

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação de Mestrado
será disponibilizado somente
a partir de **30/10/2021**.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

**SUBSÍDIOS PARA GESTÃO AMBIENTAL DOS IMPACTOS
DAS TINTAS ANTI-INCRUSTANTES NO BRASIL**

ERIKA GUISANDE ROJAS

SÃO VICENTE – SP

2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

SUBSÍDIOS PARA GESTÃO AMBIENTAL DOS IMPACTOS DAS
TINTAS ANTI-INCRUSTANTES NO BRASIL

ERIKA GUISANDE ROJAS

ORIENTADOR: PROF. DR. TEODORO VASKE JUNIOR

COORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS ANTÔNIO DOS SANTOS FERNANDEZ

Tese apresentada ao Instituto de Biociências,
Câmpus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção
do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

SÃO VICENTE

2019

R741s

Rojas, Erika Guisande

Subsídios para gestão ambiental dos impactos de tintas anti-incrustantes no Brasil / Erika Guisande Rojas. -- São Vicente, 2019

186 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Teodoro Vaske Junior

Coorientador: Marcos Antônio dos Santos Fernandez

1. Tintas Anti-incrustantes. 2. Gestão Ambiental. 3. Legislação Ambiental. 4. Pesquisa de Mercado. 5. Poluição Marinha. I. Título



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAUUSTA



Câmpus do Litoral Paulista

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: SUBSÍDIOS PARA GESTÃO AMBIENTAL DOS IMPACTOS DO USO DE TINTAS ANTI-INCrustantes NAVAIS NO BRASIL.

AUTORA: ERIKA ROJAS ADRIÃO

ORIENTADOR: TEODORO VASKE JUNIOR

COORIENTADOR: MARCOS ANTONIO FERREIANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. TEODORO VASKE JUNIOR - Orientador
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista/UNESP

Prof. Dr. AUGUSTO CESAR
Departamento de Ciências do Mar / Universidade Federal de São Paulo

Prof. Dra. PILAR CAROLINA VILLAR
Universidade Federal de São Paulo, câmpus Baixada Santista

Prof. Dr. CILÓ DIAS SEABRA PEREIRA
Departamento de Ciências do Mar / Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - Câmpus Baixada Santista

Prof. Dr. PÍLLAR CAROLINA VILLAR
Câmpus Ilha do Fundão / Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Vicente, 30 de outubro de 2019.

Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista -
Praça Infante Dom Henrique, S/N, 1330900, São Vicente - São Paulo

Agradecimentos

A gratidão é a energia que move o mundo.

Agradeço primeiramente ao Universo, pela minha vida. Pelas oportunidades e também pelas dificuldades, que me fizeram amadurecer como pessoa e como profissional, fundamentais para me tornar uma doutora.

Agradeço também aos meus filhos e amores, Julia Rojas Fernandes, João Rojas Adrião, Gaia e Chico que sempre me serviram de trampolins de motivação para continuar no meu caminho e me fortaleceram junto a natureza de Florianópolis, no Rio Tavares, local muito especial onde residimos juntos e onde escrevi minha tese.

Aos apoios da minha família, minha linda tia Ana Maria Rojas Carrasco, minha mãe Mirtes Massa Guisande e meu pai José Luiz Rojas Carrasco, meu mano Diogo, e mana Lívia, minhas primas Mellina, Natasha e Fellipe e tio Lucas, aos meus amigos queridos que me deram muita força, Rosana, Carol, Maria, Laura, Naty, Dani, Ludi, Natacha, Miucha, Graci, Paula e Richard.

Ao meu coorientador, prof. Dr. Marcos Antônio dos Santos Fernandez, uma pessoa maravilhosa, um anjo na minha vida, que me pegou pelas mãos e me deu toda atenção que eu precisei. Pela paciência, carinho e também por acreditar no meu potencial.

Ao meu orientador prof. Teo - Dr. Teodoro Vaske Junior, que mostrou ser uma pessoa do bem, verdadeiro, com exímio caráter, exemplo que pretendo seguir em minha carreira acadêmica. Empatia em primeiro lugar.

Aos amigos, Deloar Oliveira e Everaldo Ferreira por me acolherem como parte da equipe da UERJ com confiança e altruísmo.

Á banca maravilhosa que o universo me presenteou, prof. Dr Aricelso Limaverde, prof. Dr Augusto César, prof. Dr. Camilo Dias Seabra Pereira e prof. Dra. Pilar Carolina Vilar. Queridos contribuíram para o enriquecimento desta tese.

Á rede Nacional das tintas anti-incrustantes. Aos meus amigos da Unesp que sempre que necessário estiveram ali presentes.

Á Unesp, por ter me concedido a bolsa de demanda social, nos 30 meses iniciais enquanto residi em Santos. E á CAPES pelo auxílio financeiro nesse período.

Aos funcionários da Unesp, Campus Litoral Paulista pelo apoio e confiança que me foram atribuídos.

“NAS GRANDES BATALHAS DA VIDA, O PRIMEIRO PASSO PARA A
VITÓRIA É O DESEJO DE VENCER”

Mahatma Gandhi

Sumário

	Páginas
Lista de Abreviaturas.....	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	x
Resumo	12
Abstract.....	13
Capítulo 1. Introdução Geral	14
Capítulo 2. Material e Métodos	43
Capítulo 3. Resultados	47
Capítulo 4. Discussão	155
Capítulo 5. Conclusões e recomendações.....	164
Referências Bibliográficas.....	170

Lista de Abreviaturas

- AF – Anti-incrustantes (em inglês *Antifouling*)
- COEs – Compostos Organoestânicos
- TBT – Tributilestanho (em inglês *Tributyltin*)
- TPT – Trifenilestanho (em inglês *Triphenyltin*)
- MSDS – Fichas de Segurança (em inglês *Material Safety Data Sheet*)
- FISQ – Fichas de segurança
- US EPA – Agência de Proteção Ambiental do Governo dos Estados Unidos (em inglês *Environmental Protection Agency*)
- DPB – Diretiva dos produtos biocidas
- EQS – Padrão de Qualidade ambiental (em inglês *Environmental Quality Standard*)
- IMO – Organização internacional Marítima (*International Maritime Organization*)
- EA – Ecotoxicologia Aquática
- AFS - Convenção de Sistemas Anti-incrustantes (em inglês *Antifouling System Convention*)
- CE – Comissão Europeia
- EU – União Europeia
- PB – Potencial de Bioacumulação
- PD – Potencial de Degradação
- CAS – Serviço de química abstrata (em inglês *Chemical Abstract Service*)
- EINECS - Inventário Europeu de Substâncias Comerciais Existentes
- LC 50 – Concentração letal (em inglês *Lethal Concentration*)
- NOEC – Concentração de efeito adverso não observado (em inglês *No Observed Adverse Effect Concentration*)
- DMSA – N, N-Dimetilaminossulfanilida
- TCMS – (2,3,3,6-tetracloro-4-metilsulfonil)
- DCOIT - (4,5-Dicloro-2-n-octil-4-isotiazolin-3-ona)
- TPBP – Trifenilborano Piridina
- DPB - Hidróxido de difenilborano
- MPB - Hidróxido de fenilborano
- TCMTB - [(2- (tiocianometiltio) benzotiazol]

MTB – 2-mercaptobenzotiazol

DCMU - (3-(3,4-diclorofenil) -1,1-dimetilurea)

RMS – Estado membro relator (em inglês *Relator Member State*)

