

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

RONAN MICHELS

**PROJETO CONCEITUAL DE UM RESERVATÓRIO PARA AVALIAÇÃO DOS
FENÔMENOS DA BIOINCRUSTAÇÃO EM ESTRUTURAS NAVAIS**

Joinville

2014

RONAN MICHELS

**PROJETO CONCEITUAL DE UM RESERVATÓRIO PARA AVALIAÇÃO DOS
FENÔMENOS DA BIOINCRUSTAÇÃO EM ESTRUTURAS NAVAIS**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Naval.

Orientadora: Viviane Lilian Soethe

Joinville

2014

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

Michels, Ronan

Projeto conceitual de um reservatório para avaliação dos fenômenos da bioincrustação em estruturas navais / Ronan Michels ; orientadora, Viviane Lilian Soethe - Florianópolis, SC, 2014.

77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville. Graduação em Engenharia Naval.

Inclui referências

1. Engenharia Naval. 2. Bioincrustação. 3. Reservatório. I. Soethe, Viviane Lilian. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Naval. III. Título.

RONAN MICHELS

**PROJETO CONCEITUAL DE UM RESERVATÓRIO PARA AVALIAÇÃO DOS
FENÔMENOS DA BIOINCRUSTAÇÃO EM ESTRUTURAS NAVAIS**

Esse Trabalho de Graduação foi julgado adequado para a obtenção do título de “Engenheiro Naval”, e aprovado em sua forma final pela Comissão examinadora e pelo Curso de Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville, 14 de julho de 2014.

Prof. Eng. Lucas Weihmann, Dr.
Coordenador do Curso

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Viviane Lilian Soethe, Dr.
Orientadora

Prof. Gabriel Benedet Dutra, Dr.

Prof. Rafael Gallina Delatorre, Dr.

Aos meus avôs (in memoriam), pelas palavras sábias de incentivo que deixaram, as quais me motivaram a completar mais uma importante etapa da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, porque uma pessoa sem fé é uma pessoa sem esperanças.

Ao meu pai, Emir, e minha mãe, Jovita, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim durante minha vida pessoal e acadêmica. Devo a eles toda a educação para a formação do meu caráter.

À minha orientadora, Viviane Lilian Soethe, que me acolheu e confiou na minha capacidade. Seus incentivos e contribuições foram fundamentais para a realização deste trabalho. A alegria como docente motiva seus alunos e nos enche de orgulho por ter uma educadora como esta no CEM.

Às minhas irmãs, Mayara e Michele, pelo companheirismo nos anos de convivência diária e dos outros tantos de contato à distância.

Aos meus amigos, Elpidio Faleiros e Guilherme Becker, que foram como irmãos, presentes nos momentos tristes e alegres desta caminhada longe de casa.

À melhor amiga, Mariáh Monique Hames, mesmo sendo inevitável o afastamento devido aos rumos diferentes, sempre esteve presente quando mais precisei.

A todos da primeira turma do CEM, que me acompanharam até o final do curso. Nos unimos para superar os momentos difíceis e os desafios da faculdade.

À família Bagual FC, time que teve grande importância nos momentos de lazer. Valeu todo o esforço para que tudo desse certo e sejamos vencedores.

Aos acadêmicos, Fernanda Hille e João Alexandre Garcia, pelas horas dedicadas a contribuição com este estudo, muitas vezes abrindo mão de seus compromissos.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma ajudaram, agradeço por acreditarem no meu potencial, nas minhas ideias, principalmente quando nem eu mais acreditava.

"Eu não falhei nenhuma vez. Eu descobri centenas de maneiras que não funcionam. Eliminando as maneiras que não funcionam, eu me aproximo de conhecer as que *funcionam*. "

(Thomas Edison)

RESUMO

Bioincrustação é um termo associado aos seres que se estabelecem em superfícies artificiais, uma vez que toda estrutura artificial submersa em água sofre acumulação de material biológico. O crescimento de microrganismos é conhecido por promover mudanças superficiais em estruturas expostas a ambientes agressivos, tendo impacto negativo em várias atividades do setor naval. Danos em equipamentos, aumento no consumo de combustível e problemas ambientais são alguns dos transtornos relacionados ao fenômeno da bioincrustação. Frente aos problemas decorrentes deste processo na área naval, verifica-se uma grande necessidade da compreensão dos processos de bioincrustação para a minimização deste impacto nas embarcações. Desta forma, o desenvolvimento de equipamentos que sejam capazes de simular o ambiente marinho e possibilitar o entendimento dos mecanismos que regem este fenômeno é incontestável. A aplicação de tintas anti-incrustantes é a principal ferramenta para a minimização deste fenômeno. Além disso, procedimentos de docagens devem ser realizados com mais frequência para a completa remoção da bioincrustação e para o tratamento do casco. Considerando o exposto, no presente trabalho objetivou-se avaliar os principais parâmetros que devem ser observados para a elaboração de um ambiente de laboratório similar ao natural no qual os processos de bioincrustação ocorrem. Neste sentido, uma extensa pesquisa bibliográfica e uma entrevista com profissionais da área naval possibilitou verificar quais os equipamentos/aparatos se fazem necessários em um reservatório de testes para iniciar os estudos do processo de bioincrustação em laboratório com um maior controle dos parâmetros relevantes na simulação do ambiente marinho. Além disso, fez-se uma proposição dos principais parâmetros a serem considerados no projeto do reservatório e elaborou-se em programa computacional (SolidWorks®) um esquema no qual é possível verificar as diferentes partes do equipamento e a distribuição dos mesmos no aparato projetado para caracterização dos processos de bioincrustação em estruturas navais.

Palavras-chaves: Bioincrustação. Reservatório. Ambiente marinho.

ABSTRACT

Biofouling or biological fouling is associated with the accumulation of microorganisms in wetted artificial surfaces. These growths result in changes in the surface of structures exposed to several environments, having negative impact on several areas of the naval sector. Damage of equipments and malfunction, increase in friction resulting in hydrodynamics issues, increase in fuel consumption and environmental hazard are some of the problems related to biofouling. Due to these problems, it is of great importance the study and complete understanding of the processes related to biofouling to better prevent it and minimize its effects on the naval field. Therefore the need of creating an equipment that simulates a marine environment is undoubted, also it contributes to a better understanding of the variables associated to the phenomena. Currently the main tool to prevent most of the development of biological growths is the antifouling coating. Furthermore, dockage procedures must be done regularly for hull maintenance and cleaning, removing any growth from the ship surface. Based on the presented problem, this study proposes an analysis of the more important parameters to be considered when building an artificial environment that simulates real conditions in which these biological foulings will occur. To this effect, extended research and interview with professionals related to the field were vital to verify the equipment needed in the artificial reservoir, therefore allowing study of the biofouling process in lab with better control of the parameters relevant to a complete simulation of given environment. Besides, a proposition of the parameters to be considered in the laboratory project was elaborated, and also a CAD model, which exposures the disposal and the different parts of the apparatus designed to characterize the biological fouling processes in naval structures.

Keywords: Biofouling. Reservoir. Marine environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquematização da sequência do estabelecimento da bioincrustação em função do tempo.....	17
Figura 2 – Ilustração dos processos envolvidos na formação e crescimento de biofilmes	18
Figura 3 – Ilustração evidenciando as regiões do Planeta Terra com maiores crescimentos de bioincrustação.....	20
Figura 4 – Foto ilustrativa de balanídeos, comumente conhecidos por cracas.	20
Figura 5 - Bioincrustação na entrada da caixa de mar de um navio. Antes (A) e depois (B) do processo de limpeza e pintura.....	25
Figura 6 - Foto de embarcações docadas para realização de serviços de manutenção.	25
Figura 7 - A) Imagem dos micronódulos presentes na flor de lótus. B) Esquematização da característica hidrofóbica da flor de lótus	29
Figura 8- Foto de um equipamento do tipo Skimmer para tanques com capacidade para até 700L	38
Figura 9 – Foto ilustrativa de um Chiller resfriador BOYU	39
Figura 10 – Foto ilustrativa de um aquecedor com termostato	40
Figura 11 - Foto ilustrativa de um sump utilizado em um aquário doméstico	41
Figura 12 - A) Ilustração da ligação entre o tanque e sump. B) Esquematização das etapas de funcionamento de um sump.....	42
Figura 13 – Foto ilustrativa de uma bomba de recalque interna	43
Figura 14 – Foto ilustrativa de um modelo de bomba de circulação/wave maker	44
Figura 15 - Representação da escala de espectro da radiação eletromagnética	45
Figura 16 - Foto ilustrativa de lâmpadas t5 80W.	46
Figura 17 – Foto ilustrativa de um temporizador digital	46
Figura 18 - Foto do gerador de ondas do LabOceano.....	47
Figura 19 - Ilustração de um gerador de ondas do tipo plunger.....	48
Figura 20 - Foto ilustrativa de um sistema de ventilação.....	49
Figura 21 – Foto ilustrativa de um termômetro digital com sensor submersível	50
Figura 22 – Foto ilustrativa de um refratômetro analógico de salinidade.....	51
Figura 23 - Escala de salinidade do refratômetro analógico.	51
Figura 24 - Representação da escala de pH.....	52
Figura 25- Foto ilustrativa de um pHmetro de bancada.....	53
Figura 26 - Vista geral do reservatório 1.....	57

Figura 27 - Vista geral do reservatório 2.....	58
Figura 28 - Vista do sump e os equipamentos nele presentes.	59
Figura 29 - Bancadas de controle e tubulações	59
Figura 30 - Vista da iluminação, ventoinhas e termômetros.....	60
Figura 31 - Batedor de ondas do tipo plunger.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista com as principais espécies encontradas no processo de bioincrustações.....	21
Tabela 2 – Tabela da proporção entre as espécies marinhas conhecidas e aquelas encontradas contribuindo para o processo de bioincrustação.....	22
Tabela 3 – Tabela dos efeitos dos biofilmes em alguns processos.....	24
Tabela 4 – Descrição das características do sistema SPC.....	27
Tabela 5 - Tabela apresentando os principais fatores que afetam à adesão de microorganismos.....	30
Tabela 6 - Estimativa da espessura de vidro de acordo com dimensões comprimento e altura.	37
Tabela 7 - Salinidade em oceano e mares	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

apud	Citado por, conforme ou segundo.
CEM	Centro das Engenharias da Mobilidade
COPPE Engenharia	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de
LabOceano	Laboratório de Tecnologia Oceânica
MEPC Meio Ambiente	Marine Environment Protection Committee - Comitê de Proteção ao
PPT	Parts Per Thousand - Partes por mil.
SPC	Self Polishing Copolymer – copolímero de auto polimento
SPE	Substâncias Poliméricas Extracelulares
TBT	Tributil estanho
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USB	Universal Serial Bus – série de barramento universal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	BIOINCRUSTAÇÃO.....	16
2.1.1	Definição	16
2.1.2	Processo de fixação e desenvolvimento do biofilme.....	16
2.1.3	Tipos de microrganismos.....	19
2.2	BIOINCRUSTAÇÃO NA ÁREA NAVAL.....	23
2.3	TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MINIMIZAÇÃO DA BIOINCRUSTAÇÃO	26
2.3.1	Tintas comerciais com características anti-incrustante empregadas no setor naval.....	28
2.4	CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE BIOINCRUSTAÇÃO	29
2.4.1	Principais fatores que influenciam na adesão de microrganismos	29
2.4.2	Importância de estudos de Campo.....	31
2.4.3	Velocidade Correntes Marítimas Superficiais.....	31
3	METODOLOGIA	32
3.1	ENTREVISTA DIRECIONADA.....	32
3.1.1	Questionário.....	32
3.1.2	Entrevistados	33
3.2	SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	33
3.3	PROJETO DO RESERVATÓRIO EM SOFTWARE	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	ANÁLISE DAS ENTREVISTAS	35
4.2	EQUIPAMENTOS E COMPONENTES DO RESERVATÓRIO.....	36
4.2.1	Material do reservatório	36
4.2.2	Obtenção da água.....	37
4.2.3	Skimmer	37
4.2.4	Resfriadores (Chillers)	38
4.2.5	Aquecedor com termostato	39
4.2.6	Sump	40

4.2.7	Bomba de recalque.....	42
4.2.8	Bombas de circulação interna (wave makers).....	43
4.2.9	Iluminação com diferentes comprimentos de onda	44
4.2.10	Temporizador.....	46
4.2.11	Batedor de ondas.....	47
4.2.12	Simulação de vento.....	49
4.2.13	Termômetro	50
4.2.14	Refratômetro	50
4.2.15	PHmetro	52
4.3	PROPOSIÇÃO DOS PRÉ-REQUISITOS PARA CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA BIOINCRUSTAÇÃO	53
4.3.1	Salinidade.....	54
4.3.2	pH e oxigênio dissolvido	55
4.3.3	Velocidade do escoamento	55
4.3.4	Temperatura e iluminação	56
4.4	PROJETO EM SOLIDWORKS DO RESERVATÓRIO.....	56
5	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
5.1	CONCLUSÃO	62
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO A PROFISSIONAIS DO SEGMENTO NAVAL SOBRE A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO REALIZADO.....	69
	ANEXO 1 – BOLETINS TÉCNICOS.....	72

1 INTRODUÇÃO

O crescimento de microrganismos é conhecido por promover mudanças superficiais em estruturas expostas aos ambientes agressivos, que tem impacto negativo em várias atividades do setor naval. Danos em equipamentos devido a biocorrosão, aumento do peso e diminuição da fluabilidade, perdas energéticas relacionadas com o aumento do atrito e acréscimo da resistência são alguns dos efeitos, os quais representam danos significativos (GENTIL, 1996). Métodos de raspagem são utilizados e agravam tais problemas pela resistência acrescida, juntamente com a limpeza, que exige doses de desinfetantes prejudiciais ao meio ambiente. O acúmulo de bioincrustantes nos cascos das embarcações aumenta a resistência ao atrito entre a superfície e a água, requerendo um maior gasto energético para vencer essa barreira. Além disso, as plataformas de exploração de petróleo, tubulações marítimas e cabos submarinhos são fortemente prejudicados com este processo. (CHARACKLIS, 2009; WHOI, 1952). O tema apresenta-se relevante à nível mundial em diversos setores e o entendimento dos mecanismos que regem o processo de bioincrustação é fundamental para o desenvolvimento de soluções realmente eficientes para este problema.

Verifica-se uma grande dificuldade na avaliação dos processos de bioincrustação o que leva à necessidade do desenvolvimento de infraestrutura que seja capaz de simular o ambiente marinho e possibilitar o entendimento dos mecanismos que regem este fenômeno em laboratório. Neste sentido, o presente trabalho apresenta um estudo da ação da bioincrustação em estruturas navais com uma avaliação dos principais componentes necessários à construção de um ambiente que possa ser empregado para um estudo mais detalhado dos processos que regem o fenômeno em estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

O entendimento e compreensão dos mecanismos que regem o processo de bioincrustação é de fundamental importância para a minimização deste problema em embarcações, tubulações, dutos e plataformas, por exemplo. Estudos mostram que a bioincrustação modifica a superfície dos cascos de navios, ampliando o arrasto hidrodinâmico, podendo aumentar em até 50% o consumo de combustível. (WHOI, 1952) Custos sobressalentes estão envolvidos com a manutenção das embarcações, desde o tempo e preço elevados para o atracamento nos portos para limpeza até a remoção e repintura dos

cascos. Estima-se que os prejuízos anuais com a bioincrustação sejam na ordem de sete bilhões de dólares, incluindo gastos com a prevenção, manutenção e consumo de combustível (ACT, 2003; SOUZA; PASSOS; BOEHS, 2007; COUTINHO, 2009). A bioincrustação aumenta o peso e reduz a fluabilidade de estruturas navais, é responsável pelo entupimento de tubulações, promove a corrosão de estruturas como plataformas de petróleo, torna cabos submarinhos quebradiços. Além das avarias causadas aos materiais, as embarcações transportam estes microrganismos causando danos irreversíveis ao ambiente marinho (WHOI, 1952; GOMES, 2004).

A aplicação de tintas tem sido realizada para combater a bioincrustação, no entanto estas tintas apresentam comportamento biocida que promovem a liberação de substâncias tóxicas, provocando alterações na fauna e flora do local. O tributil estanho (TBT) foi utilizado por longo período como base antibioincrustante nas tintas, que formam uma película ao redor do casco impedindo a fixação de microrganismos. Em função da agressividade ao ambiente marinho, o Comitê de Proteção do Ambiente Marinho (MEPC) tornou-o proibido desde 2006. Além disso, a quantidade elevada de micro-organismos diferenciados praticamente impossibilita o desenvolvimento de um material que seja eficiente em todo o ambiente ao qual o material será exposto (BORGES, 1997; DOBSON, CABRIDENC 1990).

Neste contexto, com o presente trabalho de conclusão de curso, busca-se realizar um levantamento dos parâmetros e equipamentos necessários a um reservatório que seja capaz de simular os fenômenos de bioincrustação em estruturas navais. Este estudo busca também auxiliar o desenvolvimento desta área de pesquisa no Centro de Engenharias da Mobilidade (CEM) da UFSC/Joinville, que teve suas atividades recentemente iniciadas no seguimento da indústria naval, contribuindo para a elaboração da infraestrutura específica para este tipo de estudo no Centro. De modo geral, deseja-se iniciar o estudo do desenvolvimento de uma metodologia simples capaz de ser empregada em centros universitários/laboratórios contribuindo para soluções na indústria naval no país. Com isso, ampliar os conhecimentos dos problemas que permeiam a indústria naval e propor soluções para tais problemas, atendendo e minimizando os processos de bioincrustação em diferentes materiais também é o foco do presente trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Diante da proposta de um estudo que facilite a avaliação dos fenômenos de bioincrustação em estruturas navais, o presente trabalho objetiva desenvolver o projeto conceitual de um reservatório que contenha características que se assemelhem ao ambiente marinho real para a caracterização do processo de bioincrustação em laboratório.

