUTADOS

Vinícius de Moura Pellatiero, Luciana L. Guimarães, Fabio H. Pusceddu,
Fernando S. Cortez, Aldo R. Santos, Walber Toma. e-mail: jah_moura@hotmail.com

Resumo

O presente estudo objetivou abordar aspectos ecotoxicológicos de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (sulfato de cálcio, resina acrílica e catalisador), considerando aumento do número de pacientes que sobrevivem a uma amputação no Brasil e a criação de materiais específicos que aumentam a durabilidade dos esqueletos protéticos, porém sem que haja uma norma regulamentada para o controle de reciclagem e descarte de tais materiais. Foram realizados ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo com *Daphnia similis* e ensaios de toxicidade crônica com *Echinometra lucunter* para cada componente citado. Os resultados obtidos para o componente sulfato de cálcio, revelaram efeitos crônicos a partir de 50 mg/L. A exposição dos organismos ao catalisador resultou em efeitos crônicos a partir de 25 mg/L e agudos inferiores a 6,25mg/L. Nos ensaios com resina, foram observados efeitos crônicos a partir de 6,25 mg/L e efeitos agudos a partir de 12,5 mg/L. As três substâncias testadas (resina, o sulfato de cálcio e o catalisador) foram classificadas como nocivas nos ensaios de toxicidade crônica, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia. Nos ensaios de efeitos agudo, o catalisador apresentou efeitos mais tóxicos, seguido da resina (nocivo) e, o sulfato de cálcio não apresentou toxicidade nas concentrações testadas. Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a necessidade de desenvolver maneiras mais eficazes e menos nocivas de descartar os materiais utilizados na confecção de prótese e órteses.

Palavras-chave: Descarte incorreto. Ensaio de toxicidade. Diretiva 93/67/CEE. Próteses.

Abstract

The present study aimed to address the ecotoxicological aspects of components used in the manufacture of prostheses and orthoses (calcium sulfate, acrylic resin and catalyst), considering an increase in the number of patients surviving an amputation in Brazil and the creation of specific materials that increase durability of the prosthetic skeletons, but without a regulated norm for the control of recycling and disposal of such materials. Acute toxicity tests were performed for *Daphnia similis* and chronic toxicity tests with *Echinometra lucunter* for each component. The results obtained for the calcium sulfate component revealed chronic effects from 50 mg / L. Exposure of the organisms to the catalyst resulted in chronic effects from 25 mg / L and acute less than 6.25 mg / L. In the resin trials, chronic effects were observed from 6.25 mg / L and acute effects from 12.5 mg / L. The three substances tested (resin, calcium sulphate and catalyst) were classified as harmful in the chronic toxicity tests in accordance with European Union Directive 93/67 / EEC. In the acute effects tests, the catalyst showed more toxic effects, followed by the resin (harmful), and calcium sulfate showed no toxicity at the concentrations tested. The results obtained in the present study reinforce the need to develop more effective and less harmful ways of discarding the materials used in the manufacture of prostheses and orthoses.

Keywords: Incorrect disposal. Toxicity tests. Directive 93/67/EEC. Prostheses.

Introdução

A dualidade das propostas de controle ou prevenção de dano ambiental se mostra como uma escolha necessária para o efetivo gerenciamento dos resíduos. Para que a caracterização do resíduo seja feita de forma adequada é necessário que o processo de geração de resíduos seja bem compreendido. Os mecanismos de prevenção ainda se encontram limitados, enquanto a maioria das ações empreendidas se faz no âmbito de controle da contaminação do meio ambiente decorrente da disposição indevida. Medidas restritivas, que possam ser adotadas no sentido de reduzir a geração, controlar a dispersão e prevenir a contaminação, tornam-se fundamentais [1].

Todos os países pertencentes à Comunidade Europeia seguem a Diretiva 96/61/CE de 1996, relativa à prevenção e ao controle integrado da contaminação. Desde 1994, foi estabelecida a Diretiva comunitária 94/67/CEE, sobre a incineração de resíduos perigosos e, neste mesmo ano, a Diretiva comunitária 94/62/CEE apresenta os parâmetros para embalagens e resíduos de embalagens [1].

No Brasil a preocupação com questões ambientais é relativamente recente. A conscientização da sociedade e a legislação ambiental, tem levado as empresas a uma relação mais sustentável com o meio ambiente. Na década de 80, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), responsável pela formulação de resoluções que representam importantes instrumentos normativos para a gestão ambiental em busca do crescimento sustentável, publica a resolução que estabelece os padrões de qualidade de água no território nacional e classifica o recurso de acordo com seu grau de qualidade (CONAMA, 1986).