Uts – Unidade de Toxicidade

Lista de Ilustrações

Figura 1: Esquema de Bioincrustação marinha. Adaptado de Rosenhahn <i>et al</i> , 2010	244
Figura 2: Figura 2: A linha de tempo das três gerações de AFs (Fernandez & Pinheiro, 2007)	17
Figura 3: Efeitos ocasionados pela exposição ao TBT, imposex no aparelho reprodutivo do mulusco gastropodo <i>Thais clavigera</i> . (A) Macho, (B) Fêmea, (C) Imposex grau III/IV. Ag: glândula de albúmen; cg: glândula de cápsulas; ct: ctenidium; dg: glândula digestiva; e: olho; f: pé; hg: glândula hipobraquial; k: fígado; m: manto; n: nódulo; op: opérculo; os: osphradium; ov: ovário; p: pênis; pg: glândula prostática; r: reto; sig: glândula ingestora de esperma; t: tentáculo; te: testículo; v: vulva; vd: vas deferens . Fonte: (Horiguhi <i>et al.</i> , 1994)	18
Figura 4: Estrutura química do Irgarol. Fonte: www.sigmaaldrich.com	24
Figura 5: Estrutura química do Diuron. Fonte: www.sigmaaldrich.com	25
Figura 6: Estrutura química do DCOIT (Seanine 211). Fonte: www.sigmaaldrich.com	26
Figura 7: Estrutura química do Clorotalonil. Fonte: www.sigmaaldrich.com	27
Figura 8: Estrutura química do Dichlofuanida. Fonte: www.sigmaaldrich.com	28
Figura 9: Estrutura química do do Tiram. Fonte: www.sigmaaldrich.com	29
Figura 10: Estrutura química do TCMTB (Busan). Fonte: http://www.pesticideinfo.org	29
Figura 11: Estrutura química do TCMS Piridina. Fonte: http://www.chemexper.com	30
Figura 12: Estrutura química Trifenilborano Piridina. Fonte: www.chemicalbook.com	31
Figura 13: Estrutura química do Zinco Piritiona. Fonte: http://qnint.sbj.org.br	32
Figura 14: Estrutura química do Cobre Piritiona. Fonte: http://qnint.sbj.org.br	32
Figura 15: Estrutura química do Ziram. Fonte: www.wikidata.org/wiki/Q205562	33
Figura 16: Estrutura química do Maneb. Fonte: www.sigmaaldrich.com	33
Figura 17: Estruturas químicas de Cobre em diferentes formas: Tiocinato de Cobre, Óxido Cuproso, Naftenato de Cobre, Cobre Metálico e Oxido Cúprico respectivamente. Fontes: www.chemspider.com , www.chemblink.com/products/1338029.htm , pt.thpanorama.com/blog/ ciencia/xido-cprico-frmula-propiedades-riesgos-y-usos.html	35
Figura 18: Estrutura química do Tralopyril. Fonte: www.sigmaaldrich.com	36
Figura 19: Estrutura química do Terbutryn. Fonte: www.molbase.com	36
Figura 20: Estrutura química do Medetomedine. Fonte: www.molbase.com	37
Figura 21: Estrutura química do Capsaicin. Fonte: www.sigmaaldrich.com	38
Figura 22: Estrutura química do Nonivamide. Fonte: www.sigmaaldrich.com	38

Figura 23: Estrutura química do Wollastonite. Fonte: http://www.molbase.com	39
Figura 24: Exemplo de ficha de segurança (MSDS). Fonte: www.hempel.com	43
Figura 25: Discriminação dos principais fabricantes de tintas no mercado mundial, segundo o número de produtos oferecidos. Fonte: O autor.	47
Figura 26: Porcentagem de distribuição dos biocidas utilizados nas tintas AFs no mercado global em junho de 2019. Fonte: o autor	48
Figura 27: Média das composições utilizadas na formulação das tintas, encontradas na ficha de segurança das tintas antiincrustantes, discriminada por cada tipo de biocida. Fonte: O autor.....	49
Figura 28: Percentual de formulações de AFs que utilizam combinações de biocidas em sua composição. Fonte: O autor.....	51
Figura 29: Tintas que apresentam um único biocida na composição. Fonte: O autor.....	5230
Figura 30: Porcentagem de combinações entre biocidas em misturas binárias. Fonte: O autor.	52
Figura 31: Porcentagem de combinações entre biocidas em misturas ternárias. Fonte: O autor.	53
Figura 32: Porcentagem de combinações entre biocidas em misturas quarternárias. Fonte: O autor.....	54
Figura 33: Porcentagem de combinações entre biocidas em misturas quinárias. Fonte: O autor.	54
Figura 34: Print do site da Sea Hawk paints onde as tintas oferecidas com TBT na formulação não são vendidas para os EUA, são vendidas apenas para exportação. Fonte: www.seahowkpaints.com . Acesso em 20/05/2019.....	57
Figura 35: Descrição das tintas por fabricante que possuem TBT na formulação. Fonte: O autor.....	57
Figura 36: Descrição das tintas por fabricante que possuem Irgarol na formulação. Fonte: O autor.....	58
Figura 37: Descrição das tintas por fabricante que possuem Diuron na formulação. Fonte: O autor.....	311
Figura 38: Descrição das tintas por fabricante que possuem Sea Nine na formulação. Fonte: O autor.....	63
Figura 39: Descrição das tintas por fabricante que possuem Dichlofluonida na formulação. Fonte: O autor.....	70
Figura 40: Descrição das tintas por fabricante que possuem Tiram na formulação. Fonte: O autor.....	72
Figura 41: Descrição das tintas por fabricante que possuem Cobre Piritona na formulação. Fonte: O autor.....	73

Figura 42: Descrição das tintas por fabricante que possuem Zinco Piritiosa na formulação. Fonte: O autor	80
Figura 43: Descrição das tintas por fabricante que possuem Óxido Cuprico na formulação. Fonte: O autor	90
Figura 44: Descrição das tintas por fabricante que possuem Óxido Cuproso na formulação. Fonte: O autor	124
Figura 45: Descrição das tintas por fabricante que possuem Cobre Metálico na formulação. Fonte: O autor	125
Figura 46: Descrição das tintas por fabricante que possuem Tiocinato de Cobre na formulação. Fonte: O autor	130
Figura 47: Descrição das tintas por fabricante que possuem Tralopyril na formulação. Fonte: O autor	136
Figura 48: Descrição das tintas por fabricante que possuem Metedomedine na formulação. Fonte: O autor	140
Figura 49: Descrição das tintas por fabricante que possuem Wollastonite na formulação. Fonte: O autor	141
Figura 50: Tipos de informações ecológicas disponibilizadas aos usuários pelos fabricantes de tintas AFs no mundo. Fonte: O autor	143
Figura 51: Tipos de informações ecológicas disponibilizadas aos usuários pelos fabricantes de tintas AFs no mundo. Fonte: O autor	143
Figura 52: Anexo B da Norman. Fonte: www.marinha.mil.br . Acesso em 03/04/2019	151
Figura 53: Comparação da porcentagem das misturas encontradas em 2006 no Japão em estudo de Okamura <i>et al.</i> , com o mercado mundial em 2019. Fonte: O autor.	154