1.2.1 Objetivos específicos

- Projetar conceitualmente um reservatório para avaliação dos processos de bioincrustação;
- Investigar as metodologias já utilizadas neste segmento para o estudo da bioincrustação;
- Estudar os processos de bioincrustação e seus problemas relacionados com a indústria naval;
- Contribuir com as atividades de pesquisa do Centro de Engenharias da Mobilidade – Universidade Federal de Santa Catarina, no que tange à Engenharia Naval.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOINCRUSTAÇÃO

2.1.1 Definição

Segundo Ferreira et al (2002), todos os metais estão sujeitos à corrosão e deterioram-se com o uso ou à exposição a ambientes oxidantes ou corrosivos. O termo bioincrustação é associado aos seres que se estabelecem em superfícies artificiais, uma vez que toda estrutura artificial submersa em água, sofre acumulação de material biológico - microrganismos e macrorganismos (FLEMMING, 2009). A bioincrustação é um dos maiores problemas atuais enfrentados pela tecnologia marinha, não sendo ainda perfeitamente definida. O conjunto de organismos a serem encontrados em uma estrutura depende das espécies presentes no local de exposição e da sua capacidade para se fixar e crescer na superfície, resistindo à ação de ondas e de correntes. As interações entre os vários tipos de organismos que podem aparecer simultaneamente, ou em sucessão, modificam a fixação e determinam o caráter da comunidade que ocorrerá posteriormente. (ABARZUA, JAKUBOWSKI, 1995; MENASHA, 1952, WHOI, 1952).

2.1.2 Processo de fixação e desenvolvimento do biofilme

Os biofilmes correspondem a primeira forma de vida registrada na Terra, que datam de aproximadamente 3,5 bilhões de anos (SCHOPF, HAYES, WALTER, 1983), existindo até os dias atuais. São encontrados até mesmo em ambientes extremos, como as paredes das geleiras, nas saídas de calor, sob pressão de 1.000 bar no fundo do oceano, em água ultrapura, bem como soluções altamente salgadas ou em ambientes radioativos, como usinas de energia nuclear. (EHRLICH , 2002).

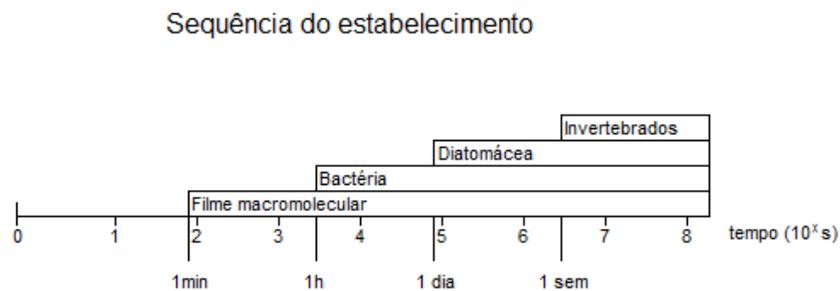
Em diversas áreas da indústria, os problemas de bioincrustação originam da mesma causa: biofilmes microbianos. O processo de formação do biofilme inicia-se com a formação de uma fina película de 20-80 nm de espessura, podendo atingir a ordem de centímetros, com o crescimento dos tapetes de algas. Os biofilmes podem alterar as cargas eletrostáticas e a superfície do material, facilitando o crescimento microbiano e aumentando o processo corrosivo. Os biofilmes seguem leis naturais importantes que precisam ser melhor entendidas

para o desenvolvimento de soluções mais eficazes de combate. Basicamente, os microrganismos colonizam superfícies, sequestram nutrientes da água e converte-os em metabolismo e biomassa. (FLEMMING, 2009; BEECH, SUNNER, HIRAOKA, 2005; XAVIER et al., 2003).

O biofilme inicialmente formado possui alto poder de adesão, o que contribui com a fixação de microrganismos imobilizados conjuntamente por fibras poliméricas que formam uma matriz de Substâncias Poliméricas Extracelulares (SPE) (BEECH, SUNNER, HIRAOKA, 2005; CHARACKLIS, 1981; COMPERE et al, 2001; NATISHAN, 1999; XAVIER et al., 2003). Sendo que todos os biopolímeros SPE são altamente capazes de reter água. Esta matriz interage com o ambiente anexando biofilmes na superfície e pelas suas propriedades de adsorção, permitem a dissolução de substâncias capturadas do ambiente em partículas fornecendo nutrientes para os organismos do biofilme (FLEMMING, 2009).

O processo de bioincrustação é regido por uma ordem cronológica, que é ilustrado na Figura 1. Após os primeiros minutos de imersão, estabelece-se o filme macromolecular e as bactérias; de um a cinco dias há a formação das microalgas, principalmente diatomáceas e cianofíceas seguido de protozoários ciliados e esporos de macroalgas. Depois de uma semana, ocorre o estabelecimento dos invertebrados incrustantes conhecidos como cracas. (COUTINHO, 2009; WAHL, 1989; ABARZUA, JAKUBOWSKI, 1995).

Figura 1 – Esquematização da seqüência do estabelecimento da bioincrustação em função do tempo.

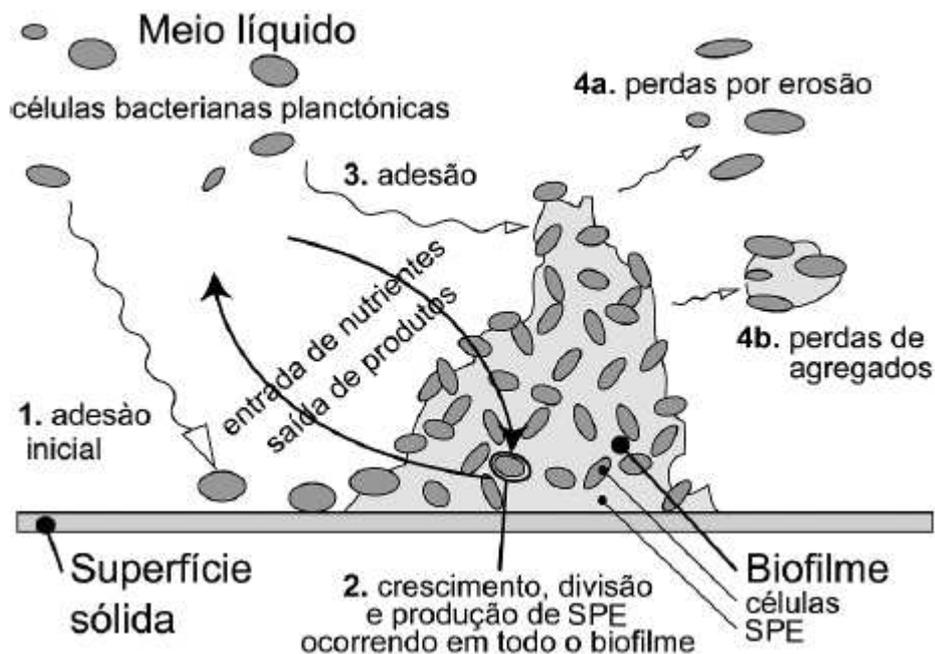


Fonte: adaptado de COUTINHO (2009)

De acordo com XAVIER et al (2003), a instauração e o desenvolvimento de biofilmes é resultado de vários processos físicos e biológicos e pode-se descrever esse processo de acordo com os passos apresentados na seqüência e ilustrada na Figura 2:

1. Transporte de células livres do meio líquido para uma superfície sólida e sua subsequente fixação.
2. Crescimento e divisão de células fixas à custa de nutrientes provenientes do líquido circundante, conjuntamente com a produção e excreção da matriz de polímeros extracelulares que mantém o biofilme coeso à superfície.
3. Fixação de células bacterianas flutuantes (e outras partículas), contribuindo para a acumulação do biofilme.
4. Liberação de material celular segundo dois mecanismos diferentes: (a) erosão (perda de células individuais) ou (b) perda de agregados maiores.

Figura 2 – Ilustração dos processos envolvidos na formação e crescimento de biofilmes



Fonte: XAVIER et al (2003).

A maioria dos macro-organismos que habitam os substratos possuem um ciclo de vida bifásico, ou seja, parte como larvas (meroplâncton), e parte como adultos. Quando em forma de larvas, buscam alguma superfície para realizar o assentamento (LOPES, 2007; QUAID, MULLER, 2010). Esse assentamento ocorre de acordo com sua qualidade fisiológica, tipo e textura de substrato, sinais químicos, biofilme e a composição da comunidade residente (JARRET, PECHENIK, 1997).

A natureza do substrato é responsável pelas condições da colonização dos organismos. As comunidades de invertebrados incrustantes têm preferência em relação ao tipo e a orientação da superfície a ser colonizada. Superfícies mais ásperas, por exemplo, são mais

atrativas a esse processo (AZEVEDO, CARLONI, CAVALHEIRA, 2006). A forma e a energia da superfície são características determinantes para a colonização.

Em uma embarcação, os organismos marinhos podem se fixar em três diferentes zonas do casco: a supra litoral, litoral e a sublitoral. A primeira refere-se a zona acima da água e em constante contato com o ar, afetada por respingos, influenciada por fatores como temperatura e radiação solar. A segunda zona apresenta períodos alternados de total emersão ou imersão. Por fim, a sublitoral, compreende a parte totalmente submersa (COUTINHO, 2009). Desta forma, o nível de radiação ao qual o material é sujeito interfere na determinação da solução empregada para o processo de bioincrustação.

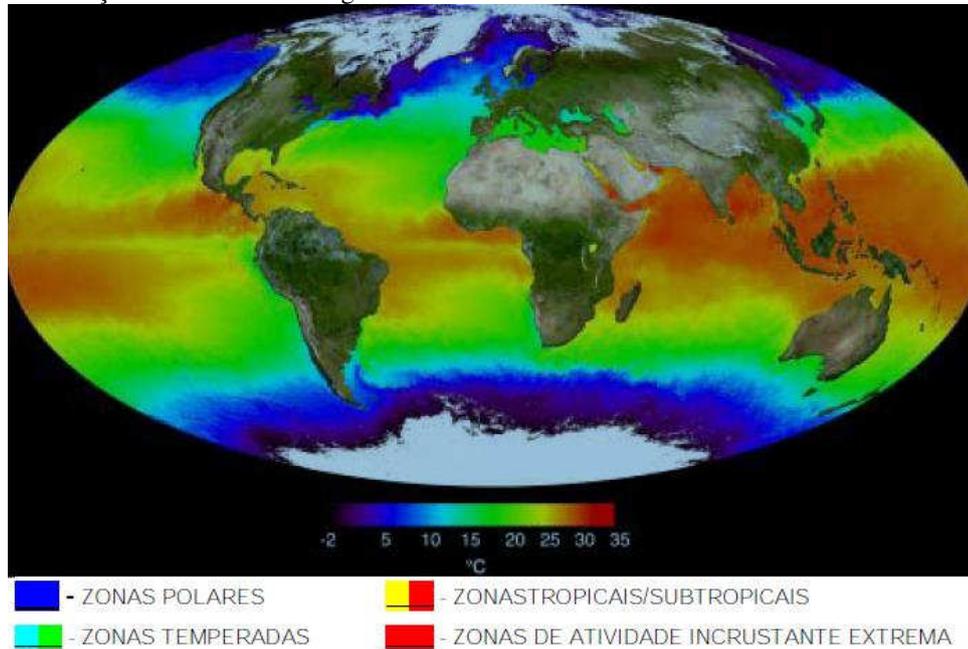
2.1.3 Tipos de microrganismos

O estabelecimento das bioincrustações depende principalmente da temperatura da água do mar, que determina os períodos de reprodução e taxas de crescimento dos organismos, salinidade e a quantidade de radiação solar (WHOI, 1952). As águas costeiras, ricas em nutrientes, apresentam um risco mais elevado do que as águas sujas de mar aberto, enquanto as espécies incrustantes são muito menos abundantes nas águas profundas escuras em comparação com a superfície do mar (YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN, 2004). Apesar de existir espécies regionais, várias espécies incrustantes conseguiram colonizar os portos em todo o mundo graças a larvas microscópicas de curta duração, esporos ou propágulos que se instalam, fazem metamorfose, e completam seu ciclo de vida em menos de um mês, e ficam reprodutivas por mais de um ano (RITTSCHOF, 2001).

Gentil (1996) afirma que a formação da incrustação no verão é muito mais intensa que no inverno, por isso ocorre um constante crescimento na região tropical da Terra. Na Figura 3, a International Paint (2008), mostra as regiões com maiores crescimentos de bioincrustações a nível mundial. De acordo com a figura, pode-se observar um predomínio do crescimento ao longo da linha do Equador, em áreas mais aquecidas do Planeta Terra.

Dentre os organismos presentes nas bioincrustações, destaca-se o grupo dos cirripédios balanídeos que são apontados como os principais causadores da biocorrosão (ANIL et al, 1995; ROWLANDS, 1976, EASHWAR et al, 1992; KORYAKOVA et al, 1995, 2001). Este grupo é um importante estruturador das comunidades bentônicas, ou seja comunidade de seres que vivem no substrato, fixos ou não (UNDERWOOD, 2000).

Figura 3 – Ilustração evidenciando as regiões do Planeta Terra com maiores crescimentos de bioincrustação.



Fonte: International Paint (2008)

Os balanídeos, comumente conhecidos por cracas, apresentados na Figura 4, possuem eficaz adaptação à fixação e à vida bentônica. Por ser um dos principais grupos provedores da bioincrustação, leva os estudiosos da tecnologia marinha buscarem soluções para combater o seu desenvolvimento (RITSCHOFF et al, 1992). Estão presentes em vários sistemas que utilizam a água do mar, por exemplo, casco de embarcações, caixas de mar, trocadores de calor, sistemas de refrigeração e plataformas de petróleo (GOLLASCH, 2002; STACHOWITZ et al., 2002; THIYAGARAJAN et al., 1999).

Figura 4 – Foto ilustrativa de balanídeos, comumente conhecidos por cracas.



Fonte: <http://www.ephemera.blog.br/wp-content/uploads/2011/05/Craca-04.jpg>

Na Tabela 1, é apresentada uma lista com os registros das principais espécies encontradas em estruturas afetadas pelo fenômeno da bioincrustação. Aproximadamente 2000 espécies de animais e plantas estão relacionadas com este fenômeno, sendo 615 tipos de plantas e 1361 de animais.

Tabela 1 – Lista com as principais espécies encontradas no processo de bioincrustações

	TOTAL
PLANTAS	614
Bactérias	37
Fungos	14
Algas	563
ANIMAIS	1344
Protozoários	99
Poríferos	33
Celenterados	286
Platelmintos	12
Nemertea	11
Traquelmintos	5
Briozoários	139
Braquiópodes	1
Anelídeos	108
Artrópodes	292
Moluscos	212
Equinodermos	19
Cordados	127
TOTAL	1958

Fonte: Adaptado de WHOI (1952).

Embora o número de espécies seja grande, na verdade inclui uma pequena proporção das espécies marinhas conhecidas. Este dado é apresentado na Tabela 2, que traz a representação proporcional entre os diferentes grupos, na qual é feita uma comparação entre as espécies marinhas conhecidas e o número de espécies relacionadas com o processo de bioincrustação. Como exemplo, o grupo dos pedunculatas: cerca de 200 espécies marinhas conhecidas, sendo que 50 estão presentes em processos de bioincrustação, ou seja, 25% do total.

Tabela 2 – Tabela da proporção entre as espécies marinhas conhecidas e aquelas encontradas contribuindo para o processo de bioincrustação.

GRUPO	Espécies Marinhas	Espécies na incrustação	% na incrustação
Pedunculata	200	50	25,0
Balanus	300	60	20,0
Tunicados	700	116	16,6
Hidróides	3000	260	8,7
Plantas marinhas	8000	614	7,7
Briozoários	3000	139	4,6
Nudibrânquios	1000	32	3,2
Poliquetas	3500	99	2,8
Nemertea	500	11	2,2
Anfípoda	3000	60	2,0
Picnogonídeos	400	8	2,0
Bivalvia	9000	115	1,3
Anêmonas	1000	12	1,2
Esponjas	3000	33	1,1
Decápodes	8000	76	1,0
Isópodes	3000	24	0,8
Gastrópodes	4900	58	1,2
Equinodermos	4800	19	0,4
Corais	2500	8	0,3

Fonte: Adaptado de WHOI (1952).

2.2 BIOINCRUSTAÇÃO NA ÁREA NAVAL

São diversos os aspectos negativos do fenômeno da bioincrustação na área naval e oceânica. A deposição dessas substâncias biológicas tem grande influência nesses processos que acarretam, por exemplo, perdas energéticas. Seus efeitos adversos são bem conhecidos e podem ser econômicos, ambientais ou relacionados com a segurança. Characklis (2009) menciona alguns dos efeitos deste problema, que podem ser observados na Tabela 3.