Nos últimos anos, o aumento da produção de resíduos sólidos se tornou muito evidente no estado de São Paulo, devido ao crescimento populacional aliado ao aumento exponencial das atividades industriais (CETESB). De acordo com TOCHETTO & PEREIRA [3], a preocupação com a qualidade do meio ambiente tem feito as indústrias desenvolverem tecnologias afim de produzir matérias primas menos tóxicas com a intenção de reduzir os impactos que acometem o meio ambiente.

O presente estudo objetivou abordar aspectos ecotoxicológicos de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (sulfato de cálcio, resina acrílica e catalisador), considerando aumento do número de pacientes que sobrevivem a uma amputação no Brasil e a criação de materiais específicos que aumentam a durabilidade dos esqueletos protéticos, porém sem que haja uma norma regulamentada para o controle

de reciclagem e descarte de tais materiais. Foram realizados ensaios de toxicidade para avaliação de efeito agudo com *Daphnia similis* e ensaios de toxicidade crônica com *Echinometra lucunter* para cada componente citado.

Objetivo

O objetivo do presente estudo foi avaliar a ecotoxicidade de componentes utilizados na confecção de prótese e órteses (Sulfato de Cálcio, Resina Acrílica e Catalisador), através de ensaios de toxicidade para avaliação de efeitos agudos sobre o microcrustáceo *Daphnia similis* e crônicos através da avaliação do desenvolvimento embriolarval de ouriços-do-mar *Echinometra lucunter*.

Metodologia

Os ensaios de toxicidade foram realizados a fim de avaliar os efeitos de curta duração subletais em *Daphnia similis* e, efeitos que podem afetar o desenvolvimento embriolarval de *Echinometra lucunter*, seguindo o protocolo da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) e as normas brasileiras NBR 12713 e NBR 15350 [4;5].

As concentrações testadas das três substâncias testadas variaram de 6,25 mg/L a 100mg/L. Os ensaios foram realizados com 4 réplicas e repetidos 3 vezes.

Resultados e Discussão

No presente estudo, para o componente sulfato de cálcio, foram observados efeitos crônicos (em ouriço-do mar) a partir de 50 mg/L. A partir dos ensaios com *D. similis*, a substância foi classificada como não tóxica de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia [6], apresentando valor de CE50 >100 mg/L.

A exposição dos organismos ao Catalisador resultou em efeitos crônicos a partir de 25 mg/L e agudos a partir 6,25mg/L. A partir dos ensaios com *D. similis*, a substância foi classificada como tóxica de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia [6], apresentando valor de CE50 <6,25 mg/L.

Nos ensaios com Resina, foram observados efeitos crônicos a partir de 6,25 mg/L e efeitos agudos a partir de 12,5 mg/L. A partir dos ensaios com *D. similis*, a substância foi classificada como nociva de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia [6], apresentando valor de CE50 de 30,54 mg/L.

Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a necessidade de desenvolver maneiras mais eficazes e menos nocivas de descartar os materiais utilizados na confecção de prótese e órteses.

Conclusão

Sabe-se que a quantidade de produtos químicos lançados no meio ambiente cresce de maneira acelerada devido ao avanço da tecnologia. Por sua vez, o aumento exponencial da população humana, frente a redução brutal dos sistemas ecológicos, promove um risco eminente, principalmente se levada em consideração que materiais quimicamente desenvolvidos para melhorar as condições de vida de pacientes amputados, podem se tornar tóxicos tão agressivos que a deterioração dos nossos sistemas ecológicos alterando abruptamente a cadeia trófica, gerando extinção de espécies extremamente importantes para o próprio desenvolvimento humano.

No presente estudo, as três substâncias testadas (resina, o sulfato de cálcio e o catalisador) foram classificadas como nocivas nos ensaios de toxicidade crônica, de acordo com a diretiva 93/67/CEE da União Européia (CEC, 1996). Nos ensaios de efeitos agudo, o catalisador apresentou efeitos mais tóxicos, seguido da resina (nocivo) e, o sulfato de cálcio não apresentou toxicidade nas concentrações testadas [6].

Uma metodologia deve ser desenvolvida afim de produzir materiais mais biodegradáveis e menos nocivos além de normatizar as maneiras de descartes bem como produzir uma reciclagem reversa afim de reutilizar de maneira mais sabia os produtos e matérias já consumíveis.

Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer os profissionais do laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Santa Cecília.

Referências

1. WIENS, IK, HAMADA, J. **Gerenciamento de resíduos da construção civil – uma introdução à legislação e implantação**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006. Disponível em: http://www.simpeptestemigracao.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/374.pdf . Acesso em 10 dez. 2017
2. CONAMA, Conselho nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº1 de 23 de janeiro de 1986. Licenciamento Ambiental – Normas e Procedimentos**. Seção 1, páginas 2548-2549, 1986.
3. TOCCHETTO, M.R.L.; PEREIRA, L.C. **Desempenho ambiental e sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.guiaecologico.com.br/leitura.php?id=46>. Acesso em 10 dez. 2017.

4. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 2016. **Ecotoxicologia aquática-toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp, (Cladocera, Crustacea). Norma ABNT-NBR 12713.**
5. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2012). **Ecotoxicologia Aquática. – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com Ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea). Rio de Janeiro. NBR 15350.**
6. CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES). **Technical guidance document in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances.** Part II, environmental risk assessment. Luxembourg: Office for official publication of the European Communities, 1996.

REFERÊNCIAS

ABESSA, D.M.S. Avaliação da qualidade do sistema estuarino de Santos. São Paulo: USP, 2002. 290 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Oceanografia, Área de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ABESSA, D.M.S. Avaliação da qualidade de sedimentos do Sistema Estuarino de Santos, SP, Brasil. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2002. 290p.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) NBR 10.004/2004 – Resíduos sólidos – classificação, 2004.

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 15350/2012 - Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio com ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea), 2012.

ADAMS, W. J., BIDDINGER, G. R., ROBILLARD, K. A., & GORSUCH, J. W. A summary of the acute toxicity of 14 phthalate esters to representative aquatic organisms. *Environmental toxicology and chemistry*, 14(9), 1569-1574, 1995.

BEAUSE, J. Selected drugs in solid matrices: a review of environmental determination, occurrence and properties of substances. *Trends in analytical chemistry*. 23. p. 10-11, 2004.

BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P. A. Aplicação dos Ensaio Ecotoxicológicos e Legislação pertinente. In: ZAGATT, P.A. & BERTOLETTI, E. (Editores). *Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações*. São Carlos, SP. Rima, p. 347-359, 2006.

BILA, D.M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, 26 (4): p. 523-530, 2003.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais., do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Resolução Federal. CONAMA N° 344. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, Diário Oficial da União, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

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. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. A política dos 5 R's. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/9410>. Acesso em 10 jan. 2018.

CAIRNS, J.JR. & NIEDERLEHNER, B.R. Ecological Toxicity testing: scale, complexity and relevance. Boca Raton, USA: Lewis Publisher, p. 228, 1995.

CEC (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES). Technical guidance document in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances. Part II, environmental risk assessment. Luxembourg: Office for official publication of the European Communities, 1996.

CESAR, A.; SILVA, S.L.R.; SANTOS, A.R – Testes de toxicidade aquática no controle de população - Universidade Santa Cecília – UNISANTA – Santos – SP, Brasil, 1997.

CETESB (Compania 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.

CHEMSPIDER. Chemical structure database. Royal Society of Chemistry. Disponível em: <http://www.chemspider.com>. Acesso em 09 de jan de 2018.

CHAPMAN, P.M. Determining when contamination pollution – Weight of evidence determinations for sediments and effluents. Environment International 33: p. 492-501, 2007.

COMPANHIA SUL-AMERICANA DE TINTAS E SOLVENTES. Ficha de informações de segurança de produto químico – Catalisador. Disponível em: <http://201.57.253.136/qualidade/FISPQs/FISPQs/C/catalisador%20para%20massa%20ou%20cola%20plastica.pdf>. Acesso em 10 dez. 2017.

CONAMA, Conselho nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº1 de 23 de janeiro de 1986. Licenciamento Ambiental – Normas e Procedimentos. Seção 1, páginas 2548-2549, 1986.

CORTEZ, F.S. Avaliação ecotoxicológicas do fármaco Triclosan para invertebrados marinhos. São Paulo: USP, 2011. 218 p. Tese (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciências, área de Tecnologia Nuclear – Materiais, Universidade de São Paulo, 2011.

HAGE JR., Elias. Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de polímeros. Polímeros, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 6-9, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro, 2010.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

IQUNE. Ficha de informações de segurança de produto químico – resina de laminação. Disponível em: <http://www.tintasiquine.com.br/gwm/web/imagensFispq/Resina%20de%20Laminacao%206051.pdf>. Acesso em 10 dez. 2017.

LABSYNTH. Ficha de informações de segurança de produtos químicos – sulfato de cálcio. Disponível em: <http://www.fca.unicamp.br/portal/images/Documentos/FISPQs/FISPQ-%20Sulfato%20de%20Calcio.pdf>. Acesso em 10 dez. 2017.

NEWMAN, M.C.; UNGER, M.A. Fundamental of Ecotoxicology. Second edition. Lewis Publisher, 2002.

OTTOBOCK. Safety data sheets. Disponível em: <https://www.ottobock.com/en/other-information/quality-and-environmental-management.html>. Acesso em 08 jan. 2018.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.368p.