Lista de Tabelas

Tabela 01: Os 16 biocidas alternativos ao TBT que estavam homologados pela IMO em 2011. Fonte: Castro <i>et al.</i> , 2011b.....	22
Tabela 02: Novos biocidas foram incorporados no estudo de Martins <i>et al.</i> , 2017 e alguns foram excluídos, em relação aos previamente reportados	40
Tabela 03: Nova tabela de biocidas utilizados em anti-incrustantes, uma soma das substâncias encontradas na bibliografia em homologados pela IMO, Martins <i>et al.</i> , 2017, Oliveira, 2019 e na pesquisa de mercado. Fonte: O autor.	46
Tabela 04: Valores da porcentagem da composição média dos biocidas encontrados nas fichas de segurança. Fonte: O autor.	300
Tabela 05: Tintas que utilizam TBT como biocida na composição. Fonte: O autor	56
Tabela 06: Tintas que utilizam Irgarol em sua composição. Fonte: O autor.	59
Tabela 07: Tintas que utilizam Diuron em sua composição. Fonte: O autor	62
Tabela 08: Tintas que utilizam Sea Nine como biocida na composição. Fonte: O autor.	64
Tabela 09: Tintas que utilizam Dichlofluonida como biocida na composição. Fonte: O autor.	71
Tabela 10: Tintas que utilizam Tiram como biocida na composição. Fonte: O autor.....	72
Tabela 11: Tintas que utilizam Cobre Piritiona como biocida na composição. Fonte: O autor.	74
Tabela 12: Tintas que utilizam Zinco Piritiona como biocida na composição. Fonte: O autor.	81
Tabela 13: Tabela 13: Tintas que utilizam Óxido de Cobre como biocida na composição. Fonte: O autor.....	91
Tabela 14: Tintas que utilizam Óxido cuproso como biocida na composição. Fonte: O autor.	100
Tabela 15: Tintas que utilizam Cobre metálico como biocida na composição. Fonte: O autor.	126
Tabela 16: Tintas que utilizam Tiocinato de cobre com biocida na composição. Fonte: O autor.....	131
Tabela 17: Tintas que utilizam Tralopyril como biocida na composição. Fonte: O autor.....	137
Tabela 18: Tintas que utilizam Medetomidine como biocida na composição. Fonte: O autor.	140
Tabela 19: Tintas que utilizam Wollastonite como biocida na composição. Fonte: O autor.....	142

Tabela 20: Misturas de biocidas encontradas no mercado mundial de tintas anti-incrustantes em 2019. Fonte: O autor.	153
Tabela 21: Resultado das misturas encontradas em estudo de Okamura <i>et al.</i> , 2006	154
Tabela 22: Tabela referência dos biocidas alternativos ao TBT, aprovados pela JPMA em 2006. Fonte: Okamura & Mieno, 2006.....	155
Tabela 23: Valores de EC 50 em misturas binárias em trabalho realizado por Zhou et al, 2006.	156
Tabela 24: Concentrações mínima, média e máxima dos anti-incrustantes nos cinco cenários estabelecidos. Fonte: Oliveira, 2019.....	157
Tabela 25: Misturas binárias entre os anti-incrustantes de terceira geração em cinco cenários pré-estabelecidos. Fonte: Oliveira, 2019.	158

Subsídios para gestão ambiental dos impactos do uso de tintas anti-incrustantes navais no Brasil

Resumo

A utilização de tintas anti-incrustantes é mandatória para embarcações e outras estruturas submersas na água do mar. Existem diversas vantagens em utilizar estas tintas como ganho em tempo e em velocidade de operações, e menor gasto de combustível, pois a bioincrustação aumenta a rugosidade da superfície e diminui a hidrodinâmica das embarcações. Em geral, a maioria destas tintas contém biocidas que evitam que os organismos incrustantes consigam se estabelecer sobre a superfície das embarcações. Esses biocidas por sua vez, acabam por serem liberados das pinturas provocando danos aos ecossistemas, como, por exemplo, o imposex, que é a masculinização de fêmeas de moluscos gastrópodes, um problema de disfunção endócrina causada pelo tributestano (TBT). Novos biocidas surgiram no mercado global após o banimento do TBT como alternativas menos danosas, porém muitos estudos comprovam efeitos prejudiciais a biodiversidade aquática, principalmente quando combinados. No Brasil, as regulamentações ambientais que dizem respeito às tintas anti-incrustantes são a Norma 23 da Marinha do Brasil, que estabelece as diretrizes para os sistemas anti-incrustantes, e a Resolução Conama 357, que estabelece os padrões de qualidade de águas. Esses dois documentos estão relacionados apenas ao uso do TBT, que foi banido em 2008. Em relação aos novos biocidas não existe nada neste aspecto, embora a Norma 23 tenha opção de incluir outros biocidas, caso necessário. O presente estudo tem por objetivo uma avaliação da possível vulnerabilidade da biodiversidade dos ecossistemas marinhos e costeiros para as novas tintas anti-incrustantes, dentro das opções atualmente oferecidas no mercado. Para alcançar este objetivo foi utilizada uma metodologia inovadora elaborada em três etapas: 1) Análise de legislação: Compilação e análise dos instrumentos regulatórios e normativos para as tintas anti-incrustantes de outras regiões do mundo: Europa, Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia, Austrália, Japão e China somados e comparados à legislação do Brasil. 2) Pesquisa de mercado: Nos principais websites de fabricantes e de venda de tintas anti-incrustantes em escala global, com a finalidade de identificar lacunas no sistema e conhecer as principais tintas que estão sendo comercializadas no Brasil e no mundo. Através do levantamento desses dados, foram encontradas e minuciosamente analisadas as folhas de segurança (MSDS), e identificadas a composição, através do número CAS de cada substância; e as informações ecológicas de cada tinta. Os resultados do projeto forneceram um panorama realístico e atual sobre o que está sendo comercializado no mundo e sugere o que está em uso. 3) A última etapa é uma contextualização das outras duas e contém uma proposta com diretrizes, visando a proteção ambiental da biodiversidade dos ecossistemas marinhos e costeiros no Brasil.

Palavras-chave: tintas anti-incrustantes; organismos incrustantes; biocidas; navios; ecotoxicologia; biodiversidade, legislação brasileira; legislação internacional; pesquisa de mercado; gestão ambiental; ecossistemas marinhos; ecossistemas costeiros; portos.

Contribution to the environmental management of marine antifouling paints impacts in Brazil.

Abstract

The use of some kind of antifouling protection is mandatory for ships and submerged structures. This use has many advantages, such as time gains in trips and general operations due to higher attainable speeds and reduced fuel consumption, as biofouling increases hull roughness and reduces hydrodynamic performance of the vessel. In a general way, most of these paints include biocides, to avoid the organism fixation in the vessel's hull surface. However, these biocides cause environmental problems such as imposex, which causes masculinization of female marine gastropods, an endocrine disruption problem caused by tributyltin (TBT). New biocides were introduced in the global market after the TBT banning as less harmful alternatives, but many studies have shown that these also could cause damage to marine ecosystems, and particularly when combined. In Brazil, environmental regulations on antifouling paints are: Normam 23, from the Brazilian Navy, which regulates application of marine antifouling systems, and Resolution 357 from CONAMA (Brazilian National Environment Council), which establish the water quality parameters. Both documents include only organotin (Normam 23) or specifically TBT (Res. 357), forbidden as antifouling since 2008. The new antifouling biocides are not discussed or regulated in these regulatory instances, while Normam 23 have the possibility of upgrade for including other biocides if required. This study is aimed at an evaluation of the possible risks to marine biodiversity due to marine antifouling biocides in coastal and oceanic areas. To reach this goal, we tried an innovative methodology, developed in three lines: 1) A legislation comparison, between the regulatory instruments from other countries as the European Union, the United States of America, New Zealand, Australia, Japan and China, among others with the Brazilian enforced regulations; 2) A global market survey, looking for the options currently in production in the antifouling market, to understand the composition of the products currently offered in Brazil and abroad, as well as eventual gaps in the information made available to the public. These informations were obtained from the safety sheets (MSDS) of each product as provided by the paint producers, using the CAS number and, when available, the ecological safety evaluation. Finally, 3) The data thus acquired were used in the elaboration of some guiding lines for the environmental protection of our marine and coastal biodiversity in Brazil.

Key words: antifouling paints; biofouling; biocides; vessels; ecotoxicology; biodiversity; Brazilian laws; international laws; market share; environmental management; marine ecosystems; coastal ecosystems; ports.

Apoio:

Este projeto está em parte integrado ao projeto FINEP 1111/13-Micropoluentes orgânicos empregados em sistemas anti-incrustantes: comportamento ambiental, toxicidade e biorremediação.