A fixação de cracas, algas e mexilhões provenientes da bioincrustação causam um considerável aumento no peso da embarcação e gera aumento na rugosidade da mesma, levando a uma maior resistência por atrito, sendo que o incremento no deslocamento de água diminui a fluviabilidade. Além disso, embarcações que apresentam aumento de carga sofrem acréscimo no consumo de combustível (KIIL et al, 2007).

Ainda, o fenômeno da bioincrustação pode causar entupimento, alterações no escoamento do fluxo no costado do navio e maximização do desgaste pela erosão em tubulações marítimas, e também pode deixar os cabos submarinos quebradiços, reduzindo sua durabilidade. (WHOI, 1952)

Além de todos os prejuízos no setor naval, há uma problemática relacionada com questões ecológicas. Na Figura 5 é apresentada a entrada de água no casco da embarcação para as caixas de mar. Esta figura representa o antes e depois do procedimento de manutenção periódica realizado em embarcações onde é possível observar, na Figura 5(a) que a aquisição de água é parcialmente obstruída devido à bioincrustação. Após procedimentos de raspagem, jateamento, lavagem e pintura, tem-se o resultado mostrado na direita da Figura 5(b).

A água de lastro, embarcada através das caixas de mar, tem papel fundamental na estabilidade da embarcação, no combate a incêndios, em sistemas sanitários para a higiene e resfriamento de sistemas propulsores e condensadores. Muitos organismos, mesmo após longos períodos de viagens, sobrevivem na água de lastro. Com a liberação desta água no novo ecossistema, pode haver uma colonização desses seres (JURAS, 2003; SOUZA, 2006). O transporte de uma região para outra pode causar desequilíbrio ambiental, relacionado a competição, predação e sucessão dos microrganismos.

Tabela 3 – Tabela dos efeitos dos biofilmes em alguns processos

Efeitos	Processos e resultados específicos
Redução de transferência de calor	Formação de biofilmes em tubos condensadores e torres de resfriamento – perdas energéticas
Aumento da resistência de atrito com o fluido	<p>Formação de biofilmes nas tubulações de água e de água residual, bem como em tubos trocadores de calor e condensadores. Causam o aumento do consumo de energia para o sistema de bombeamento e/ou reduz a capacidade em tanques de gravidade – perdas energéticas.</p> <p>Formação de biofilmes nos cascos de navios causando incremento no consumo de combustível – perdas energéticas.</p>
Transferência de massa e transformações químicas	<p>Corrosão acelerada devido a processos nas camadas inferiores (mais próximas à superfície de adesão) dos biofilmes. Resulta na deterioração de material em tubos condensadores metálicos, tubos de esgoto e em torres de resfriamento.</p> <p>Formação de biofilme em sensores remotos, periscópios, visores, etc., causa redução na efetividade.</p> <p>Desprendimento de microrganismos das torres de resfriamento. Libera organismos patogênicos.</p> <p>Formação de biofilme e desprendimento em sistemas de distribuição de água potável. Altera a qualidade da água.</p>

Fonte: adaptado de CHARACKLIS (2009).

Figura 5 - Bioincrustação na entrada da caixa de mar de um navio. Antes (A) e depois (B) do processo de limpeza e pintura.



Fonte: EATON, 2014. (Fotos de arquivos pessoais)

Segundo Gentil (1996), essa deposição de substâncias biológicas influencia também no desempenho de sonares dos navios devido a redução da sensibilidade e transmissão do sinal sonoro. Além disso, prejudica o desempenho dos navios, aumentando a frequência do procedimento de docagem para a raspagem e limpeza dos cascos. A docagem, além de agregar um elevado custo ao processo, retira a embarcação de operação, o que implica na elevação das despesas. A foto da Figura 6, apresenta duas embarcações que foram docadas para a realização de manutenção, principalmente em obras vivas - abaixo da linha d'água. Tal procedimento é conhecido pelo alto custo diário de docagem.

Figura 6 - Foto de embarcações docadas para realização de serviços de manutenção.



Fonte: Base Naval de Natal, via Assessoria de Comunicação Social do Comando 3º Distrito Naval.

2.3 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA MINIMIZAÇÃO DA BIOINCRUSTAÇÃO

Na década de 70, o tributil-estanho (TBT) revolucionou a indústria da pintura naval (YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN, 2004) possibilitando a obtenção de superfícies lisas durante a navegação, que apresentam bom perfil hidrodinâmico e redução do consumo de combustível e de liberação de biocidas suficientes e, praticamente, constantes ao longo do tempo. O sucesso desta tecnologia propiciou que mais de 70% da frota mundial de navios tivesse seu casco pintado com tintas incorporadas com esta substância durante a década de 1990 (YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN., 2004). Infelizmente, percebeu-se que o TBT não degrada rapidamente na água do mar e, em concentrações muito baixas, estes compostos causam uma série de efeitos subletais como, por exemplo, afetam o sistema endócrino levando a distúrbios sexuais (RITTSCHOF, 2001; OMAE, 2003; YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN., 2004) e má formação das espécies aquáticas locais. Além disso, a Organização Marítima Internacional (IMO – International Maritime Organization) relata acumulação desta substância nos mamíferos e debilitação do sistema imunológico em peixes (YEBRA; KIIL; DAM-JOHANSEN., 2004).

A elevada difusão desta substância no meio marinho tornou-se uma preocupação ambiental. Afirma-se que o TBT é a substância mais tóxica, produzida pelo homem, deliberadamente introduzida no meio marinho. Até a década de 90, o consumo mundial de organo-estânicos cresceu de 1500 para 50000 toneladas/anos (BORGES, 1997). Em função do forte apelo ambiental restringindo o uso deste tipo de substância em ambientes marinhos, o uso deste revestimento tornou-se proibido desde 2006 (BORGES,1997; DOBSON, CABRIDENC 1990).

Existem atualmente diversas técnicas que buscam reduzir o efeito de formação da bioincrustação em estruturas expostas a ambientes aquáticos. Revestimentos têm sido desenvolvidos de forma a impedir a adesão de organismos aquáticos nestas estruturas. Com o avanço dos estudos, houve uma melhora em revestimentos de proteção para fundos dos navios, levando à possibilidade de estender o tempo de permanência da embarcação fora da doca seca. As docas ficam mais disponíveis para reparar os danos que impedem a operação do navio, ao invés de ocupar-se para a atracação com mais frequência para processos de pintura.

Tradicionalmente, existem duas linhas paralelas de pesquisa usais para a redução dos problemas relativos à bioincrustação: elaboração de revestimentos contendo biocidas e de revestimentos por controle de energia de superfície. A abordagem mais comum para controlar a incrustação marinha sobre os cascos de navios envolve a dispersão de partículas de óxido de

cobre para produzir um revestimento antiadesão de microrganismos. O óxido de cobre serve como um biocida que impede depósito de organismos marinhos. Esta abordagem é eficaz, porém não é desejável devido à liberação dessa substância no meio marinho sob a forma de toxinas.

A Nippon Paint desenvolveu e patenteou uma composição de um copolímero que se caracteriza pelo auto polimento durante a operação da embarcação. Na Tabela 4, são apresentados alguns parâmetros relacionados com o desempenho destas tintas, conhecidas como SPC (Self Polishing Copolymer – Copolímero de auto polimento).

Tabela 4 – Descrição das características do sistema SPC	
SPC	
Condições da superfície da camada de tinta	Camada ativa de tinta sempre exposta, enquanto houver filme de tinta existirá uma liberação de biocidas.
Atividade anti-incrustante	A vida útil do anti-incrustante é proporcional a espessura do filme aplicado. Dependendo da atividade da embarcação, é possível prever o desempenho do produto
Controle de rugosidade	A atividade de trabalho da embarcação reduz a rugosidade fazendo com que a superfície tenha um auto polimento e mantenha a camada de tinta uniforme, reduzindo o atrito.
Recomposição do sistema	As propriedades anti-incrustante são mantidas enquanto houver película de tinta. Em uma nova aplicação somente a camada desgastada precisará ser recomposta.

Fonte: Adaptado de WEG Tintas

A segunda abordagem que está sendo atualmente empregada, envolve a produção de revestimentos a base de elastômeros de silicone que possuem baixa energia de superfície. Este tipo de material, reduz a adesão dos microrganismos responsáveis pela formação do biofilme, o que favorece o desprendimento de tal camada com o uso de técnicas relativamente simples: incidência de jato de água na superfície ou deslocamento do navio à velocidades elevadas. A principal desvantagem desta abordagem é que a limpeza frequente dos cascos de navios é necessária e os revestimentos são facilmente danificados em função de elevada adesão entre o material antibioincrustante e o casco. (International Paint, 2008).

2.3.1 Tintas comerciais com características anti-incrustante empregadas no setor naval

O desenvolvimento de soluções que minimizem o efeito dos processos de bioincrustação tem sido realizado por diferentes empresas dos segmentos de tintas navais. No presente trabalho fez-se uma busca pelos boletins técnicos disponíveis das tintas atualmente empregadas para a redução da bioincrustação. Estes boletins podem ser visualizados no ANEXO 1, entretanto, não abrangem todas as tintas anti-incrustantes existentes ao mercado.

Segundo anunciado pela Nippon Paint , há uma tinta desenvolvida que atua aprisionando água a fim de reduzir o atrito hidrodinâmico do casco. A utilização de um copolímero acrilato de cobre na sua composição atua como um anti-incrustante estável e de longo prazo. O LF-Sea, como é chamado o produto, consiste na simulação da pele elástica e suave de golfinhos, que são cobertos por uma mucosa para reduzir sua resistência ao ambiente aquático.

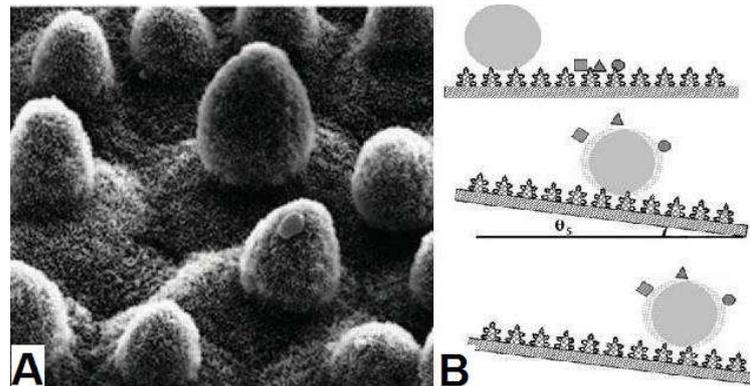
Além disso, a International dispõe do Intersmooth 465 SPC, um anti-incrustante copolímero de auto polimento livre de TBT, especificamente projetado para embarcações de águas profundas, sendo que seu uso se restringe a obras novas, não sendo recomendável para reparos. Outro produto da International é um revestimento de desprendimento da bioincrustação à base de fluoropolímero em três componentes. O Intersleek 970 é utilizado como demão de acabamento e é recomendado em obras novas ou manutenção e reparo. O fabricante cita que o seu produto não é um anti-incrustante, pois é livre de biocidas, evitando a contaminação do mar. Qualquer incrustação biológica acumulada é facilmente removida com a mão ou com uma lavagem de baixa pressão, reduzindo custos com, por exemplo, processos de remoção.

Em uma empresa localizada em nossa região, a WEG Tintas, verificou-se no seu catálogo de produtos a WEG Ecoloflex SPC 100, tinta anti-incrustante, livre de estanho de auto polimento hidrolítico a base de copolímero acrilato de cobre, desenvolvido com tecnologia patenteada pela já citada Nippon Paint Co. Ltd. Esse produto foi especialmente desenvolvido para embarcações de águas profundas que navegam longas distâncias com média e alta velocidade.

Como pode ser observado nas abordagens dos fabricantes das tintas com característica anti-incrustante, uma das possibilidades de redução da bioincrustação na área naval é a modificação da energia de superfície do material. Este tipo de mecanismo é similar àquele observado pela flor de lótus, que é conhecida por apresentar uma superfície superhidrofóbica. Superfícies superhidrofóbicas têm propriedades autolimpantes e anticontaminantes

(BURKARTER, 2010), sendo de grande interesse para a busca de soluções para o fenômeno da bioincrustação. A característica da flor de lótus está relacionada com a presença de micronódulos (YOSHIDA et al, 2006), como mostra a Figura 7. Nesta figura é possível observar um esquema no qual as gotas que escorrem pelas folhas desta planta levam consigo grãos de poeira, princípio que pode ser estendido ao tema em estudo.

Figura 7 - A) Imagem dos micronódulos presentes na flor de lótus. B) Esquemática da característica hidrofóbica da flor de lótus



Fonte: YOSHIDA et al (2006).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE BIOINCRUSTAÇÃO

2.4.1 Principais fatores que influenciam na adesão de microrganismos

Para a melhor representação em laboratório dos processos que regem o crescimento de biofilmes faz-se necessário um conjunto de parâmetros, sendo um tópico ativo de pesquisa atualmente. Nguyen, Roddick e Fan (2012) trazem em um artigo sobre bioincrustação em sistemas de osmose reversa, os principais fatores que influenciam na adesão de bactérias e no crescimento do biofilme na superfície, ilustrados na Tabela 5.

Com a análise da Tabela 5, pode-se verificar alguns dos fatores que favorecem diretamente a formação e crescimento do biofilme e, posteriormente, a bioincrustação. Nesta tabela, os fatores relacionados ao crescimento do biofilme estão listados separadamente levando-se em consideração àquelas relacionados com os microrganismos, com a superfície e com a água analisada. Dentre os parâmetros listados, verifica-se que a temperatura, o pH, a velocidade do fluido e a quantidade de nutrientes são fundamentais para o crescimento e também para a compreensão dos mecanismos que regem o processo de formação do biofilme.

Tabela 5 - Tabela apresentando os principais fatores que afetam à adesão de microorganismos.

Fatores que afetam a adesão de microorganismos em superfícies das membranas		
Microrganismo	Superfície	Água
Espécies	Composição química	Temperatura
Composição da população	Carga da superfície	pH
Densidade populacional	Tensão superficial	Matéria orgânica dissolvida
Fase de crescimento	Hidrofobicidade	Matéria inorgânica dissolvida
Quantidade de nutrientes	Filme condicionante	Matéria suspensa
Hidrofobicidade	Rugosidade	Viscosidade
Cargas	Porosidade	Forças cisalhantes
Respostas fisiológicas	-	Condições de contorno
-	-	Fluxo

Fonte: Nguyen, Roddick e Fan (2012)

A temperatura é uma variável muito significativa no crescimento do biofilme, ou seja, pequenas variações manifestam uma enorme diferença no desenvolvimento dos microrganismos. Algumas pesquisas apresentam estudos nos quais a temperatura do ambiente é alterada e, como consequência, verifica-se um espessamento do biofilme aproximadamente 80% maior ao elevar a temperatura de 30 a 35°C. Estudos mostram que para muitas bactérias encontradas na biota marinha, a temperatura de máximo crescimento de biofilme é por volta de 40°C (MELO; BOTT, 1997).

Existem evidências de que o número de Reynolds é um parâmetro importante no desenvolvimento do biofilme. Entretanto, em estudos conduzidos por Melo e Bott (1997) verifica-se que, mantendo as propriedades físicas da água e do tubo constantes, a velocidade é variada para analisar o crescimento do biofilme. Neste mesmo estudo, foram feitos experimentos considerando o número de Reynolds em torno de 11000 e a concentração de nutrientes constante. Como resultado, para uma velocidade do fluido de 0,54 m/s, a espessura do filme, após 15 dias, tornou-se 10 vezes mais espessa que o biofilme formado com uma velocidade de 2 m/s. Fica evidenciado que a velocidade, além de variar a espessura do filme, altera a densidade do mesmo. Outro resultado, em um diferente experimento, com a bactéria *Pseudomonas fluorescens* mostra que, com um aumento na velocidade de 0,13 m/s para 0,54 m/s a densidade do biofilme seco aumenta de 26 kg/m³ para 76 kg/m³.

Outro fator de extrema importância para o crescimento do biofilme é a quantidade de nutrientes na água. Estudos mostram que, quanto mais nutrientes na água, maior a taxa de crescimento do biofilme (MELO; BOTT, 1997). Em um dado experimento num tubo com velocidade de 1,2 m/s verifica-se que o aumento do nível de nutriente (baseado em glicose), de 4 mg/L para 10 mg/L, influencia em aumento maior que 400% na espessura do biofilme.

Finkel, Kraigsley e Ronney (2003) analisaram o crescimento do biofilme já formado. Seu estudo evidencia que o crescimento do filme é mais efetivo em um fluxo de água com nutrientes do que com nutrientes e bactérias. Conclui-se, com este estudo, que o biofilme não aumenta por "recrutamento" de novas bactérias e sim por desenvolvimento das próprias colônias. Com isso, é necessário que o reservatório apresente uma solução capaz de controlar os nutrientes da água e, assim, favorecer o crescimento do processo de bioincrustação.

2.4.2 Importância de estudos de Campo

Como ressalta Little (2004), o estudo do fenômeno de corrosão microbiológica ao longo do tempo, acompanhado do avanço tecnológico, esclareceu muitos pontos, porém gerou uma série de paradoxos, que são de grande importância e devem ser considerados em estudos futuros. Entre eles estão: a importância de experimentos desenvolvidos em campo, já que apenas 1% da população bacteriana natural pode ser cultivada em laboratório; a impossibilidade de previsão antecipada da química interfacial, já que nada pode ser inferido pela análise do meio; a atração das bactérias pelos produtos de corrosão formados; e a comprovação de que algumas delas podem inibir a corrosão como relatado por Kuo et al. (2005) para ligas de alumínio.