OECD. Calcium sulfate, dihydrate. SIDS. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/10101414.pdf>. Acesso em 09 jan. 2018.

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.

PUBCHEM¹. Open Chemistry Database Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7187#section=Top> . Acesso em 09 jan. 2018.

PUBCHEM². Open Chemistry Database Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6777#section=Environmental-Fate-Exposure-Summary>. Acesso em 09 jan. 2018.

PUBCHEM³. Open Chemistry Database Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6658#section=ICSC-Environmental-Data>. Acesso em 09 jan. 2018.

SIGMA-ALDRICH. Ficha de informações de segurança de produtos Químicos. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/brazil.html>. Acesso em 09 jan. 2018.

SOUSA, E.C.P.M. Toxicologia Marinha: Histórico. In NASCIMENTO, I.A.; SOUSA, E.C.P.M.; NIPPER, M (Editores). Métodos em Ecotoxicologia Marinha – Aplicações no Brasil. São Paulo, SP. Artes Gráficas e Industria Ltda. p. 262, 2002.

TOCCHETTO, M.R.L.; PEREIRA, L.C. Desempenho ambiental e sustentabilidade. Disponível em: <http://www.guiaecologico.com.br/leitura.php?id=46>. Acesso em 10 dez. 2017.

USEPA. An interpolation estimate for chronic toxicity: The Icp approach. Norberg-King, T. J. Technical Report 05-88, National Effluent Toxicity Assessment Center, Environmental Research Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN 55804. 1988.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. EPA/600/4-91/003 - Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to marine and estuarine organisms. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. P. 579, 2002.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. EPI Suite® v.4.11. The Estimation Programs Interface. 2012.

VENTURA C R R, VERÍSSIMO I, LIMA R N P, et al. Echinodermata In: Biodiversidade Marinha da Baía da Ilha Grande (J.C. Creed, D.O. Pires & M.A.O. Figueiredo, orgs.). MMA, Brasília, p. 271-290, 2007.

WEST, Inc. & GULLEY, D. Western Ecosystems Technology. TOXTAT 3.5 Computer Program. 1996.

WIENS, IK, HAMADA, J. Gerenciamento de resíduos da construção civil – uma introdução à legislação e implantação. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006. Disponível em: http://www.simpeptestemigracao.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/374.pdf . Acesso em 10 dez. 2017

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

GLOSSÁRIO

Concentração Efetiva (CE) - Concentração de uma substância que causa uma magnitude definida de resposta em um determinado sistema após um tempo de exposição especificado, por exemplo, concentração que afeta x% de uma população de teste após um determinado tempo (CE_x). CE₅₀ é a concentração mediana que causa 50% da resposta máxima.

Concentração Inibitória (CI) - concentração de inibição Concentração de uma substância que causa uma inibição definida de um determinado sistema. CI₅₀ é a concentração mediana que causa 50% de inibição em um produto biológico não-letal medição dos organismos de teste, como reprodução ou crescimento.

Concentração de Efeito Não Observado (CENO) – maior concentração de um agente tóxico que não causa efeito deletério estatisticamente significativo nos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste.

Concentração de Efeito Observado (CEO) – menor concentração de agente tóxico que causa efeito deletério estatisticamente significativo nos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste.

ANEXO 1. Carta-control dos ensaios com *Daphnia similis*

#	Testes	Data	Resultados
1	120	11/12/15	318,77
2	121	21/01/16	370,87
3	122	25/02/16	310,27
4	123	25/03/16	321,2
5	124	21/04/16	306,1
6	125	26/05/16	363,86
7	126	17/06/16	350,76
8	127	21/07/16	279,5
9	128	18/08/16	338,76
10	129	15/09/16	262,17
11	130	27/10/16	312,37
12	131	18/11/16	306,31
13	132	08/12/16	374,9
14	133	17/01/17	354,13
15	134	09/02/2017	276,59
16	135	23/03/2017	279,05
17	136	20/04/2017	318,45
18	137	25/05/2017	267,19
19	138	08/06/2017	329,28
20	139	27/07/2017	360

ANEXO 2. Carta-control dos ensaios com *Echinometra lucunter*

#	Testes	Data	Resultados
1	100	16/06/2016	0,25
2	101	02/07/2016	0,29
3	102	05/08/2016	0,59
4	103	23/09/2016	0,36
5	104	11/11/2016	0,39
6	105	26/11/2016	0,27
7	106	15/12/2016	0,52
8	107	02/02/2017	0,26
9	108	14/03/2017	0,28
10	109	31/03/2017	0,33
11	110	12/05/2017	0,31
12	111	02/06/2017	0,25
13	112	15/06/2017	0,39
14	113	30/06/2017	0,51
15	114	25/08/2017	0,27
16	115	29/09/2017	0,55
17	116	08/11/2017	0,32
18			
19			
20			