Edital: MCTI/FINEP-CT-HIDRO 01/2013, Coordenador: Gilberto Fillmann da Universidade Federal do Rio Grande (Componente – Gestão Ambiental). O projeto também está integrado à um pedido de projeto regular (FAPESP) e que está em análise. Outros fomentos internos da UNESP (Bolsa de demanda social da Capes) foram utilizados como complemento parcial nas questões de infraestrutura.

Referências Bibliográficas

ACVM (1997), Agricultural Compounds and Veterinary Medicines Act 1997. Introduction. <http://www.ermanz.govt.nz/resources/publications/pdfs/guide4-11.pdf> – 884.7 KB.

AGARWAL S., AGGARWAL S. G., SINGH P., (2005) Quantification of ziram and zineb residues in fog water samples. *Talanta*. 65:104110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2004.05.041>.

AGVET (1994), Agricultural and Veterinary Chemicals Code Act 1994. http://www.apvma.gov.au/about_us/legislat.shtml.

ALZIEU, C. (1986) TBT Detrimental Effects in Oyster Culture in France – Evolution Since Antifouling Paint Regulation. Proceedings, The Oceans - An International Workplace Conference. v. 4, p. 1130-1134. Washington D.C., USA.

AMARA, I., MILED, W., RIHAB B. S. & LADHARI, L. (2018) Antifouling processes and toxicity effects of antifouling paints on marine environment. A review. *Environ Toxicol Pharmacol*, Jan;57:115-130.

ANDERSON, C.D.; HUNTER, J.E., (2000) NAV2000 Conference Proceedings, Venice, September 2000. In: Yebra DM, Kiil S, Dam-Johansen K. (2004). Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50: 75–104.

ANDRADE, J.A.B., CALDAS, S.S., BATISTA, R.M., CASTRO, I.B., FILLMANN, G., PRIMEL, E.G., (2017) From TBT to booster biocides: Levels and impacts of antifouling along coastal areas of Panama - *Environmental Pollution* 234 – 243 e 252.

ANTAQ(2016)<http://antaq.gov.br/Portal/PDF/Anuarios/ApresentacaoAnuario2016.pdf> acessado em 20 de fev. 2018.

ARRHENIUS, Å., BACKHAUS, T., GRONVALL, F., JUNGHANS, M., SCHOLZE, M., BLANCK, H., (2006) Effects of three antifouling agents on algal communities and algal reproduction: mixture toxicity studies with TBT, Irgarol, and Sea-Nine. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 50, 335–345.

ARTIFON, V., CASTRO, I.B., FILLMANN, G., (2016) Spatiotemporal appraisal of TBT contamination and imposex along a tropical bay (Todos os Santos Bay, Brazil).

Environmental Science and Pollution Research, pp. 1e9. <https://doi.org/10.1007/s11356-0166745-7>.

AUSTRALIAN GOVERNMENT (2011) APVMA - Australian pesticides and veterinary medicines authority. APVMA, 2011. Diuron Environment Assessment. Australian Government, Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. July 2011. www.apvma.gov.au/products/review/docs/diuron_environment.pdf acessado em Jan. 2018.

BALAGUER, P., DIEDRICH, A., SARDÁ, R., FUSTER, M., CAÑELLAS, B., TINTORÈ, J. (2011), Spatial analysis of recreational boating as a first key step for marine spatial planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain) – *Ocean & Coastal Management* 54 - 241-249.

BATISTA, R.M., CASTRO, I.B., FILLMANN G., (2016) Imposex and butyltin contamination still evident in Chile after TBT global ban. *Sci. Total Environ.* 566e567, 446e453. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.039>.

BELLAS, J., (2006) Comparative toxicity of alternative antifouling biocides on embryos and larvae of marine invertebrates. *Sci. Total Environ.* 367, 573e585. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.028>.

BORGES, C.D., FERNANDEZ, M.A., CASTRO, I.B., FILLMANN, G., (2013) Organotin pollution from pleasure craft at Paraty, a tourist area of Southeast Brazil: amelioration or interference? *Braz. J. Oceanogr.* 61, 177e186. <https://doi.org/10.1590/S167987592013000300002>.

BRADY, R.F. (2001) A fracture mechanical analysis of fouling release from nontoxic antifouling coatings. *Prog Org Coat* 43:188–192.

BRAGADIN, M.; IERO, A.; CIMA, F.; BALLARIN, L.; MANENTE, S., (2007) *Toxicol. in Vitro*, 21, 1127.

BRAITHWAITE, R.A., FLETCHER, R.L., (2005) The toxicity of Irgarol 1051 and Sea-Nine 211 to the non-target macroalga *Fucus serratus* Linnaeus, with the aid of an image capture and analysis system. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 322, 111–121.

BROOKS, S., WALDOCK, M., (2009) The use of copper as a biocide in marine antifouling paints. In: Hellio, C., Yebra, D. (Eds.), *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 492–521.

BROWNLEE, B., CAREY, J., MACINNIS, G. & PELLIZZARI, I., (1992) Aquatic environmental chemistry of 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole and related benzothiazoles. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11, 1153–1168.

CALLOW, J. A. & CALLOW, M. E., (2011) Trends in the development of environmentally friendly fouling-resistant marine coatings. *Nat. Commun.* 2:244 doi: 10.1038/ncomms1251.

CANDRIES, M., ANDERSON, C.D., ATLAR, M., (2001) Foul release systems and drag: observations on how the coatings work. *J Prot Coat Lin* 18:38–43.

CAO, S., WANG, J., CHEN, H., CHEN, D. (2010). Progress of marine biofouling and antifouling technologies. *Chinese Science Bulletin*, 56(7), 598–612. doi:10.1007/s11434-010-4158-4

CASTRO, I. B., PERINA, F.C., FILLMANN, G., (2012a) Organotin contamination in South American coastal areas. *Environmental Monitoring and Assessment*.184 (3)1781-1799.

CASTRO, I. B., WESTPHAL, E., FILLMANN G., (2011) Tintas anti-incrustantes de terceira geração: novos biocidas no ambiente aquático' in *Química Nova*. Vol.34, n. 6.

CASTRO, Í. B., ARROYO, M. F., COSTA, P. G., & FILLMANN, G., (2011a). Butyltin compounds and imposex levels in Ecuador. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1–10. doi:10.1007/s00244-011-9670-2

CASTRO, I. B., PERINA, F., FILLMANN, G., (2011b). Organotin contamination in South American coastal areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, in press (1-10. doi:10.1007/ s10661-011-2078-7).

CEDERGREEN, N., (2014) Quantifying Synergy: A Systematic Review of Mixture Toxicity Studies within Environmental Toxicology. *PLoS One*. 2014; 9(5): e96580. Published online 2014 May 2. doi: 10.1371/journal.pone.0096580

CERESER, C., BOJET, S., PARVAZ, P., REVOL, A., (2001) *Toxicology*, 162, 89.

CHAMP, M. A., (2000) A review of organotin regulatory strategies pending actions, related costs and benefits - *Sci. Total Environ*. 258 21–71.

CHAMP, M. A., (2003) Economic and environmental impacts on ports and harbors from the convention to ban harmful marine antifouling systems. *Mar Poll Bull* 46: 935–940.

CHANGE (2016) Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic Sea <http://changeantifouling.com/research/the-legal-framework-and-the-market-wp3/> Acesso em 11 ago 2016.

CIMA, F., BRAGADIN, M., BALLARIN, L., (2008) Toxic effects of new antifouling compounds on tunicate haemocytes. I. Sea-Nine 211™ and chlorothalonil. *Aquat. Toxicol.* 86, 299–312.

CLAISSE, D., ALZIEU, C. (1993) Copper contamination as a result of antifouling paint regulations? *Mar Pollut Bull* 26:395–397.

CLARK, T., WATKINS, D.A., (1978) Photolysis of dichlofluanid. *Pestic. Sci.* 9, 225–228.

COHEN, A.N., CARLTON, J.T. (1998) Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science* 279:555–557.