2.4.3 Velocidade Correntes Marítimas Superficiais

A velocidade de correntes de deriva nos oceanos é principalmente função dos ventos locais (PICKARD, 1974). Em geral, seu aumento eleva a taxa de corrosão e remove camadas de produtos de corrosão. Se for muito pequena, propicia a deposição de sólidos, o que pode originar corrosão sob depósito. Pode ocasionar também erosão do material e corrosão por cavitação e impingimento¹ (GENTIL, 1996).

¹ **Impingimento:** As águas em fluxo turbulento podem causar sérios danos as superfícies, provocando extensa corrosão local. Este tipo de corrosão, frequentemente, se manifesta sob a forma de pites sucessivos ou alinhados. Com o prosseguimento do ataque, podem-se formar extensas áreas atacadas.

3 METODOLOGIA

Considerando que o tema em estudo está fortemente relacionado com a engenharia naval e que ainda necessita de grande entendimento dos conceitos relacionados ao processo de bioincrustação de forma a possibilitar a sugestão de alguma solução para o problema, verifica-se a necessidade de apor-se dos conceitos relativos ao tema. Além disso, o estudo das soluções atualmente existentes e das formas utilizadas para caracterizar o fenômeno da bioincrustação é de fundamental importância para o entendimento do assunto em estudo. Desta forma, o presente trabalho apresenta, como uma importante parte do seu desenvolvimento, uma extensa revisão bibliográfica, tendo sido baseada em artigos, patentes, teses e outros documentos para o domínio do assunto e aquisição do conhecimento necessário para embasar o projeto do reservatório proposto. Além disso, para apoiar tecnicamente a pesquisa realizada, fez-se uma entrevista com profissionais da área de Engenharia Naval. Ainda, fez-se um levantamento dos principais equipamentos e suas respectivas funções no equipamento a ser projetado. Uma descrição mais detalhada da metodologia empregada nas diferentes etapas do trabalho são apresentadas na sequência.

3.1 ENTREVISTA DIRECIONADA

Para uma melhor compreensão dos problemas relacionados com o tema de estudo, realizou-se uma entrevista direcionada com dois profissionais da área naval para avaliar suas percepções quanto a importância do estudo desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso. As entrevistas foram conduzidas por meio de questionários entregues aos entrevistados e os resultados servirão para fortalecer o desenvolvimento desta linha de pesquisa no CEM e justificar tecnicamente a realização do presente trabalho.

3.1.1 Questionário

No questionário elaborado, buscou-se abranger assuntos específicos tais como a opinião dos entrevistados quanto ao tipo de anti-incrustante mais adequado às embarcações de aço, verificando os conhecimentos dos mesmos a respeito da composição das tintas em relação ao ambiente no qual serão submetidas. A opinião de um técnico é confrontada com a

de um usuário comercial, sendo possível notar os problemas que ambas as partes (fabricante e consumidor) percebem na ausência de uma solução definitiva ao processo de bioincrustação. O questionário entregue aos entrevistados é apresentado no APÊNDICE 1.

3.1.2 Entrevistados

Giovani Pivatto Filho, representante técnico da International Paint com mais de dez anos de experiência como inspetor de qualidade na área de revestimentos marinhos desta fabricante, foi um dos entrevistados. Além disso, Rafael da Silva, atualmente gerente de produção do Estaleiro Navship – Navegantes, com mais de 20 anos de experiência com pintura e preparação de superfícies em diversos estaleiros da região, também foi ouvido.

3.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O reservatório a ser proposto no presente trabalho necessita de alguns equipamentos essenciais para que a simulação mais autêntica do ambiente marinho possa ser realizada. Alguns parâmetros necessitam ser bem controlados a fim de não comprometer a confiabilidade do experimento e a avaliação das formas de caracterização utilizadas por outros grupos de pesquisa a nível nacional e mundial também foram consideradas. Basicamente, pretende-se simular em laboratório as condições de um ambiente marinho no qual há a formação dos processos de bioincrustação. Para tal, faz-se necessário o levantamento dos principais equipamentos a serem incluídos neste reservatório que visem o controle de: salinidade; pH; temperatura da água; vento; onda; velocidade de circulação da água. Com isso, diversos equipamentos comercialmente fornecidos podem ser empregados. A especificação destes equipamentos e suas respectivas funções foram determinadas no presente trabalho.

Com o embasamento teórico, buscou-se a definição de parâmetros característicos do reservatório, o que possibilitou a definição do aparato a ser sugerido. Patentes, artigos, teses de mestrado e doutorado, fóruns de adeptos ao aquarismo foram fontes de informações. A busca e orçamentos em lojas de materiais para aquários foram fundamentais neste levantamento dos equipamentos adequados ao projeto conceitual proposto.

3.3 PROJETO DO RESERVATÓRIO EM SOFTWARE

Com a definição dos equipamentos, objetivou-se aloca-los da melhor maneira no reservatório de modo a otimizarem suas funções. Um projeto conceitual em software de simulação SolidWorks® é apresentado como sugestão inicial para o projeto construtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, é apresentada uma análise das entrevistas realizadas com profissionais que fazem uso de soluções para o processo de bioincrustação, confrontando as ideias por eles apresentadas para o fortalecimento da importância deste trabalho. Na sequência, são apresentados os equipamentos, com suas respectivas funções e especificações para a implementação em um reservatório de testes e que, desta forma, permitam o desenvolvimento de um estudo mais preciso do processo de bioincrustação.

4.1 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

O questionário entregue aos entrevistados inicia com uma pergunta a respeito dos problemas decorrentes de um material anti-incrustante ineficiente utilizado em embarcações. Ambos os entrevistados concluíram que a adesão dos microrganismos prejudica o desempenho das embarcações devido ao aumento da resistência ao avanço, portanto, um maior consumo de combustível é requerido. Silva (2014) ainda ressaltou problemas como a obstrução das caixas de mar, diminuição da dissipação de calor dos trocadores de calor, dentre outros problemas.

As vantagens de um reservatório, equivalente ao do presente trabalho, que possibilite o estudo em laboratórios são questionadas na segunda pergunta. O depoimento de Silva (2014) reforça a importância do presente trabalho. O entrevistado destacou a possibilidade da variação de alguns parâmetros do reservatório para a simulação do ambiente de operação da embarcação. Além disso, a facilidade na coleta de dados e a segurança das amostras são outras vantagens. A preservação das amostras é necessária, visto que um experimento em campo realizado por Messano (2007), na sua tese de doutorado, resultou na perda de alguns corpos de prova, fato que poderia ter prejudicado a pesquisa. Pivatto (2014) resalta a importância dos testes para que os fabricantes tenham conhecimento do desempenho do produto antes de disponibilizá-lo ao mercado.

A terceira pergunta aborda o tipo de anti-incrustante mais adequado em embarcações de aço. O técnico da International Paint alega que alguns fatores devem ser levados em consideração. Então, o anti-incrustante mais adequado é o que apresenta um melhor desempenho de acordo com as condições de operação da embarcação, lembrando que o melhor a fazer é consultar o fabricante da tinta. Nesta parte, as respostas foram semelhantes e

se complementaram. Silva (2014) cita que as embarcações offshore ficam boa parte do tempo atracadas e, quando em operação, deslocam-se com velocidade média de 8 nós, sua sugestão são os anti-incrustantes do tipo SPC, já citados no trabalho.

Por fim, a opinião do entrevistado é questionada sobre um assunto que é cada vez mais relevante nas pesquisas deste segmento: o impacto ambiental causado pelas tintas anti-incrustantes. Pivatto (2014) afirma que atualmente a Akzo Nobel (grupo em que está presente a International Paint) produz em conformidade com entidades regulamentadoras e proíbem a utilização de alguns elementos químicos prejudiciais ao meio ambiente, como é o caso do chumbo. Pivatto (2014) concorda com o caminho atual da tecnologia anti-incrustante para um futuro ecologicamente correto, ainda destaca as tintas à base de silicone, sem agentes químicos, que tendem a ser mais utilizadas devido a preservação do meio ambiente. Silva (2014) exemplifica a criação de tintas 100% sólidas, livre de solventes agressores ao ambiente marinho.

4.2 EQUIPAMENTOS E COMPONENTES DO RESERVATÓRIO

Com o objetivo de simular em laboratório as condições de um ambiente marinho no qual há a formação dos processos de bioincrustação, selecionaram-se os equipamentos que são apresentados neste tópico. Neste sentido, diversos equipamentos comercialmente fornecidos podem ser empregados. A especificação destes equipamentos, suas respectivas funções e a justificativa de escolha são apresentadas.

4.2.1 Material do reservatório

Reservatórios que possuem um maior volume de água são menos suscetíveis às mudanças referentes a temperatura e concentrações do que os menores, e são mais fáceis de serem mantidos. Com maior quantidade de água teremos uma menor oscilação de temperatura, bem como, uma menor relação de matéria orgânica por litro de água. Com isso, torna-se ideal a aquisição de um tanque com um volume de água mediano.

Na tabela 6 é apresentado uma estimativa realizada com os valores mínimos da espessura de vidro para a elaboração do reservatório. Tal dimensão deve levar em

consideração a pressão e outros fatores. Desta forma, a escolha da espessura do vidro é dependente da altura e do comprimento do mesmo.

Para um tanque com as dimensões: 150 cm X 60 cm X 60 cm, ou seja, capacidade para 540 litros, a espessura mínima corresponde a 12 mm, conforme ressaltado na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa da espessura de vidro de acordo com dimensões comprimento e altura.

	comprimento / length						
altura / height	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	120 cm	150 cm	200 cm
25 cm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	6 mm	6 mm	6 mm
30 cm	5 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	7 mm	7 mm
40 cm	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm	8 mm	9 mm	9 mm
50 cm	7 mm	8 mm	10 mm	12 mm	12 mm	12 mm	12 mm
60 cm	8 mm	10 mm	10 mm	12 mm	12 mm	12 mm	12 mm
70 cm	9 mm	12 mm	15 mm	15 mm	15 mm	16 mm	16 mm
80 cm	10 mm	12 mm	15 mm	15 mm	16 mm	18 mm	18 mm
85 cm	12 mm	14 mm	18 mm	18 mm	18 mm	20 mm	20 mm
90 cm	14 mm	16 mm	18 mm	18 mm	20 mm	20 mm	20 mm

Fonte: retirado de <http://viviparos.com>

4.2.2 Obtenção da água

A água utilizada nos experimentos será inicialmente obtida de diferentes localidades. Dentre elas, pode-se citar: Baía da Babitonga e mar da praia de São Francisco do Sul, os quais são locais de mais fácil acesso, próximos à Joinville. Com a aquisição da água do mar, faz-se, também, a aquisição de microrganismos bioincrustantes. O período de obtenção da água será semanal. Entretanto, com o desenvolvimento do presente trabalho pretende-se possibilitar uma metodologia de captação e posterior análise com cultivo e alocação de diferentes microrganismos no reservatório. Desta forma, pretende-se estudar de modo isolado, cada um destes microrganismos no processo de bioincrustação.

4.2.3 Skimmer

Skimmer (Figura 8) é comumente encontrado em piscinas, por ser um acessório essencial, uma vez que permite eliminar os resíduos superficiais através da aspiração. Este equipamento é instalado, também, com o objetivo de controlar o nível da água, evitando

transbordamentos acidentais. Contudo, desempenha função de remover compostos orgânicos de um reservatório antes de se transformarem em fosfatos e nitratos - substâncias que diminuem a qualidade da água. Este equipamento também auxilia na aeração do reservatório. Fosfatos e nitratos excessivos diminuem a qualidade da água, e provocam o crescimento de algas e contribui para problemas de saúde em peixes e corais. (BRANG, 2009)

Figura 8- Foto de um equipamento do tipo Skimmer para tanques com capacidade para até 700L



Fonte: Marine Soucers

Para a escolha de um skimmer deve-se considerar a sua capacidade de operar com eficiência. Neste caso, para um recipiente de 540L, opta-se por um equipamento para até 700L. O ideal é superdimensionar o skimmer, a fim de evitar futuros transtornos causados pela ampliação do reservatório.

4.2.4 Resfriadores (Chillers)

Os resfriadores de água desta área de estudo são comumente conhecidos por chillers, ilustrado na Figura 9. Seu funcionamento consiste em manter a temperatura desejada nos

ambientes aos quais encontram-se instalados. Este equipamento opera apenas quando a temperatura ambiente é maior do que a temperatura requerida.

A eficiência deste equipamento está diretamente relacionada com alguns parâmetros como a temperatura ambiente, temperatura desejada, tempo de espera até atingir a temperatura desejada e potência do compressor. Estes são os principais parâmetros para a escolha deste equipamento.

Figura 9 – Foto ilustrativa de um Chiller resfriador BOYU



Fonte: retirado de www.msmarine.com.br

O uso deste equipamento será indispensável nos experimentos feitos simulando regiões que possuem águas geladas e para evitar que a temperatura se eleve pelo calor gerado nos equipamentos como, por exemplo lâmpadas e bombas.

4.2.5 Aquecedor com termostato

Como o próprio nome já diz, o aquecedor serve para aquecer a água. Será responsável por elevar a temperatura da água se a temperatura ambiente for menor que a temperatura desejada. O termostato tem a função de impedir que a temperatura de determinado ambiente varie além dos limites pré-estabelecidos. É um mecanismo composto por, fundamentalmente, dois elementos: um que indica a variação térmica sofrida pelo sistema (sensor); o outro que controla essa variação e corrige os desvios, mantendo a temperatura dentro da faixa desejada.

Na Figura 10, é possível visualizar uma ilustração de um aquecedor com termostato muito comum em aquários domésticos. Baseado em conhecimento prático de especialistas, adota-se uma regra de orientação que determina um aquecedor com potência de um watt para cada litro do reservatório. Então, um aquecedor com potência de 500W será o suficiente para atender aos requisitos deste projeto.

Figura 10 – Foto ilustrativa de um aquecedor com termostato



Fonte: retirado de <http://www.msmarine.com.br>

De acordo com Melo e Bott (1997) e discutido anteriormente, a temperatura é uma variável muito significativa no crescimento do biofilme. Com isso, em um experimento, o espessamento do biofilme é aproximadamente 80% maior quando a temperatura é elevada de 30 a 35°C. Neste projeto, é ideal que seja utilizado um aquecedor para aumentar a temperatura da água e, conseqüentemente, acelerar o processo de bioincrustação.

4.2.6 Sump

O Sump consiste de um recipiente utilizado para armazenar alguns equipamentos, possibilitando uma melhor organização dos mesmos. A área utilizada para abrigar o sump deve ser devidamente projetada para haver espaço suficiente capaz de acomodar todos os aparelhamentos necessários.

Alguns itens comumente encontrados em um sump são: skimmer, aquecedores e bombas. Na Figura 11, é possível verificar uma imagem deste compartimento utilizado em aquários domésticos.

Figura 11 - Foto ilustrativa de um sump utilizado em um aquário doméstico



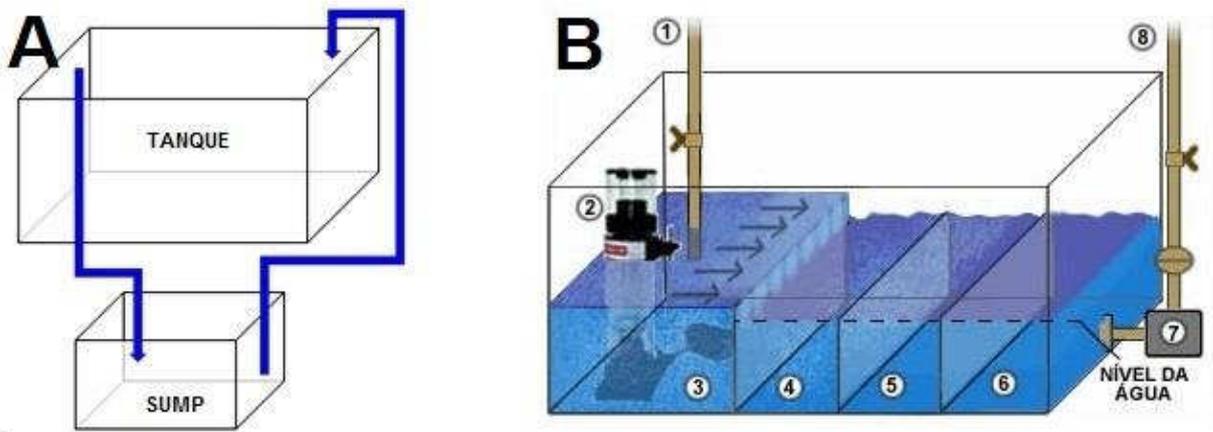
Fonte: retirado de <http://aquabahiasergipe.com.br>

As principais vantagens do uso de um sistema sump recaem em:

- Aumento do volume total de água no sistema;
- Quebra de boa parte das espumas e bolhas, fazendo com que não haja acúmulo na superfície do reservatório;
- Conservação da temperatura no reservatório – os aparelhos alocados no sump não aquecerão o reservatório;
- Organiza e esconde equipamentos; skimmer, aquecedor, sondas, monitores, etc podem ser removidos do reservatório;
- Nível de água consistente. O reservatório principal vai manter sempre o mesmo nível, a evaporação irá ocorrer no sump;
- Melhor circulação da água no retorno ao reservatório;
- Aumento da oxigenação.