CONAMA (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 de outras providências. Brazil, *Diário Oficial da União* 357.

CONLAN, K.E., (1994) Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*, 28: 519–554.

COSTA, M.B., ZAMPROGNO, G.C., PEDRUZZI, F.C., DE MORAIS, L., TOGNETTA, M.M.P., GODOI, A.F.L., SANTOS, D.M., MARCHI, M.R.R. & FERNANDEZ, M.A., (2014) Differential organotin sensitivity in two *Leucozonia* species from a ship traffic area in southeastern Brazil, *Marine Biology Research*, 10:7, 712-724, DOI: 10.1080/17451000.2013.850512.

CRUZ, A. C. F., (2019) Toxicidade e efeitos da diclofluanida sobre organismos marinhos. Tese do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

DA GAMA, B., PEREIRA, R., CARVALHO, A.G.V., COUTINHO, R., YONESHIQUE-VALENTIN, Y., (2002) The Effects of Seaweed Secondary Metabolites on Biofouling. *Journal of Biofouling* v.18, p.13-20 DOI: 10.1080/08927010290017680.

DAFFORN, K. LEWIS, J. & JOHNSTON, E. (2011). Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation. *Marine pollution bulletin*. 62. 453-65. 10.1016/j.marpolbul.2011.01.012.

DE LORENZO, M. E., FULTON, M. H. (2012) Comparative risk assessment of permethrin, chlorothalonil and diuron to aquatic coastal species. *Marine Poll. Bull.* V 64, p 1291-1299.

DEPREE, C. (2009) Harnessing the power of sunlight and nanoparticles to combat biofouling. *Water Atmos* [Internet]. [cited 2009 May 19]; 16:18–19. Available from: <http://www.niwa.co.nz/news-and-publications/publications/all/wa/16-14/sunlight>.

DK-EPA (2008), Statutory Order No. 1215 of 10 December 2008 on Restrictions on Import, Sale and Use of Biocidal Antifouling Paint.

DOMINGUEZ, L. A., (2010) Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil.

DOOSE, C. A.; SZALENIEC, M.; BEHREND, P.; MULLER, A.; JASTORFF, B. J., (2004) *Chromatogr., A* 2004, 1052, 103.

DOS SANTOS, D.M., (2008) Compostos organoestânicos no material particulado em suspensão e sedimentos superficiais no eixo leste oeste do complexo estuarino de Paranaguá, PR. Dissertação, Universidade Federal do Paraná.

DYER, R., TOLHURST, L., HILTON, M. (2006) *Bull Environ Contam Toxicol* 77: 524. <https://doi.org/10.1007/s00128-006-1096-6>.

EKLUND, B., JOHANSSON, L., YTREBERG, E., (2014) Contamination of a boatyard for maintenance of pleasure boats *J. Soils Sediments*. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0828-6>

ERNST, W., DOE, K., JONAH, P., YOUNG, J., JULIEN, G., HENNIGAR, P., (1991) The toxicity of chlorothalonil to aquatic fauna and the impact of its operational use on a pondecosystem. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21, 1–9. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01055550>.

EU (1967), Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances. *Official Journal P* 196, 16.8.1967 p. 001–0098.

EU (1976), Council Directive 76/769/EEC of 27 July 1976 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations. Official Journal L 262, 27.9.1976 p. 201-0203.

EU (1991), Commission Directive 91/155/EEC of 5 March 1991 defining and laying down the detailed arrangements for the system of specific information relating to dangerous preparations in implementation of Article 10 of Directive 88/379/EE.

EU (1998), Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February 1998 concerning the placing of biocidal products on the market. Official Journal No. L 123, 24.4.1998 p. 0001–0063.

EU (1999), Commission Directive 1999/51/EC of 26 May 1999 adapting to technical progress for the fifth time Annex I to Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (tin, PCP and cadmium). Official Journal No. L 142, 5.6.1999 p. 22.

EU (2002), Commission Directive 2002/62/EC of 9 July 2002 adapting to technical progress for the ninth time Annex I to Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (organostannic compounds). Official Journal No. L183, 12.7.2002 p. 58.

EU (2003), Regulation (EC) No 782/2003 of the European Parliament and of the Council of 14 April 2003 on the prohibition of organotin compounds on ships. Official Journal No. L 115, 9.5.2003 p. 01–0011.

EU (2006), Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC.

EU (2008), Commission Directive 2008/91/EC of 29 September 2008 amending Council Directive 91/414/EEC to include diuron as active substance. OJ L 262, 1.10.2008, p. 31–33. <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/91/oj>.

EU (2012), Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. Official Journal of the European Union L 167/1.

EVANS, S.M., BIRCHENOUGH, A.C, BRANCATO, M.S. (2000) The TBT ban: out of the frying pan into the fire? *Mar Pollut Bull* 40:204–211.

FERNANDÉZ-ALBA, A. R., HERNANDO, M. D., PIEDRA, L., CHISTI, Y., (2002) Toxicity evaluation of single and mixed antifouling biocides measured with acute toxicity bioassays. *Anal. Chim. Acta* 456, 303–312.

FERNANDEZ, M. A., WAGENER, A. L. R; LIMAVERDE, A. M; SCOFIELD, A. L; PINHEIRO, F. M; RODRIGUES, E. F. (2005) Imposex and Surface Sediment Speciation: A Combined Approach to Evaluate Organotin Contamination in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research, EUA*, v. 59, p. 435-452.

FERNANDEZ, M. A., PINHEIRO, F. M. (2007) New approaches for monitoring the marine environment: the case of antifouling paints. *Int. J. Environment and Health*, Vol. 1, No. 3. Brasil. p 427-449.

FERRER, I.; BALLESTEROS, B.; MARCO, M. P.; BARCELO, D., (1997) *Environ. Sci. Technol.* 1997, 31, 3530.

FIFRA (2004), Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act, 7 U.S.C. s/s 136 et seq. (1996). <http://www.epa.gov/lawsregs/laws/index.html>.

FIORONI, P.; OEHLMANN, J. & STROBEN, E., (1991) The pseudohermaphroditism of prosobanchs: Morfological aspects. *Zoologischer Anzeiger*, 286:1-26.

GADD, G. M., (2000) Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization. *Current Opinion in Biotechnology*, 11(3), 271-279.

GEIGY, C., (1995) Irgarol 1051 in antifouling paints. *Tech. Inf. Bull.* 14.

GERIGK, U.; SCHNEIDER, U.; STEWEN, U., (1998) The present status of TBT copolymer antifouling paints versus TBT-free technology. *ACS Div Environ Chem* 38(1):91–94.

GITTENS, J. E., SMITH, T. J., SULEIMAN, R., & AKID, R. (2013). Current and emerging environmentally-friendly systems for fouling control in the marine environment. *Biotechnology Advances*, 31(8), 1738–1753. doi:10.1016/j.biotechadv.2013.09.002

GUARDIOLA, F.A., CUESTA, A., MESEGUER, J., ESTEBAN, M.A., (2012) Risks of using antifouling biocides in aquaculture. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 1541–1560.

HALL, L. W.; GIDDINGS, J. M.; SOLOMON, K. R.; BALCOMB, R., (1999) *Crit. Rev. Toxicol.* 1999, 29, 367.

HALL, L. W., KILLEN, W. D., ANDERSON, R. D., BALCOMB, R., GARDINALI, P., (2009) Ecological risk of Irgarol 1051 and its major metabolite in coastal California marinas and reference areas. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 702–710. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.12.019>.

HAMWIJK, C., SCHOUTEN, A., FOEKEMA, E.M., RAVENSBERG, J.C., COLLOMBON, M.T., SCHMIDT, K., KUGLER, M., (2005) Monitoring of the booster biocide dichlofluanid in water and marine sediment of Greek marinas. *Chemosphere* 60, 1316–1324.

HARINO, H., YAMAMOTO, Y., KAWAI, S., MIYAZAKI N., (2004) Distribution of organotin compounds in aquatic environment—the port of Osaka Japan. In: Shibata, K., Senda, T(eds) *Proceedings of the International Symposium on Antifouling Paint and Marine Environment (In Safe)*, pp 61–69.

HARINO, H.; LANGSTON, W. J. (2009) *Em Ecotoxicology of Antifouling Biocides*; Arai, T.; Harino, H.; Ohji, M., Langston, W. J., eds.; Springer: Tokio, cap. 23.

HELLIO C, YEBRA D. M., (2009) *Advances in marine antifouling coatings and technologies*. Cornwall, UK: CRC Press; p. 764. doi: 10.1533/9781845696313.

HERNANDO, M. D., PIEDRA, L., BELMONTE, A., AGÜERA, A., FERNANDEZ-ALBA, A. R., (2001) Determination of five antifouling agents in water by gas chromatography with positive/negative chemical ionization and tandem mass spectrometric detection. *J. Chromatogr. A* 938, 103–111.

HORIGUCHI T., KOJIMA M., HAMADA F., KAJIKAWA A., SHIRAIISHI H, MORITA M. (2006) Impact of Tributyltin and Triphenyltin on Ivory Shell (*Babylonia japonica*) Populations. *Environ. Health Persp.*114: 13-19. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8047>.

HSNO (1996), Hazardous Substances and New Organisms Act 1996. Introduction. <http://www.ermanz.govt.nz/resources/publications/pdfs/guide4-11.pdf> – 884.7 KB.

IMO (2001), International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships. AFS/CONF/26.

IMO (2002), Guidelines for Survey and Certification of Anti-fouling Systems on Ships. Resolution MEPC.102(48).

IMO (2003a), Guidelines for Brief Sampling of Anti-fouling Systems on Ships. Resolution MEPC.104(49).

IMO (2003b), Guidelines for Inspection of Anti-fouling Systems on Ships. Resolution MEPC.105(49).

IMO (2007), Update on the Anti-Fouling Systems Convention, Notes by the Secretariat. MEPC 57/12. 15 October 2007.

IMO (2005), Antifouling Systems, International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, International Maritime Organization: London.

IMO (2017), Consideration of an initial proposal to amend annex 1 to the AFS Convention to include controls of Cybutrine, PPR 5/INF.9 30 November 2017.

JACOBSON, A.H., WILLINGHAM, G.L., (2000) Sea-nine antifoulant: an environmentally acceptable alternative to organotin antifoulants. *Sci. Total Environ.* 258, 103–110.

JENNER, M. G. (1979) Pseudohermaphroditism in *Ilyanassa obsoleta* (Mollusca: Neogastropoda). *Science*, 205, 1407 – 1409.

JOHNSON, A., CAREW, E., SLOMAN, K.A., (2007) The effects of copper on the morphological and functional development of zebrafish embryos. *Aquat. Toxicol.*84: 431-438.

JONES, B., BOLAM, T., (2007) Copper speciation survey from UK marinas, harbours and estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1127–1138.

JPMA (2007) Japan Paint Manufacturers' Association 2007. <http://www.toryo.or.jp/eng/imo-e/imo-eng.html>.

KARLSSON, J., BREITHOLZ, M., EKLUND, B., (2006) A practical ranking system to compare toxicity of anti-fouling paints. *Mar. Pollut. Bull.* 52, 1661–1667. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.06.007>.

KAVANAGH, C. J., QUINN, R. D., SWAIN, G.W. (2005) Observations of barnacle detachment from silicones using high-speed video. *J Adhesion* 81:843–868.

KEY, P. B., CHUNG, K.W., HOGHET, J., SAPOZHNIKOVA, Y., FULTON, M. H., (2008) Effects of the anti-fouling herbicide Irgarol 1051 on two life stages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *J. Environ. Sci. Health B* 43, 50–55. <http://dx.doi.org/10.1080/03601230701734865>.

KIM, J., CHISHOLM, B. J., BAHR, J. (2007) Adhesion study of silicone coatings: the interaction of thickness, modulus and shear rate on adhesion force. *Biofouling* 23:113–120.

KOBAYASHI, N., OKAMURA, H., (2002) Effects of new antifouling compounds on the development of sea urchin. *Marine Pollution Bulletin*, 44:8, 748-75.

KOUTSAFTIS, A., AOYAMA, I., (2007) *Sci. Total Environ.* 2007, 387, 166.

LEON, M. L., WARNKEN, J., (2008) Cooper and Sewage inputs from recreational vessels at popular anchor sites in a semi-enclosed bay (Qld, Australia): estimates of potential annual loads. *Marine Pollution Bulletin* 57, 838-845.

LEE, S., CHUNG, J., WON, H., LEE, D., LEE, Y. W., (2011) Analysis of antifouling agents after regulation of tributyltin compounds in Korea. *Journal of Hazardous Materials*, n. 185, p. 1318-1325.

LEWIS, J. A., (1998) Marine biofouling and its prevention on underwater surfaces. *Mater. Forum* 22, 41–61.

LIU, D., PACEPAVICIOUS, G. J., MAGUIRE, R. J., LAU, Y. L., OKAMURA, H., AOYAMA, I., (1999) Survey for the occurrence of the new antifouling compound Irgarol 1051 in the aquatic environment. *Water Res.* 33, 2833–2843.

LORENZO, J. I., NIETO, O., BEIRAS, R., (2006) Anodic stripping voltammetry measures copper bioavailability for sea urchin larvae in the presence of fulvic acids. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25: (1): 36–44.

LORET, J., ZARAGOZA, N., CABALLERO, D., RIERA, V., (2008) Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management* 51, 749-754.

MA, J., XU, L., WANG, S., ZHENG, R., JIN, S., HUANG, S., HUANG, Y., (2002) Toxicity of 40 herbicides to the green alga *Chlorella vulgaris*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 51, 128–132. <http://dx.doi.org/10.1006/eesa.2001.2113>.

MANZO, S., BUONO, S., CREMISINI, C., (2006) Toxic effects of irgarol and diuron on sea urchin *Paracentrotus lividus* early development, fertilization, and offspring quality. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 51, 61–68.

MARTINEZ, K., FERRER, I., HERNANDO, M. D., FERNANDEZ-ALBA, A. R., MARCE, R. M., BORRULL, F. & BARCELO, D., (2001) Occurrence of antifouling biocides in the Spanish Mediterranean marine environment. *Environmental Technology*, 22, 543.

MARTINI, R., SERRANO, L., BARBOSA, S. (2014) *Cellulose*, 21: 1909. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0219-1>.

MARTINS, S. E., FILLMANN, G., LILICRAP, A., THOMAS, K.V., (2017) Review: ecotoxicity of organic and organo-metallic antifouling co-biocides and implications for environmental hazard and risk assessments in aquatic ecosystems, *Biofouling*, 34:1, 34-52, DOI: 10.1080/08927014.2017.1404036.

MATTHIESSEN, P., GIBBS, P. E., (1998) Critical appraisal of the evidence for tributyltin-mediated endocrine disruption in molluscs. *Environ Toxicol Chem* 17: 37–43.

MAYER, F. L., (1987) *Acute toxicity handbook of chemicals to estuarine organisms*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental Research Laboratory.

MEISTER, R.T., (1994) *Farm Chemicals Handbook '94*. Meister Publishing Company. Willoughby, OH.

MURAI, R., SUGIMOTO A., TANABE S., TAKEUCHI, I. (2008) Biomagnification profiles of tributyltin (TBT) and triphenyltin (TPT) in Japanese coastal food webs elucidated

by stable nitrogen isotope ratios. *Chemosphere*. 2008 Dec;73(11):1749-56. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.09.004. Epub 2008 Oct 23.