A instalação de um sump deve prever a circulação da água entre o reservatório e este aparato, passando por algumas divisões, conforme ilustrado na Figura 12. Nelas são feitas filtrações mecânicas, químicas e biológicas, além da quebra de bolhas.

Figura 12 - A) Ilustração da ligação entre o tanque e sump. B) Esquemática das etapas de funcionamento de um sump.



Fonte: Junior Gorski (<http://www.aquaflux.com.br>).

1. Tubulação proveniente do tanque;
2. Skimmer;
3. Local onde a água será filtrada pelo skimmer;
- 4, 5 e 6. Quebra de bolhas, podendo conter carvão, perlom para filtragem;
7. Bomba de retorno;
8. Tubulação de retorno ao tanque.

Para o presente projeto, define-se que um sump com as dimensões 100cm X 40cm X 40cm seja o suficiente para comportar os equipamentos e desempenhar suas funções de forma adequada.

4.2.7 Bomba de recalque

As bombas de recalque (Figura 13) são utilizadas no sump com objetivo de bombear a água presente no mesmo para o reservatório, podendo ser internas ou externas. A principal vantagem de uma bomba externa é a de não aquecer a água, em contra partida é necessária uma perfuração na parede do sump para a passagem da tubulação, ficando suscetível a

vazamentos. Algumas bombas deste tipo possuem dispositivos de segurança que diminuem a rotação no caso de redução do nível da água.

Figura 13 – Foto ilustrativa de uma bomba de recalque interna



Fonte: retirado de <http://www.petco.com>

Segundo ACQUAZOO - empresa especializada em fornecimento de produtos e serviços em aquarofilia marinha, para o volume de água em questão, idealiza-se uma bomba de recalque que desenvolva uma vazão de 5000L/h.

4.2.8 Bombas de circulação interna (wave makers)

As bombas de circulação interna se caracterizam por apresentarem menores potências, se comparadas as de recalque, que têm função de simular o movimento natural das ondas permitindo evitar pontos cegos, ou seja, pontos de não circulação de água. A circulação do reservatório deve apresentar estes tipos de bombas, a fim de evitar formação de bolhas, diminuir o consumo de energia e não aquecer demasiadamente a água. A utilização apenas de bomba de recalque não permitiria a eliminação destes problemas.

Alguns modelos destas bombas apresentam um controlador de velocidade da rotação da bomba, como mostrado na Figura 14.

A caracterização dos circuladores internos é feita pela variação de fluxo gerada. Recomenda-se um equipamento que seja capaz de variar o fluxo em torno de 11.000 litros, ou seja, indicado o uso para sistemas com volume de até 800 litros.

Figura 14 – Foto ilustrativa de um modelo de bomba de circulação/wave maker



Fonte: retirado de <http://www.fish-street.com>

4.2.9 Iluminação com diferentes comprimentos de onda

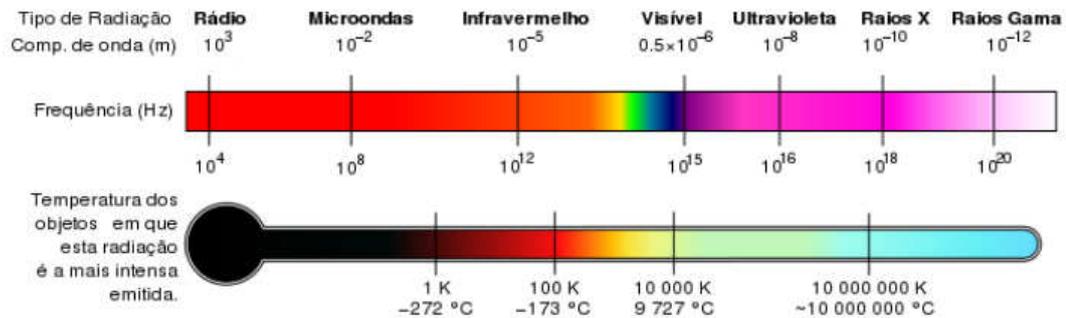
Os corais vivem em simbiose com as algas unicelulares denominadas zooxanthelae (<http://www.oceanario.pt/cms/1297>). Simbiose é uma inter-relação entre espécie que oferece vantagens para ambos. Nesse caso, a alga se deposita no tecido dos corais. Os corais excretam fosfatos, compostos nitrogenados e gás carbônico que são nutrientes que favorecem a realização da fotossíntese pelas algas. As algas, assim, fornecem aos corais nutrientes derivados da fotossíntese e auxiliam na formação do esqueleto dos corais pela secreção de cálcio. Todavia, as algas não são capazes de realizar a fotossíntese somente com os nutrientes oferecidos pelos corais. O elemento mais importante para a realização desse processo é a luz (<http://www.aquahobby.com>). No ambiente marinho a luz do sol supre essa necessidade das algas. Em um aquário marinho é necessária uma iluminação capaz de reproduzir em vários aspectos a luz solar.

O ambiente marinho o qual pretende-se simular com a elaboração deste reservatório é exposto à diferentes comprimentos de onda da radiação luminosa incidente. A utilização de lâmpadas com comprimentos de onda similares ao da radiação visível faz-se necessária a fim de ampliar as possibilidades de estudo. De acordo com o espectro eletromagnético, apresentado na Figura15, pode-se observar que a radiação eletromagnética da luz visível possui comprimento de onda de 400nm até 700nm (<http://www.aqualandia.com.br>). Assim, para ampliar as possibilidades de pesquisa com o reservatório desenvolvido busca-se verificar quais comprimentos apresentam proximidades ao da luz visível.

No espectro da radiação eletromagnética, quanto maior a temperatura de cor, maior será a tendência para a emissão de luz azul. Por exemplo, 6500K branco puro e 20000K azul

claro. Em aquários marinhos geralmente são utilizadas lâmpadas que emitem cor azul, pois é a cor que mais se aproxima do ambiente marinho natural (<http://www.aqualandia.com.br>).

Figura 15 - Representação da escala de espectro da radiação eletromagnética



Fonte: adaptado de <http://www.cosmicapoeira.blogspot.com.br/>

A escolha do tipo de lâmpada mais adequada depende de fatores como intensidade da luz e temperatura de cor. Em aquários com corais as lâmpadas utilizadas têm intensidades mais altas, já que em um dia de sol, um recife recebe cerca de 60.000 a 100.000 lúmens por metro quadrado na superfície.

A distância da iluminação da superfície da água deve ser menor que 25 cm para ter uma incidência luminosa dentro da água. O fotoperíodo deve ser em média de 12h por dia e sempre durante as mesmas horas para que os organismos presentes no aquário sintam-se mesmo em um ambiente marinho. Para o controle do tempo de exposição é sugerido o uso de um timer, que é apresentado no tópico 4.2.10.

De acordo com os estudos realizados, verifica-se também que a profundidade do aquário não deve ser maior que 60 cm, já que a luz não incidiria de maneira eficaz no fundo, sendo que este dado vem de encontro com a sugestão de geometria do reservatório proposto no presente trabalho.

Considerando o exposto, julga-se que para o tanque em questão, é aconselhável 6 lâmpadas tubulares T5 36W, ilustradas na Figura 16, sendo três fosforescentes e três UV-B. Sendo assim, o esquema de ilustração obtido no experimento de Radulovic et al (2013), é dimensionado para o presente reservatório.

Figura 16 - Foto ilustrativa de lâmpadas t5 80W.



Fonte: retirado de <http://www.msmarine.com.br>

4.2.10 Temporizador

A utilização de um temporizador, (Figura 17), ou timer, neste tipo de sistema de análise tem como função controlar a sequência de um processo. Geralmente, é adicionado para automatizar sistemas por um período de tempo, sendo capaz de designar diversas funções. Com este mecanismo, é possível, por exemplo, programar a iluminação do tanque para ficar ligada durante um intervalo de tempo do dia e, assim, simular a luz proveniente do sol.

Figura 17 – Foto ilustrativa de um temporizador digital



Fonte: retirado de www.kienzle-haller.com.br

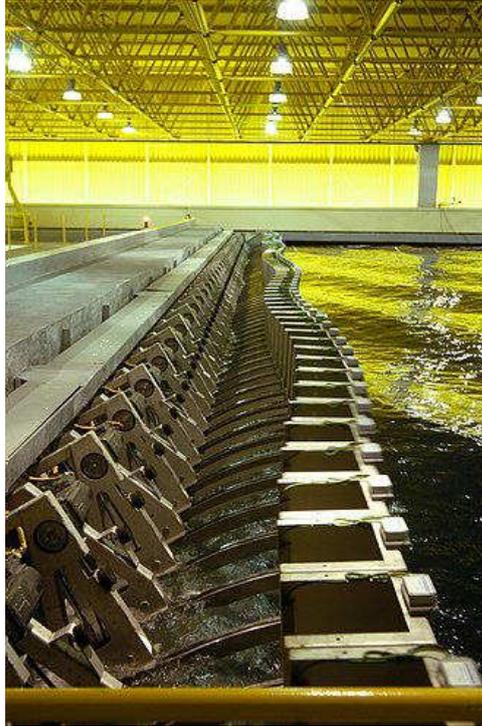
4.2.11 Batedor de ondas

O ambiente marinho apresenta grandes variações de maré e presença de correntes de água em função das diferenças de temperatura e ventos. Todos estes fatores promovem o surgimento de ondas, que podem interferir no processo de crescimento do biofilme, uma vez que modificam a cinética da água do mar. A simulação deste tipo de situação em um reservatório é fundamental. Considerando-se a importância deste requisito, faz-se necessário simular as ondas e, para tal, faz-se uso de um equipamento como batedor de ondas.

Existe um modelo disponível ao mercado, denotado por Tunze Wavebox 6212 – simulador de ondas. A especificação deste equipamento traz informações de que o mesmo produz ondas de 1,5 a 2cm, além de possuir um sensor fotossensível, operando em modo noturno e simulando o ambiente marinho neste período. Porém idealiza-se a substituição deste equipamento por um projeto de batedor de ondas similar ao do Laboratório de Tecnologia Oceânica (LabOceano) do Programa de Engenharia Naval e Oceânica da COPPE/UFRJ.

O LabOceano é referência internacional em pesquisa e desenvolvimento, seu sistema de geração de ondas consiste em um grupo de 75 segmentos do tipo flap, individualmente movimentados por um sistema servo-motor e servo-controlador, permitindo a simulação de diversos tipos de ondas, mostrado na Figura 18.

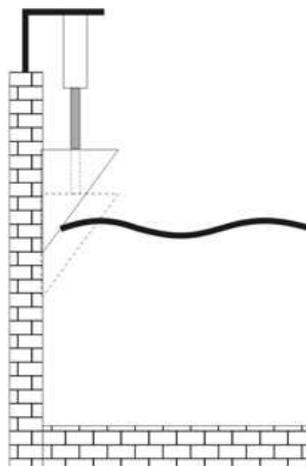
Figura 18 - Foto do gerador de ondas do LabOceano



Fonte: LabOceano COPPE/UFRJ.

Trindade (2008), na sua dissertação de mestrado, apresenta quatro tipos distintos de batedores de ondas. Um deles é o plunger, tipo de batedor composto de um êmbolo que executa movimentos verticais de entrada e saída na água, forçando a geração da onda, conforme ilustrado na Figura 19. Este batedor é capaz de alterar os parâmetros de geração de ondas através da variação da velocidade vertical.

Figura 19 - Ilustração de um gerador de ondas do tipo plunger



Fonte: Disponível em Trindade (2008)

Como sugestão de trabalho futuro, propõe-se um projeto específico de um batedor de onda do tipo flap, visto que uma série de parâmetros de ondas deve ser definida como, por

exemplo: direção de propagação da onda, período de amostragem, período entre cristas, período entre zeros, período de pico, altura média, altura máxima, altura significativa, desvio padrão, entre outros.

O modelo do bater de ondas sugerido para o presente projeto é semelhante ao apresentado na Figura 19, porém, como já comentado, requer um estudo mais aprofundado do seu funcionamento e desempenho.

4.2.12 Simulação de vento

Este sistema é composto por algumas ventoinhas e um controlador, conforme mostrado na Figura 20. Com este equipamento, objetiva-se a simulação da brisa marinha.

Figura 20 - Foto ilustrativa de um sistema de ventilação



Fonte: imagem de BRENNER CASTRO

O conjunto de ventoinhas, além de simular o vento no ambiente marinho, fornece silenciosamente um forte fluxo de vento que diminui eficazmente a temperatura da água na superfície. A desvantagem deste sistema está relacionada com a alta taxa de evaporação de água do reservatório. No endereço <http://www.ipaq.org.br>, uma pequena discussão entre proprietários de tanques é observada, dentre as quais Buzatto (2006), que relata sua experiência a respeito da taxa de evaporação afirmando que a umidade do ar e temperatura ambiente influenciam significativamente neste processo. Completa afirmando que no inverno a evaporação é mais intensa (ar mais seco), e maior é a diferença de temperatura entre a água e o ar circundante.

Com a base ajustável, é possível optar por direcionar o sentido do vento. Neste projeto, 4 ventoinhas dispostas na lateral do reservatório, conforme mostrado na Figura 20, é o sugerido para tal finalidade.

4.2.13 Termômetro

O termômetro é um aparelho que contém uma substância com propriedade termométrica, geralmente o mercúrio. É utilizado para medir a temperatura em uma determinada escala. Será importante para obter um controle mais preciso da temperatura da água do tanque. Para este caso é mais indicado termômetros com sensores submersíveis, operando na faixa de temperatura de -50°C a 110°C como apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Foto ilustrativa de um termômetro digital com sensor submersível



Fonte: retirado de www.guiacnc.com.br

4.2.14 Refratômetro

O refratômetro para medição de salinidade, ilustrado na Figura 22, é um equipamento destinado a medir a concentração de água salgada em uma solução. O instrumento utiliza o princípio físico de que a luz se propaga com diferentes velocidades em meios diferentes, alterando a trajetória na medida que muda de ambiente. Com isso, é utilizado para medir o índice de refração da luz solar através da água salgada. No presente projeto este equipamento é fundamental para simular as condições de salinidade de um dado ambiente marinho em estudo do qual pretende-se avaliar o processo de bioincrustação.

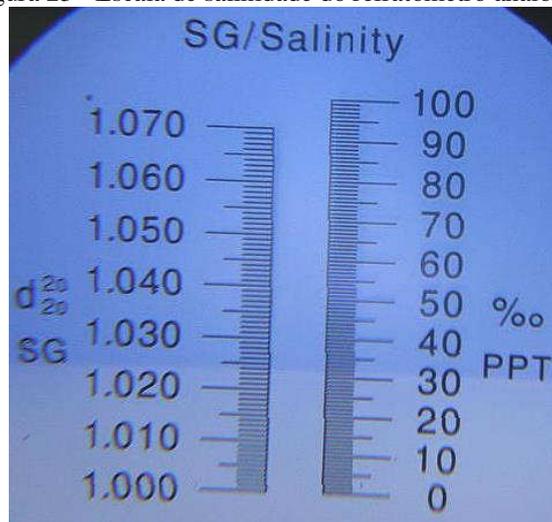
Figura 22 – Foto ilustrativa de um refratômetro analógico de salinidade



Fonte: retirado de www.splabor.com.br

Neste equipamento, ao coletar uma amostra da água do tanque, leva-se a mesma ao refratômetro contra a luz, onde é marcada na escala o peso específico da água e a quantidade em PPT (partes por mil – parts per thousand) de sal presente na amostra, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Escala de salinidade do refratômetro analógico.



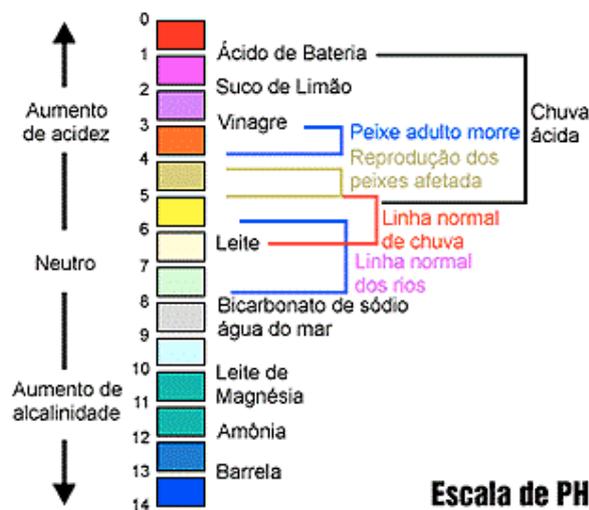
Fonte: Imagem de Antônio Amaral

Como proposta para este projeto, recomenda-se a utilização refratômetros analógicos e digitais. Sua escolha baseia-se no custo do equipamento e na precisão do resultado desejado.

4.2.15 PHmetro

O pH é a abreviação de Potencial Hidrogeniônico, ou seja, é a concentração do íon hidrogênio existente na água. Quanto mais hidrogênio presente, mais ácida se torna a água e, conseqüentemente, mais ativa a mesma será para realizar processos de corrosão e bioincrustação. Há uma escala numérica para a classificação do pH, com valores entre 0 e 14, conforme mostrado na Figura 24, onde é possível observar que, para a água do mar, o pH é da ordem de 7 a 9.

Figura 24 - Representação da escala de pH.