NAKANISHI, T., (2008) Endocrine disruption induced by organotin compounds; organotins function as a powerful agonist for nuclear receptors rather than an aromatase inhibitor. *J. Toxicol. Sci.* 33:269-276. <http://dx.doi.org/10.2131/jts.33.269>.

NORMAM/ 23 (2007) Normas da Autoridade Marítima para o Controle de Sistemas Antiincrustantes Danosos em Embarcações - NORMAM/23. Rio de Janeiro, Marinha do Brasil.

NORTH SEA CONFERENCE (2006) Declaration. North Sea Ministerial Meeting on the environmental impact of shipping and fisheries, Sweden 4 and 5 May, 2006. The Göteborg Declaration 2006 p. 14.

OKAMURA, H., MIENO, H., (2006) Present status of antifouling systems in Japan: tributyltin substitutes in Japan Antifouling Paint Biocides. In: *The Environmental Book of Chemistry*, Vol. 5, Springer, Berlin, Heidelberg, 5:201-212.

OKAMURA, H.; KITANO, S.; TOYOTA, S.; HARINO, H.; THOMAS, K. V., (2009) *Chemosphere*, 74, 1275

OLIVEIRA, D. D., (2019) O CONAMA e os poluentes emergentes: um estudo de caso sobre a resolução 357 e os antiincrustantes marinhos. Tese de doutorado da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, I. B., BEIRAS, R., THOMAS, K. V., SUTER, M. J. F., & BARROSO, C. M. (2014). Acute toxicity of tralopyril, capsaicin and triphenylborane pyridine to marine invertebrates. *Ecotoxicology*, 23(7), 1336–1344. doi:10.1007/s10646-014-1276-9.

PARKS, R., DONNIER-MARECHAL, M., FRICKERS, P.E., TURNER, A., READMAN, J.W., (2010) Antifouling biocides in discarded marine paint particles. *Mar. Pollut. Bull.*, 60 (2010), pp. 1226-1230. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.03.022>.

PAZ VILLARAGA, C. A., CASTRO, I. B., MILOSVAVICH, P., FILLMANN, G., (2015) Venezuelan Caribbean Sea under the threat of TBT. *Chemosphere* 119, 704e710. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.07.068>.

PCPA (2002), Pest Control Products Act (2002, c. 28) [http://laws.justice.gc.ca/en/P9.01/section-\[section-no\].html](http://laws.justice.gc.ca/en/P9.01/section-[section-no].html).

PEREIRA, R., DA SILVA COSTA, E., SUDATTI, D., DA GAMA, B., (2017) Inducible defenses against herbivory and fouling in seaweeds. *Journal of Sea Research* v.122 p. 25-33, 2017/03/06 DOI: 10.1016/j.seares.2017.03.002.

PESSOA, I. A., (2012) Impossex e a poluição por compostos organoselênicos na costa brasileira. Relatório Final da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

PIOLA, R. F., DAFFORN, K. A. and JOHNSTON, E. L. (2009) 'The influence of antifouling practices on marine invasions', *Biofouling*, 25:7, 633 — 644 To link to this Article: DOI: 10.1080/08927010903063065 URL: <http://dx.doi.org/10.1080/08927010903063065>.

PIOLA, R. F.; JOHNSTON, E. L. (2009) Differential resistance to extended copper exposure in four introduced bryozoans. *Marine Ecology Progress Series*, v. 311, p.103-114, abr.

PO (1991), Pesticides Ordinance Cap.131. 1991. http://www.afcd.gov.hk/english/quarantine/qua_pesticide/qua_pes_pes/qua_pes_pes_prc.html

RANKE, J. & JASTORFF, B. (2000) Multidimensional risk analysis of antifouling biocides. *Environmental science and pollution research international*. 7. 105-14. 10.1065/espr199910.003.

RASCIO, V. J. D., (2000) Antifouling Coatings: where do we go from here. *Corrosion Reviews*, v. 18, n. 2-3, p.133-154, jun.

REICHEL-TBRUSHETT, A. J. & HARRISON, P. L., (2000) The effect of copper on the settlement success of larvae from the scleractinian coral *Acropora tenuis*. *Mar. Pollut. Bull.* 41: 385-391.

ROSENHAHN, A., SCHILP, S., KREUZER, H. J., GRUNZE, M. (2010) The role of “inert” surface chemistry in marine biofouling prevention, *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 12 (2010) 4275-4286.

SAKKAS, V. A., KONSTANTINOPOULOU, I. K., ALBANIS, T. A., (2001) Photodegradation study of the antifouling booster biocide dichlofluanid in aqueous media by gas chromatographic techniques. *J. Chromatogr. A* 930, 135–144.

SAKKAS, V. A., KONSTANTINOY, I. K., LAMBROPOULOU, D. A., ALBANIS, T. A., (2002a). Survey for the occurrence of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment of Greece. *Environ Sci Pollut Res* 9:327–332.

SAKKAS, V. A., KONSTANTINOY, I. K., ALBANIS, T. A., (2006) Photochemical fate of organic booster biocides in the aquatic environment. In: Konstantinou IK (ed), *Antifouling paint biocides*, *Hdb Env Chem* 5(0): 171–200.

SANDERS, B. M., JENKINS, K. D, SUNDA, W. G, COSTLOW, J. D., (1983) Free cupric ion activity in seawater: effects on metallothionein and growth in crab larvae. *Science*, 222, 53.

SARRADIN, P. M.; ASTRUC, A.; SABRIER, R. & ASTRUC, M., (1994) Survey of butyltin compounds in Arcachon Bay sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 28:621-628.

SAPHIER, A. D. & HOFFMANN, T.C., (2005) Forecasting models to quantify three anthropogenic stresses on coral reefs from marine recreation: Anchor damage, diver contact and copper emission from antifouling paint. *Mar. Pollut. Bull.* 51: 590-598. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.02.033>.

SAYER, C. D., HOARE, D. J., SIMPSON, G. L., HENDERSON, A. C. G., LIPROT, E. R., JACKSON, M. J., APPLEBY, P. G., BOYLE, J. F., JONES, J. I. & WALDOCK, M. J., (2006) TBT causes regime shift in shallow lakes. *Environ. Sci. Technol.* 40 (17), 5269–5275.

SCARLETT, A., DONKIN, P., FILEMAN, T. W., MORRIS, R. J., (1999) Occurrence of the antifouling herbicide, Irgarol 1051, within coastal water seagrasses from Queensland, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 38 (8), 687-691.

SCHIFF, K., BROWN, J., DIEHL, D. and GREENSTEIN, D. (2007), 'Extent and magnitude of copper contamination in marinas of the San Diego region, California, USA', *Mar Pollut Bull*, 54, 322–328.

SCHULTZ, M. P. (2007) Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling* 23:331–341.

SHI, H. H., HUANG, C.J., ZHU, X. S., YU, X. J. and XIE, W.Y. (2005) Generalized system of imposex and reproductive failure in female gastropods of coastal waters of mainland China. *Marine Ecology Progress Series*, 304, 179–189.

SKOFITSCH, G., DONNERER, J., LEMBECK, F. (1984) Comparison of nonivamide and capsaicin with regard to their pharmacokinetics and effects on sensory neurons. *Arzneimittelforschung*. 1984;34(2):154-6. [PubMed:6202305].

SINGH, N., TURNER, A., (2009). Trace metals in antifouling paint particles and their heterogeneous contamination of coastal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 58(4), 559–564. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.11.014.

SRINIVASAN, M., SWAIN, G.W. (2007) Managing the use of copper-based antifouling paints. *Environ Manag* 39:423–441.

SOROLDONI, S., ABREU, F., CASTRO, I. B., DUARTE, F.A., PINHO, G. L. L., (2017) Are antifouling paint particles a continuous source of toxic chemicals to the marine environment? *J. Hazard Mater.*, 330, pp. 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.02.001>.