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br>

Neste tipo de equipamento são utilizados indicadores que são substâncias que alteram sua coloração em função do valor do pH, podendo, assim, servir como parâmetro de comparação para indicar em que a faixa de pH uma determinada amostra se encontra. Um desses indicadores é, por exemplo, a fenolftaleína que em meio ácido ou neutro, apresenta-se incolor e quando em meio básico torna-se avermelhada.

Os indicadores não informam o valor exato do pH de uma solução, apenas fornecem dados para avaliar o estado em que o meio se encontra, seja ácido, básico ou neutro. Para se

conhecer o valor exato do pH, utiliza-se um equipamento especial, o pHmetro (peagâmetro), ilustrado na Figura 25. Alguns pHmetros informam o valor da oxigenação dissolvida na água.

Cabe ressaltar que o pH influencia praticamente todas as reações químicas que ocorrem na água

Figura 25- Foto ilustrativa de um pHmetro de bancada



Fonte: <http://www.splabor.com.br>

4.3 PROPOSIÇÃO DOS PRÉ-REQUISITOS PARA CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO PARA BIOINCRUSTAÇÃO

A utilização dos equipamentos citados e descritos na sessão anterior visa um monitoramento preciso dos parâmetros necessários ao estudo do processo de bioincrustação e, também viabiliza que diversos estudos na área de corrosão, por exemplo, sejam desenvolvidos. A elaboração do projeto físico deste reservatório amplia os estudos na área de materiais e processos empregados no setor naval sendo muito importante para o desenvolvimento da Engenharia Naval do CEM.

Após uma extensa pesquisa bibliográfica sobre o estudo dos processos de bioincrustação, verifica-se que em poucos lugares existe um ambiente no qual seja possível simular com confiabilidade as condições marinhas. Na verdade, o maior problema relacionado com os processos de bioincrustação recaem nas diferentes condições dos ambientes aos quais os materiais/soluções desenvolvidos são expostos. Neste contexto, o presente trabalho visou desenvolver um projeto conceitual de um reservatório para o estudo da bioincrustação em estruturas navais e que possa ser utilizado para promover um maior conhecimento dos princípios físicos e biológicos que regem este processo e favoreçam o desenvolvimento de soluções para o mesmo.

Segundo a INTERNATIONAL (2008), navios com grande risco de bioincrustação são aqueles que navegam a menos de 10 nós, passam mais de 50% do seu tempo parados e que naveguem em águas tropicais perto da costa. Estas condições precisam ser simuladas em laboratório de forma a possibilitar uma maior confiabilidade nos estudos e devem ser levados em consideração para a definição das condições de operação do reservatório. Uma breve descrição destes parâmetros com a quantificação dos mesmos que seja considerada adequada para a utilização no reservatório proposto é apresentada na sequência. Cabe ressaltar a importância dos trabalhos futuros sugeridos para dar continuidade ao projeto como um todo..

4.3.1 Salinidade

A definição das condições de operação deste reservatório deverá ser realizada de acordo com o ambiente que pretende-se simular. Gentil (1996) ressalta a necessidade da realização de ensaios nas condições naturais, a fim de se poder “interpretar com exatidão o comportamento dos materiais nas verdadeiras condições operacionais em que eles serão utilizados”. Na Tabela 7, pode-se verificar as diferenças do parâmetro salinidade da água, fator fundamental a ser considerado na proposição do reservatório de testes e que é praticamente constante em oceanos distintos, mas apresenta grande variação em mares interiores.

Tabela 7 - Salinidade em oceano e mares

SALINIDADE EM OCEANOS E MARES	
	Salinidade, %
Oceano Atlântico	3,54
Oceano Pacífico	3,49
Mar Mediterrâneo	3,7 - 3,9
Mar Vermelho	> 4,1
Mar Báltico	0,2 - 0,5
Mar Cáspio	1,0 - 1,5
Mar Cáspio (Golfo de Karabaguz)	16,4

Fonte: GENTIL (1996).

O litoral brasileiro é banhado pelo Oceano Atlântico e possui aproximadamente 7400 km de extensão. A salinidade média do litoral é de 3,7%, apresentando os maiores valores em regiões afastadas de rios. O valor deste parâmetro deverá ser baseado no ambiente ao qual se

deseja simular. Neste sentido, considerando-se regiões próximas à Joinville inicialmente, o reservatório proposto deverá ter um percentual de salinidade em torno de 3,6%.

4.3.2 pH e oxigênio dissolvido

Messano (2007) realizou experimentos nas proximidades da Ilha de Cabo Frio, RJ, em ambiente marinho. Com quase 300 dias de experimento, O pH médio da água do mar foi de 8,1; concordando com Gentil (1996) que apresenta, para esta mesma região, valores de pH médio entre 7,2 e 8,6.

Um ambiente oxidante apresenta valores em oxigênio acima de 2mL/L, valores abaixo deste patamar correspondem a um ambiente disóxico (BEST et al apud MESSANO, 2007). O comportamento dos materiais metálicos depende da concentração de oxigênio no meio. Ainda tratando do experimento realizado por Messano (2007), a média do teor de oxigênio dissolvido durante o período foi de 5,34 mL/L. Considerando o exposto, o reservatório a ser elaborado deverá possuir um valor de pH da ordem de 8,0 e variações nos teores de oxigênio que se aproximem das condições acima descritas.

4.3.3 Velocidade do escoamento

A fixação de organismos marinhos é dificultada em objetos que estão em movimentos, A faixa de velocidade que impede a fixação dos organismos parece estar entre 0,83 e 1,81 m/s (CLAPP apud GENTIL, 1996) e é influenciada pela rugosidade da superfície. Neste sentido, o reservatório proposto deverá simular ondas e correntes marítimas que atinjam as velocidades nas quais verifica-se maior formação dos processos de bioincrustação e que sejam apresentadas na literatura. De forma geral, os equipamentos instalados no reservatório deverão permitir que sejam simuladas correntes de água de 0 até valores usuais de navegação das embarcações que frequentemente apresentam bioincrustação, da ordem de 5m/s. Dentre os equipamentos selecionados para compor o presente reservatório, alguns são capazes de auxiliar no controle da velocidade do escoamento, dentre eles o circulador interno, que será o principal responsável pela movimentação da água e o batedor de ondas.

De fato, tem-se o interesse da simulação das correntes marítimas visto que o fenômeno da bioincrustação tem maior taxa de adesão quando a embarcação encontra-se fora de

operação. Com estes aparatos, uma simulação do comportamento da bioincrustação pode ser estudada, verificando, por exemplo a eficiência de tintas anti-incrustantes quando ocorre variação na velocidade da embarcação.

4.3.4 Temperatura e iluminação

De um modo geral o aumento da temperatura acelera a corrosão. De acordo com a pesquisa bibliográfica já realizada, a temperatura do reservatório deverá ser superior a 30°C para que o processo de bioincrustação ocorra e possa ser acelerado.

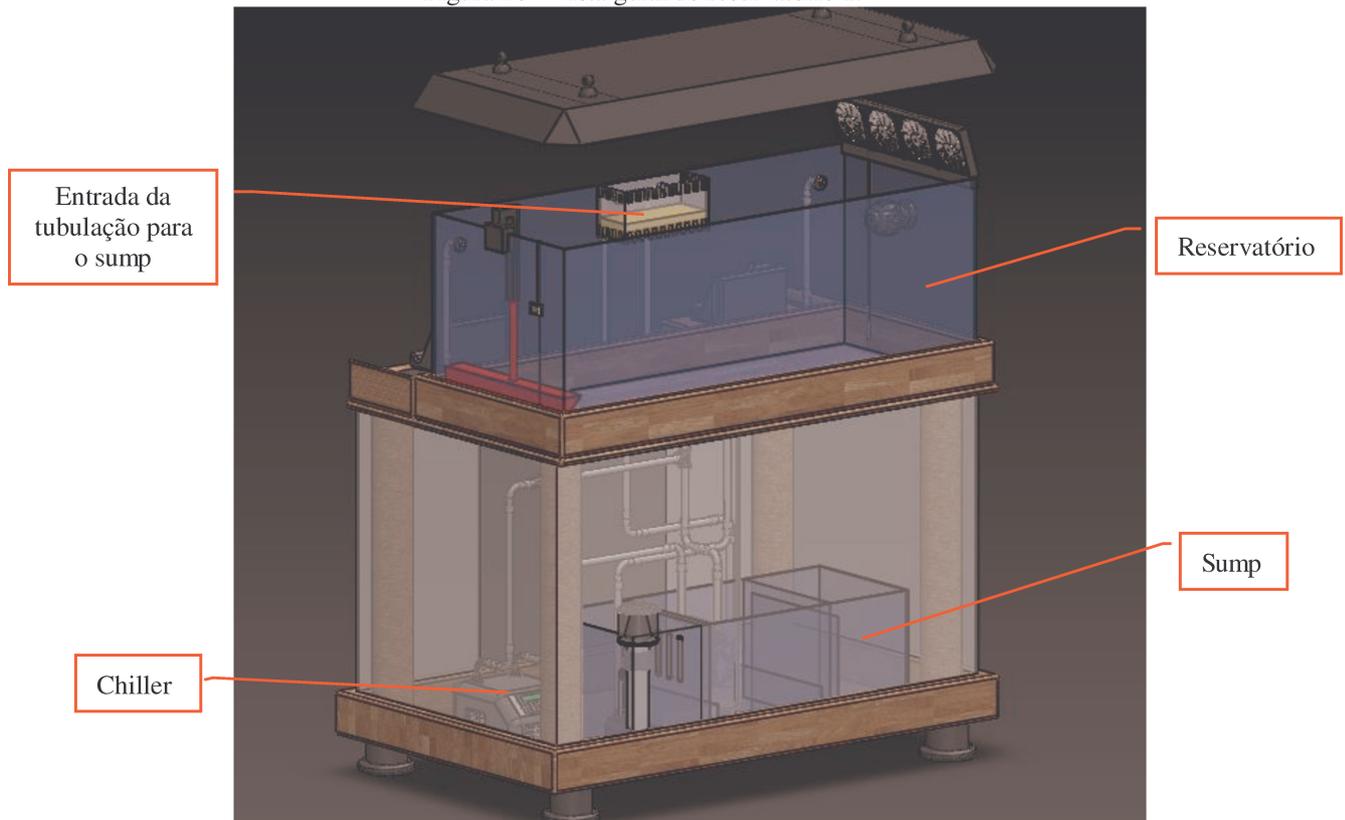
Além disso, um grande número de organismos formadores de bioincrustação são afetados pela luz, sendo que a maioria ocorre em superfícies escuras ou sombreadas. Entretanto, as algas verdes se desenvolvem melhor sob ação da luz (GENTIL, 1996). Com a iluminação definida para o reservatório e programando o temporizador para simular a luz natural, tem-se uma combinação de luz favorável para o processo de bioincrustação.

4.4 PROJETO EM SOLIDWORKS DO RESERVATÓRIO

Após uma extensa avaliação dos equipamentos e pré-requisitos necessários para a composição do reservatório de testes para o estudo dos processos de bioincrustação em estruturas navais, realizou-se uma proposta do aparato a ser desenvolvido. Este projeto foi elaborado utilizando-se um software computacional SolidWorks® e levando-se em consideração as condições de operação discutidas no decorrer do trabalho. As ilustrações apresentadas na sequência constituem-se de uma sugestão inicial para o processo construtivo do reservatório de testes.

Nas Figuras 26 e 27 são apresentadas vistas gerais do reservatório, abrangendo praticamente todos os equipamentos definidos. É possível verificar por meio destas figuras uma vista geral do reservatório no qual evidencia-se a parte construtiva, com dimensões de 150 cm X 60 cm X 60 cm, constituindo um volume de 540L. Além disso, pode-se observar o sistema de tubulação para entrada e saída da água, bem como de circulação entre o reservatório principal e o sump.

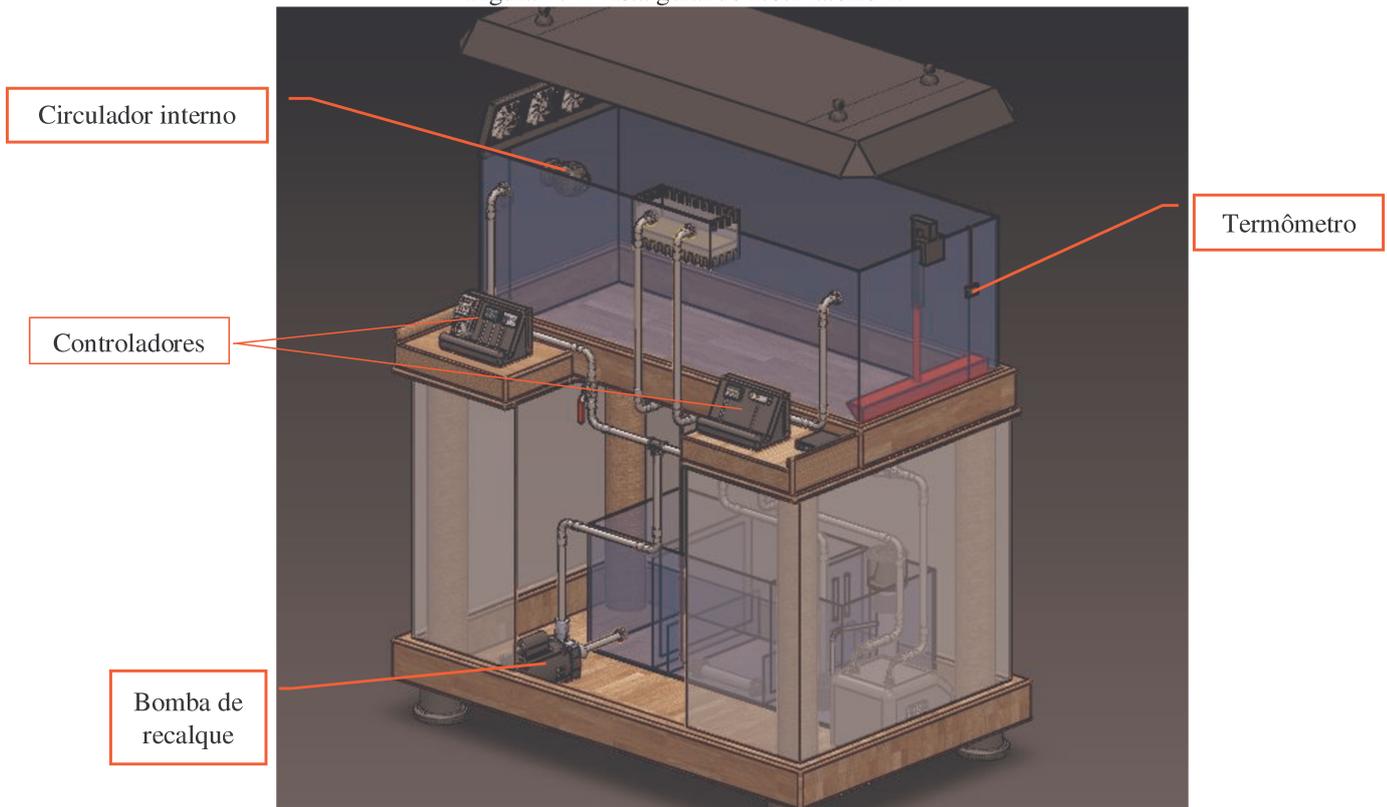
Figura 26 - Vista geral do reservatório 1.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 27 é evidenciado o posicionamento do circulador interno para geração das correntes marítimas, os controladores dos equipamentos para monitoramento das condições de operação estudadas e apresentadas no decorrer do presente trabalho, bem como da bomba de recalque, para bombear a água para o reservatório e do termômetro, fundamental para o controle da temperatura do ambiente e primordial para o acompanhamento dos processos de bioincrustação.

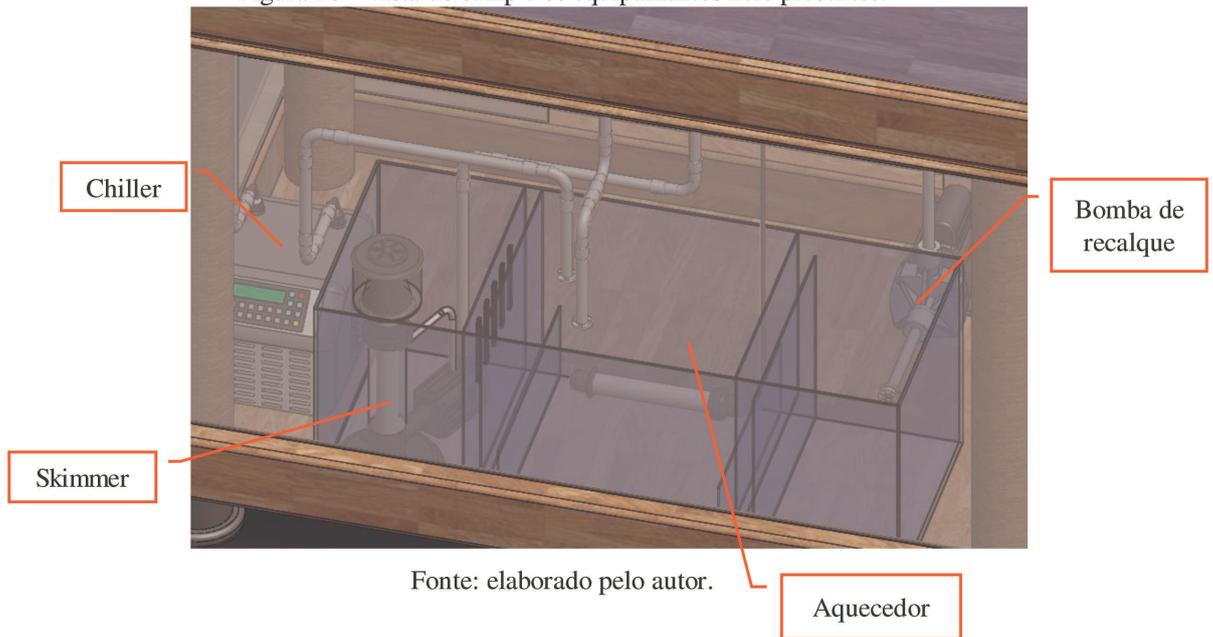
Figura 27 - Vista geral do reservatório 2.