SOROLDONI, S., CASTRO, I. B., ABREU, F., DUARTE, F.A., CHOUERI, R. B., MOLLER, O.O., FILLMANN, G., PINHO, G. L. L., (2018) Antifouling paint particles: sources, occurrence, composition and dynamics. *Water Res.*, 137, pp. 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.064>.

SOUZA, A. C. A., PASTORINHO, TAKAHASHI, S., TANABE, S., (2014) History on organotin compounds from snails to humans. *Environmental Chemistry letters*. V12, N1, p 117-137, 11 dez.

STROBEN, E., SCHULTE-OEHLMANN, U., FIORONI, P. and OEHLMANN, J. (1995) ‘A comparative method for easy assessment of coastal TBT pollution by the degree of imposex in Prosobranch species’, *Haliotis*, Vol. 24, pp.1–12.

SWAIN, G., (1998) Biofouling Control: a critical component of drag reduction. *Proceedings of the International Symposium on Seawater Drag Reduction*. Newport (RI). p. 155–161.

TAKAHASHI, C. K., TURNER, A., MILLWARD, G. E., & GLEGG, G. A. (2012) Persistence and metallic composition of paint particles in sediments from a tidal inlet. *Marine Pollution Bulletin*, 64(1), 133–137. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.10.010.

THE AGROCHEMICALS HANDBOOK, (1994) Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Systems, Unwin Brothers Ltd., Surrey, England.

THOMAS, K. V., (1998) Determination of selected antifouling booster biocides by high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 825, 29.

THOMAS, K. V., (2001) The environmental fate and behaviour of antifouling paint booster biocides: a review. *Biofouling* 17, 73–86. <http://dx.doi.org/10.1080/08927010109378466>.

THOMAS, K. V.; MCHUGH, M.; WALDOCK, M. (2002) *Sci. Total Environ.* 2002,293, 117.

THOMAS, K. V., MCHUGH, M., HILTON, M., WALDOCK, M., (2003) Increased persistence of antifouling paint biocides when associated with paint particles. *Environ. Pollut.*123, 153e161. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00343-3).

THOMAS, K., (2009) The use of broad-spectrum organic biocides in marine antifouling paints. In: Hellio, C., Yebra, D. (Eds.), *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 522–553.

THOMAS, K. V.; LANGFORD, K. H. (2009) *Em Ecotoxicology of Antifouling Biocides*; Arai, T.; Harino, H.; Ohji, M., Langston, W. J., eds.; Springer: Tokio, cap. 19.

THOMAS, K. V., BROOKS, S., (2010) The environmental fate and effects of antifouling paint biocides. *Biofouling J. Bioadhesion Biofilm Res.* 26, 73–88.

THOMAS, K. C., ETHIRAJAN, M., SHAHROKH, K., SUN, H., LEE, J., CHEATHAM, T. E., YOST, G. S., REILLY, C. A., (2011) Structure-activity relationship of capsaicin analogs and transient receptor potential vanilloid 1-mediated human lung epithelial cell toxicity. *J Pharmacol Exp Ther.* 2011 May;337(2):400-10. doi: 10.1124/jpet.110.178491. Epub 2011 Feb 22. [PubMed:21343315].

TOMLIN, C. D., (2009) *The pesticide manual: A world compendium*. British Crop Production Council.

TOSTE, R., FERNANDEZ, M. A., DE PESSOA, I., PARAHIBA, M. A., & DORE, M. P., (2011) Organotin pollution at Arraial do Cabo, Rio de Janeiro State, Brazil: increasing levels after the TBT ban. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59, 111–117.

TOTH, S., BECKER VAN SLOOTEN, K., SPACK, L., DE ALENCASTRO, L. F., TARRADELLAS, J., (1996) Irgarol 1051, an antifouling compound in freshwater sediment and biota of Lake Geneva. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57, 426–433.

TURNER, A., (2013). Metal contamination of soils, sediments and dusts in the vicinity of marine leisure boat maintenance facilities. *Journal of Soils and Sediments*, 13(6), 1052–1056. doi:10.1007/s11368-013-0686-2.

TURNER, A. & GLEGG, G., (2014) TBT-Based antifouling paints remain on sale. *Marine Pollution Bulletin*, 88, p. 398-400.

U.S. (1993) Department of Health and Human Services. Hazardous Substance Data Base. HHS. Washington, DC. (United States).

USEPA, (2000) Technical basis for the derivation of equilibrium partitioning sediment guidelines (ESGs) for the protection of benthic organisms: nonionic organics. ASci Corp., Newport, OR (United States).

USEPA, (1993) Guidance manual: Bedded sediment bioaccumulation tests. ASci Corp., Newport, OR (United States).

USEPA (1985) Ambient water quality criteria for copper. Office of Water Regulations and Standards, Criteria and Standards Division. Washington, DC, EPA 440/5-84-031.

VALKIRS, A. O., SELIGMAN, P. F., HASLBECK, E., CASO, J. S. (2003) Measurement of copper release rates from antifouling paint under laboratory and in situ conditions: implications for loading estimation to marine water bodies. *Mar Pollut Bull* 46:763–779.

VAN SPRANG P., (2004). Environmental risk assessment Cu, CuO, Cu₂O, CuSO₄, and Cu₂Cl(OH)₃. Effects assessment to the aquatic compartment. Report. Euras, Belgium.

VAN WEZEL, A. P.; VAN VLAARDINGEN, P. (2004) Environmental risk limits for antifouling substances. *Aquatic toxicology* (Amsterdam, Netherlands). 66. 427-44. 10.1016/j.aquatox.2003.11.003.

VOULVOULIS, N., SCRIMSHAW, M. D., LESTER, J. N., (1999) *Chemosphere* 1999, 38, 3503.

VOULVOULIS, N., SCRIMSHAW, M. D., LESTER, J. N., (2000) Occurrence of four biocides utilized in antifouling paints, as alternatives to organotin compounds, in waters and sediments of a commercial estuary in the UK. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 938–946.

WALSHAR, O. H. J., (1997) The toxicity of leather tannery effluent to a population of the blue mussel *Mytilus edulis*. *Ecotoxicology*, 6.

WANG, C. Y., CHEN, A. N., SHAO, C. L., LI, L., XU, Y., QIAN, P. Y., (2011) Chemical constituents of soft coral *Sarcophyton infundibuliforme* from the South China Sea. *Biochem Syst Ecol.*, 39, 853–856.

WILLEMSSEN, P. R., OVERBEKE, K., SUURMOND, A., (1998) Repetitive testing of TBTO, Sea-Nine 211 and farnesol using *Balanus Amphitrite* (Darwin) cypris larvae: variability in larval sensitivity. *Biofouling* 12:133–147.

XU, X., WANG, X., LI, Y., WANG, Y., WANG, Y., (2011) Acute toxicity and synergism of binary mixtures of antifouling biocides with heavy metals to embryos of sea urchin *Glyptocidaris crenularis*. *Hum. Exp. Toxicol.* 30, 1009–1021. <http://dx.doi.org/10.1177/0960327110385958>.

YAMADA, H., (2006) Toxicity and preliminary risk assessment of alternative antifouling biocides to aquatic organisms. *Antifouling Paint Biocides*. Springer, pp. 213–226.

YEBRA, D. M.; KILL, S.; DAM-JOHANSEN, K. (2004) Antifouling technology: past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings*, v. 50, n. 2, p. 75-104, jul. 2004.

ZAMUNDA, C. D., SUNDA, W. G., (1982) Bioavailability of dissolved copper to the American oyster *Crassostrea virginica*. I. Importance of chemical speciation. *Mar Biol*, 66: 77–82.

ZHOU, X., OKAMURA, H., NAGATA, S., (2006) Remarkable Synergistic Effects in Antifouling Chemicals against *Vibrio fischeri* in a Bioluminescent Assay. *Journal of Health Science*, 52(3) 243–251. DOI: 10.1248/jhs.52.243.