Fonte: elaborado pelo autor.

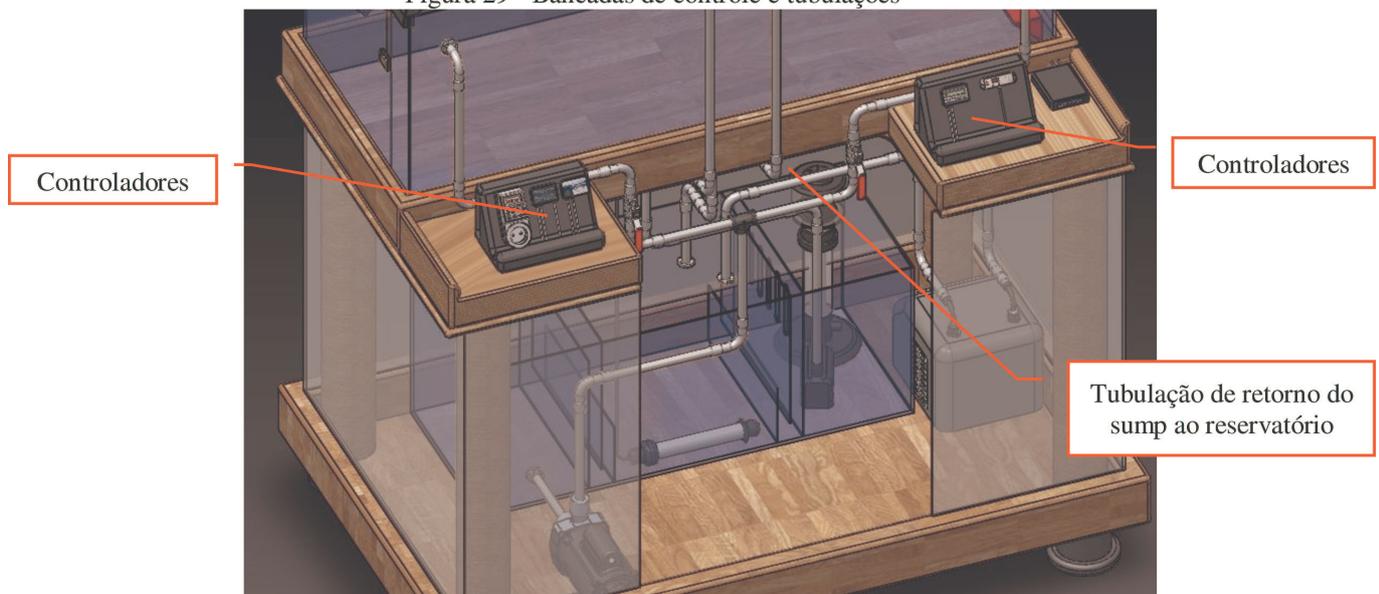
A Figura 28 destaca o sump e alguns equipamentos nele presentes como, por exemplo, o chiller, skimmer, o aquecedor e a bomba de recalque. O chiller será responsável por resfriar a água até atingir a temperatura desejada, caso contrário o aquecedor se encarregará de elevar a temperatura da água do reservatório. A bomba de recalque está relacionada com a saída da água do sump para o reservatório e será responsável bombear a água na tubulação até chegar ao reservatório.

Figura 28 - Vista do sump e os equipamentos nele presentes.



A Figura 29 apresenta a representação do posicionamento dos controladores dos equipamentos dentre os quais podemos citar: o timer, o controlador da rotação das ventoinhas, os controladores da temperatura do aquecedor e do chiller, velocidade do escoamento produzido pelo circulador interno, entre outros. Nota-se, nesta mesma figura, o projeto de toda a tubulação, a qual faz a ligação entre o reservatório, a bomba e o sump.

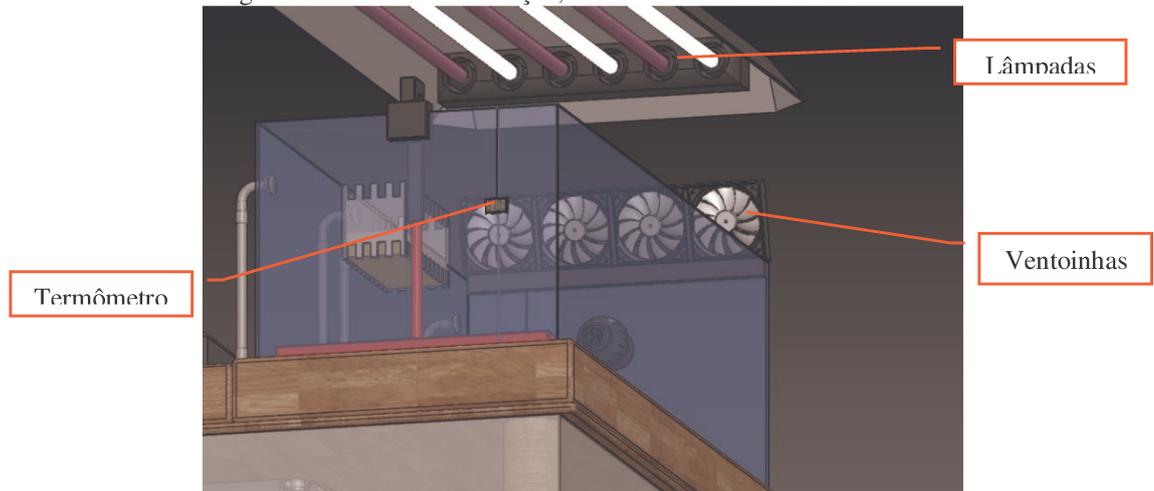
Figura 29 - Bancadas de controle e tubulações



O controlador de ventoinhas, que pode ser observado na Figura 29 é capaz de fornecer potência de até 10W para cada uma das quatro ventoinhas do reservatório, possibilitando velocidades de até 6000 rotações por minuto. O controle é feito através de dois processadores que interagem com um computador pela entrada USB oferecendo um controle preciso.

A Figura 30 abrange a iluminação recomendada para o atual projeto (3 lâmpadas fosforescentes e 3 lâmpadas UV-B). Nas laterais do reservatório estão os mostradores dos termômetros com sensores submersíveis, as quatro ventoinhas que serão responsáveis pela simulação da brisa marinha, o batedor de ondas e o circulador interno. O circulador interno varia seu fluxo de intensidade para até 6000 litros/hora. Este equipamento faz a simulação das correntes marinhas no reservatório e pode ser rotacionado para alterar a direção do fluxo.

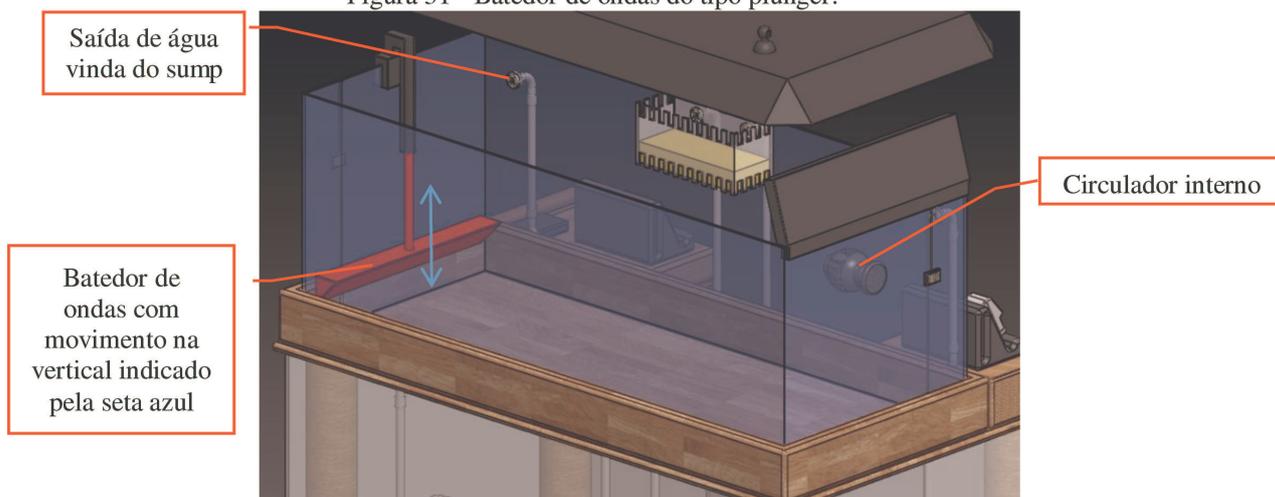
Figura 30 - Vista da iluminação, ventoinhas e termômetros.



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme citado anteriormente, o presente projeto requer a simulação de ondas que está representado na Figura 31. O funcionamento do batedor de ondas do tipo plunger é dependente de um controlador e um sistema motriz capaz de proporcionar movimento ao pistão.

Figura 31 - Batedor de ondas do tipo plunger.



Fonte: elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÃO

Após ampla pesquisa bibliográfica, conclui-se que o estudo da bioincrustação é fundamental devido, principalmente, aos inúmeros problemas causados por este fenômeno em diversos segmentos da indústria, mais especialmente na indústria naval, e por não apresentar uma solução amplamente eficiente para o seu controle. A revisão bibliográfica realizada permitiu compreender melhor as causas e efeitos deste fenômeno tendo sido muito importante para a realização de todas as etapas do presente trabalho, em específico para a determinação dos parâmetros de operação do reservatório.

Com a análise das entrevistas ficou evidente que a seleção de uma tinta anti-incrustante é uma tarefa que exige a consideração de diversos fatores para se obter uma solução adequada. A entrevista direcionada fortaleceu a importância deste tema na área naval e permitiu concluir que as soluções, até então utilizadas, são custosas e obrigam paradas de operação das embarcações para processos de manutenção e prevenção.

O levantamento dos possíveis equipamentos a serem utilizados no reservatório contou com a possibilidade de emprego de aparatos amplamente comercializados, exceto o batedor de ondas, que exige a execução de projeto à parte. Isto permite concluir que a construção do reservatório é viável de ser realizada e sua execução poderá contribuir significativamente com os estudos relacionados a esta área da Engenharia Naval, principalmente no que tange os processos de bioincrustação e corrosão em estruturas navais.

Com a proposta de projeto elaborada em SolidWorks®, buscou-se o melhor posicionamento de todos os equipamentos e seus controladores. As vistas obtidas com o desenvolvimento do projeto em SolidWorks® permite uma análise mais clara da distribuição dos equipamentos e suas funcionalidades.

De forma geral, no presente trabalho buscou-se elaborar um projeto conceitual de um reservatório para a simulação do ambiente marinho, que fosse capaz de auxiliar na avaliação dos fenômenos da bioincrustação em estruturas navais. Após a realização do trabalho pode-se concluir que a execução do projeto não é trivial devido ao ambiente marinho ser eventualmente diferente em cada região de operação das embarcações. Apesar de toda a revisão bibliográfica realizada, o tema carece de informações precisas para a caracterização deste fenômeno e para a proposição mais concreta de todas as condições necessárias para a real operação do reservatório.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o conhecimento adquirido no desenvolvimento do projeto conceitual através de extensa revisão bibliográfica e levando em conta os resultados obtidos com a realização deste trabalho, pode-se sugerir como tema de trabalhos futuros:

- Realizar estudos mais aprofundados dos mecanismos que regem o fenômeno de bioincrustação;
- Projetar um batedor de ondas capaz de simular com precisão os efeitos causados pelas ondas no ambiente marinho;
- Verificar a estrutura necessária para a disposição das amostras que estarão em testes no reservatório;
- Estudar de forma mais aprofundada os parâmetros físicos e biológicos de um determinado ambiente marinho a fim de refinar os pré-requisitos necessários ao reservatório;
- Estudar o modo de controlar os nutrientes da água captada para o reservatório, com a finalidade de não comprometer o processo de bioincrustação pela falta de nutrientes;
- Dar continuidade ao projeto e realizar a parte construtiva do reservatório.

REFERÊNCIAS

- ABARZUA, S., JAKUBOWSKI, S. **Biotechnological investigation for the prevention of biofouling. I. Biofouling and biochemical principles for the prevention of biofouling.** Marine Ecology Progress Series, v.123, 1995
- ACT, **Biofouling prevention Technologies for coastal sensors/sensor platforms.** In: ACT WORKSHOP IN BIOFOULING, 2003, Solomous. Workshop Proceedings. Solomous, Alliance for Coastal Technologies, 2003.
- AGOSTINI, V. O. **Levantamento dos macroinvertebrados de substrates consolidados naturais e artificiais do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil e caracterização do processo de bioincrustação em substrato metálico sob condições marinhas costeiras subtropicais.** Imbé, 2011.
- ANIL et al. **Influence of temperature and salinity on larval development of *Balanus amphitrite*: implication in fouling ecology.** Marine Ecology Progress Series, v. 118, p. 159-166, 1995.
- AZEVEDO, F. B. B.; CARLONI, G. G.; CAVALHEIRA, L. V. **Colonization of benthic organisms on diferente artificial substratum in Ilha Grande bay, Rio de Janeiro, Brasil.** Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 49, n, 2, p. 263-275, Mar. 2006.
- BEECH, I. B.; SUNNER, J. A.; HIRAOKA, K. **Microbe-surface interactions in biofouling and biocorrosion processes.** International Microbiology, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 157-168, Sept. 2005.
- BORGES, L., **Alguns aspectos da biologia de *Thais haemastoma* (Gastropoda: Muricidae) e a sua utilização como espécie indicadora de poluição por TBT, nas águas do porto e marina de Ponta Delgada. Estágio de licenciatura em biologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada. 133 pp., 1997.**
- BOOT, T. R.; MELO, L. F. **Biofouling in Water Systems.** ELSEVIER Science, New York, 14, p. 375-381,1997.
- BRANDA, S. S.; VIK, A.; FRIEDMAN, L., KOLTER, R. **Biofilms: the matrix revisited.** Trends Microbiol, 13 ed. p. 20 – 26, 2005.
- BURKARTER, Ezequiel. **Desenvolvimento de Superfícies Superhidrofóbicas de Politetrafluoretileno.** Tese de doutorado. Curitiba, 2010.
- CHARACKLIS, W. G. **Fouling biofilm Development: a process analysis.** Biotechnology and Bioengineering, New York, v. 23, n. 9, p. 1923-1960, Sept. 1981.
- COMPÈRE, C. et al. **Kinetics of conditioning layer formation on stainless steel immersed in seawater.** Biofouling, Chur, v. 17, n. 2, p. 129-145, 2001.

COUTINHO, R. **Novas fronteiras da bioincrustação marinha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOLOGIA MARINHA, 2, 2009, Armação de Búzios. Anais de congresso. Niterói, Rio de Janeiro, ABBM 2009, p. 49-50.

DOBSON, S.; CABRIDENC, R. **Tributyltin Compounds**. Environmental Health Criteria; 116, International Programme on Chemical Safety. Gênova, 1990.

DONLAN, R. M. **Biofilms; microbial life on surfaces**. Emerging infectious diseases, Atlanta, v. 8, n. 9, p. 881-890, Sept. 2002.

DURR, Simone; THOMASON, Jeremy. **Biofouling**. Iowa, USA: Blackwell Publishing. 2010.

EASHWAR et al. **Mechanism of Barnacle-Induced crevice corrosion in stainless steel**. Corrosion, v.48, n.7, p.608-612, 1992.

EHRlich, H. L. **Geomicrobiology**, 4 ed. New York: Marcel Dekker, 2002.

FERREIRA et al. **Curso de Formação de Operadores de Refinaria: Química Aplicada – Corrosão**. Curitiba: PETROBRÁS : UnicenP, 2002.

FINKEL, S. E; KRAIGSLY, A.; RONNEY, P. D. **Hydrodynamic influences on biofilm formation and growth**. Los Angeles, 2003.

FLEMMING et al. **Marine and Industrial Biofouling**. Los Angeles. USA: Springer, 2009

GAMA, B. A. P. da; PEREIRA, R. C.; COUTINHO, R. A. **A bioincrustação marinha**. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A (Orgs.). **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2009. P. 299-318.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1996.

GOLLASCH, S. **The importance of ship hull fouling as a vector species introductions into the North Sea**. Biofouling, v. 18, n. 2, p. 105-121, 2002.

GOMES, Ana Paula Almeida. **Água de Lastro**. Santos: Diretoria de Portos e Costas, 2004.

HEYDORN et al. **Experimental reproducibility in flow-chamber biofilms**. Microbiology. 146(Pt 10):2409-15, 2000.

HEYDORN et al. **Quantification of biofilm structures by the novel computer program COMSTAT**. Microbiology. 146(Pt 10):2395-407, 2000.

INTERNATIONAL PAINT, Akzo Nobel Ltda. **Catálogo Marítimo**. Versão 5.0. Rio de Janeiro, International Paint, 2008.

JARRET, J. N.; PECHENIK, J. A. **Temporal variation in cyprid quality and juvenile growth capacity for an intertidal barnacle**. Arizona: Ecology, v. 78, n. 4, p. 1262-1265, June 1997.

- JURAS, Ilidia da A. G. M.. **Problemas causados pela água de lastro**. Brasília: [s.n.]. 2003
- KORYAKOVA, M. D.; FILONENKO, N. Y.; KAPLIN, Y. M. **Barnacle-induced corrosion of high-alloyed steels**. Protection of Metals, v. 31, n.2, p. 200-202, 1995.
- KORYAKOVA, M. D.; NIKTIN, V. M.; SPESHNEVA, N. V. **Fouling and Corrosion of High-Alloyed Steel in Seaport Water**. Protection of Metals, v.37, n.3, p.249-253, 2001.
- KRIVOROT et al. **Fators affecting biofilm formation and biofouling in membrane distillation of seawater**. Elsevier. Journal of Membrane Science 376, p 15-24, 2011.
- LOPES, R. M. **Marine zooplankton studies in Brazil: a brief evaluation and perspectives**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. v. 79, n. 3, p; 369-379, Sept. 2007.
- MENASHA, W. I. **Marine fouling and its prevention**. Woods Hole Oceanographic Institute, Annapolis, n 580, p. 1-5, Sept,1952.
- MESSANO, Luciana. **Biocorrosão Marinha: A Comunidade Macroincrustante e seu Efeito na Corrosão dos Aços Inoxidáveis Especiais de Alta Liga (AISI 316L, AISI 904L e Zeron 100)**. Rio de Janeiro, 2007
- MESSANO, L. V. R. et al. **Biocorrosão marinha: interface entre a bioincrustação, processos eletroquímicos e ciência dos materiais**. Revista Pesqueira Naval, Brasília, v. 21, p. 32-43, 2008.
- NATISHAN, P. M. et al. **Corrosion behavior of some transition metals and 4340 steel metals exposed to sulphate-reduction bacteria**. Corrosion, Houston, v. 55, n. 1, p. 1062-1068, 1999.
- NGUYEN, T.; Roddick, F.; FAN, L. **Biofouling of water treatment membranes: A review of the underlying causes, monitoring techniques and control measures**. Membranes, 2, p. 804-840, 2012.
- NIPPON PAINT. **LF-Sea**. Anúncio em revista. Shipping World & Shipbuilder. London: IMAREST. Vol. 210. 2009.
- OMAE, Iwao. **Organotin antifouling paints and their alternatives**. Applied Organometallic Chemistry, v 17, 2, p 81-105, Feb 2003.
- QUAID, C. D. Mc; MULLER, K. **Larval supply and dispersal**. In: DURR, S.; THOMASON, J. C. (Orgs). Biofouling. Ames: Wiley-Blackwell, 2010. p. 16-24.
- RADULOVIC et al. Biofouling resistance and practical constraints of titanium dioxide nanoparticulate silane/siloxane exterior façade treatments. ELSEVIER, p. 150-158, 2013.
- RAILKIN, Alexander. **Marine Biofouling: Colonization Processes and Defenses**. Florida: CRC Press, 2004.
- RITTSCHOF, Dan. **Natural Product Antifoulants and Coatings Development**. Marine Chemical Ecology. Boca Raton FLA: CRC Press, 543-557, 2001.

RITSCHOFF, D., CLARE, A.S., GERHART, D. J., et al., 1992, **Barnacle in vitro assays for biologically active substances:** toxicity and settlement inhibition assays using mass cultured *Balanus amphitrite* Darwin. *Biofouling*, v. 6, p.115-122, 1992.

ROWLANDS, J. C. **Crevice corrosion of stainless steels and nickel alloys under marine conditions.** *British Corrosion Journal*, v.11, n.4, p.195-198, 1976.

SCHEER, B. T. **The development of marine fouling communities.** *Biological Bulletin, Massachusetts*, v. 89, p.103-112, Aug. 1945.

SCHOPF, J. W.; HAYES, J. M.; WALTER, M. R. **Evolution on earth's earliest ecosystems:** recent progress and unsolved problems . In: Schopf JW (ed.) *Earth's earliest biosphere*. Princeton University Press , New Jersey , p. 361 – 384, 1983.

SCHVEPPER, Roger C. **Descrição e Análise de Processos de Pintura de Antiincrustantes em Cascos Offshore.** Trabalho de conclusão de curso. Itajaí, 2009.

SOUZA, G. B. G.; PASSOS, G. M.; BOEHS, G. **Macrofauna incrustante em coletores de sururu (*Mytella guyanensis*) na Ilha do Tanque, Península de Maraú (BA).** CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. Caxambú, Sociedade de Ecologia Brasileira, 2007.

SOUZA, Luiz F.. **Dessalinização como fonte alternativa de água potável.** In: *Norte Científico*, v.1, n.1, 2006.

STACHOWITZ et al. **Offshore oil platforms and fouling communities in the southern Arabian Gulf (Abu Dhabi).** *Marine Pollution Bulletin*, v.44, p. 853-860, 2002.

THIYAGARAJAN et al. **Fouling barnacles:** Larval development, settlement behavior and control technology”, *Journal of the Indian Institute of Science (India)*, v. 79, n. 5, pp. 399-414, 1999.

TRINDADE, Marcela R. G. da. Implementação de um servo-controlador utilizando comunicação óptica sercos para o controle de um batedor de ondas tipo flap. Rio de Janeiro: COPPER/UFRJ, 2008.

UNDERWOOD, A. J. **Experimental ecology of rocky intertidal habitats:** what are we learning?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 250, pp. 51-76., 2000.

WAHL, M. **Marine Epibiosis:** Fouling and antifouling some basics aspects. *Marine Ecology Procees Series*, Amsterdam, v. 58, p. 175- 189, Dec. 1989.

WEG TINTAS. *Manual de Preparação de Superfícies*. Guaramirim, WEG, 2008.

WHOI – Woods Hole Oceanographic Institution. **Marine fouling and its preventions.** U.S. Naval Institute. Annapolis: Iselin, 1952.

XAVIER, J. B. et al. **Monitorização e Modelação da Estrutura de Biofilmes.** Portugal: *Boletim de Biotecnologia*, 2003

YEBRA, Diego; KIIL, Soren; DAM-JOHANSEN, Kim. **Antifouling Technology: Past, Present and Future Steps towards Efficient and Environmentally Friendly Antifouling Coatings**. Progress in Organic Coatings. [s.l.]: Elsevier, 2004.

YOSHIDA, N et al. **Sliding behavior of water droplets on flat polymer surface**. Tokyo: American Chemical Society, 2006

ZARDOUS, J. D. et al **Microbial biofilms facilitate adhesion in biofouling invertebrates**. Biological Bulletin, Massachusetts, v. 214, p. 91-98, Feb. 2008.

ZOBELL, C. F.; ALLEN, E. C. **The significance of marine bacteria in the fouling of submerged surfaces**. Journal of Bacteriology, Califórnia, v. 29, p.239-251, July 1935.

Anêmonas e corais. Disponível em: <<http://www.oceanario.pt/cms/1297>>. Acessado em: 03 de julho de 2014.

BRANG, Scott. **The Science of Protein Skimmers by Scott Brang, a Marine Depot Staff Member**. Disponível em: <<http://kb.marinedepot.com/article.aspx?id=10918>>. Acessado em: 01 de julho de 2014.

BUZZATTO, Walmyr. **Taxa de Evaporação**. Disponível em: <http://www.ipaq.org.br/vb/archive/index.php/t-56218.html>. Acesso em: 30 de junho de 2014.

Iluminação. Disponível em: <http://www.aqualandia.com.br/site/aqualandia_iluminacao.html>. Acessado em: 03 de julho de 2014.

LabOceano. Disponível em: <<http://www.laboceano.coppe.ufrj.br>>. Acessado em: 20 de junho de 2014.

SHEI, Marcelo. **Iluminando sistemas marinhos**. Disponível em: <http://www.aquahobby.com/articles/b_ilumarin.php>. Acessado em: 03 de julho de 2014.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO A PROFISSIONAIS DO SEGMENTO NAVAL SOBRE A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO REALIZADO

PERGUNTAS

QUAIS OS PROBLEMAS QUE VOCÊ OBSERVA NA AUSENCIA DE UM ANTI-INCRUSTANTE TOTALMENTE EFICIENTE PARA CASCOS DOS NAVIOS?

QUE VANTAGENS VOCE NOTA NA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE TINTAS ANTI-INCRUSTANTES EM LABORATÓRIOS SIMULANDO O AMBIENTE MARINHO?

QUAL TIPO DE ANTI-INCRUSTANTE É MAIS ADEQUADO PARA APLICAÇÃO EM EMBARCAÇÕES DE AÇO? POR QUÊ?

QUAL A SUA OPINIÃO A RESPEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS TINTAS ANTI-INCRUSTANTES EM RELAÇÃO AO IMPACTO AMBIENTAL QUE ELA PODE CAUSAR NO MEIO AMBIENTE?

Nome do entrevistado: Rafael da Silva

- Os anti-incrustantes têm por finalidade impedir a impregnação de microrganismos. A escolha de um bom anti-incrustante deve ser bem avaliada, pois a este sistema deve ser levado em conta o tipo de navegação e o local de operação da embarcação. Caso o sistema não funcione corretamente, verificam-se vários problemas como: obstrução de caixas de mar, trocadores de calor (grid cooler), quilha de refrigeração, incrustação em eixo propulsor, hélice, dentre outros acessórios anexos ao casco. O problema principal é a perda de rendimento causado pelo atrito excessivo entre o casco e a água.
- Estudos de caso realizados no ambiente real possibilitam um estudo mais preciso do problema, porém as amostras podem ser submetidas às avarias como: ação de vândalos e perda de amostra. A necessidade de ir até o local de estudo dificulta a coleta do material. E, imagina-se que com um tanque em laboratório, alguns desses problemas possam ser resolvidos, além de permitir a simulação de ambientes de outras regiões a qual a embarcação irá operar.
- Devido as embarcações de aço ficarem boa parte de seu tempo atracadas e serem embarcações com velocidade médias de 8 nós ($\approx 16\text{km/h}$) o anti-incrustante mais apropriado seria um anti-incrustante SPC do tipo de auto polimento e livre de estanho, pois ocorre uma dissolução química controlada do filme de tinta na água do mar, tendo como resultado o polimento e alisamento do filme de tinta em serviço.
- As empresas fornecedoras de tinta vêm se preocupando cada vez mais com a agressão dos seus produtos ao meio ambiente, modificando suas composições químicas, um exemplo bem claro são as tintas com 100% de sólidos, livre de solventes que são os maiores agressores ao meio ambiente devido à concentração de Xileno.

Nome do entrevistado: Giovane Pivatto Filho

- No caso da utilização de um anti-incrustante inadequado ou ineficiente na embarcação, o excesso de incrustação nas áreas abaixo da linha da água será inevitável. Neste caso, problemas como diminuição da velocidade de navegação e aumento no consumo de combustível surgirão e gastos com docagens não programadas e parada da embarcação serão necessários
- Os testes de produtos anti-incrustantes em ambientes simulados são de extrema importância para que fabricantes possam conhecer o potencial de seus produtos antes de coloca-los a disposição no mercado. Desta maneira é possível que o fabricante especifique o anti-incrustante mais adequado e que atenda a expectativa de desempenho dos futuros clientes.
- Existem diferentes sistemas anti-incrustantes fornecidos por diferentes fabricantes. Na International Paint, fatores como: tipo de embarcação, ambiente/clima onde a embarcação vai operar e atividade náutica da embarcação, são levados em consideração antes de gerar uma especificação. Portanto, o anti-incrustante mais adequado é o que melhor desempenho apresentar em suas futuras condições de operação. O melhor a fazer na hora de especificar o anti-incrustante para uma embarcação é consultar o fabricante de tinta.
- Atualmente as tecnologias anti-incrustantes da Akzo Nobel são produzidas em conformidade com entidades regulamentadoras que limitam e até proíbem a utilização de alguns elementos químicos na composição das tintas (ex. chumbo). No entanto, ainda existem fabricantes fornecendo anti-incrustantes com composições químicas agressivas ao meio. Na minha opinião, as tecnologias anti-incrustantes estão caminhando para um futuro ecologicamente correto, sendo que tecnologias como produtos à base de silicone, sem agentes químicos estão chegando ao mercado e tendem a ser cada vez mais utilizadas devido à necessidade mundial de preservação do meio ambiente.

ANEXO 1 – BOLETINS TÉCNICOS

BOLETIM TÉCNICO – Tinta Líquida



WEG ECOLOFLEX SPC 100

DESCRIÇÃO DO PRODUTO:	Tinta Antiincrustante, livre de estanho de auto-polimento hidrolítico a base de copolímero acrilato de cobre, desenvolvida com tecnologia patenteada pela Nippon Paint Co. Ltd. Produzida pela WEG Tintas em associação com a Nippon Paint Co. Ltd.																																																		
RECOMENDAÇÕES DE USO:	Produto especialmente desenvolvido para embarcações de águas profundas que navegam longas distâncias com média e alta velocidade. A série ECOLOFLEX SPC assegura excelente e longa performance, proporcionando grande economia de combustível.																																																		
EMBALAGENS:	WEG Ecoloflex SPC 100 – Balde (20 L)																																																		
MARCA LOCAL DO JAPÃO	Ecoloflex SPC 100																																																		
CARACTERÍSTICAS:	<table border="1"> <tr> <td>Cores</td> <td colspan="3">Vermelho escuro, Marrom médio e Marrom escuro</td> </tr> <tr> <td>Brilho/ Aspecto</td> <td colspan="3">Semi Brilho</td> </tr> <tr> <td>Sólidos por Volume</td> <td colspan="3">44 ± 2% (ISO 3233 - 1998)</td> </tr> <tr> <td>Prazo de Validade</td> <td colspan="3">06 meses a 25°C</td> </tr> <tr> <td>Espessura por demão</td> <td colspan="3">65 - 150 micrometros seco.</td> </tr> <tr> <td>Rendimento teórico</td> <td colspan="3">4,40 m²/litro na espessura de 100 micrometros seco. Sem considerar os fatores de perda na aplicação.</td> </tr> <tr> <td>Secagem</td> <td>5°C</td> <td>20°C</td> <td>30°C</td> </tr> <tr> <td>Toque</td> <td>3 horas</td> <td>1 hora</td> <td>40 minutos</td> </tr> <tr> <td>Antes do Alagamento</td> <td>18 horas</td> <td>12 horas</td> <td>10 horas</td> </tr> <tr> <td>Secagem Repintura com WEG Ecoloflex SPC 100</td> <td>5°C</td> <td>20°C</td> <td>30°C</td> </tr> <tr> <td>Min.</td> <td>6 h</td> <td>4 h</td> <td>3 h</td> </tr> <tr> <td>Máx.</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>			Cores	Vermelho escuro, Marrom médio e Marrom escuro			Brilho/ Aspecto	Semi Brilho			Sólidos por Volume	44 ± 2% (ISO 3233 - 1998)			Prazo de Validade	06 meses a 25°C			Espessura por demão	65 - 150 micrometros seco.			Rendimento teórico	4,40 m ² /litro na espessura de 100 micrometros seco. Sem considerar os fatores de perda na aplicação.			Secagem	5°C	20°C	30°C	Toque	3 horas	1 hora	40 minutos	Antes do Alagamento	18 horas	12 horas	10 horas	Secagem Repintura com WEG Ecoloflex SPC 100	5°C	20°C	30°C	Min.	6 h	4 h	3 h	Máx.	-	-	-
Cores	Vermelho escuro, Marrom médio e Marrom escuro																																																		
Brilho/ Aspecto	Semi Brilho																																																		
Sólidos por Volume	44 ± 2% (ISO 3233 - 1998)																																																		
Prazo de Validade	06 meses a 25°C																																																		
Espessura por demão	65 - 150 micrometros seco.																																																		
Rendimento teórico	4,40 m ² /litro na espessura de 100 micrometros seco. Sem considerar os fatores de perda na aplicação.																																																		
Secagem	5°C	20°C	30°C																																																
Toque	3 horas	1 hora	40 minutos																																																
Antes do Alagamento	18 horas	12 horas	10 horas																																																
Secagem Repintura com WEG Ecoloflex SPC 100	5°C	20°C	30°C																																																
Min.	6 h	4 h	3 h																																																
Máx.	-	-	-																																																



PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A performance deste produto esta associada ao grau de preparação da superfície. Remover completamente óleos, graxas e gorduras. Lavar com água doce conforme apropriado.

A sujidade acumulada deve ser removida, utilizando uma escova seca e os sais solúveis devem ser removidos, lavando com água doce em alta pressão.

Obras novas:

O produto WEG Ecoloflex SPC 100 deve ser aplicado sobre primer e selador específico a fim de compor um sistema de pintura adequado. Para a correta aplicação do primer/ selador, consultar o seu boletim técnico.

Primers recomendados para aplicação sobre aço:

Weg Tar Free 712, Weg Tar Free Plus, Wegpoxi Wet Surface 89 PW, NOA A/C II, NOA 10 M, UNIPIME 100, NIPPON V-MARINE A/C TF, NIPPON V-MARINE A/C.

Seladores recomendados:

Weg Tie Coat e Wegnílica Tar Free CVI 810.

Respeitar o intervalo de repintura do selador antes da aplicação do WEG Ecoloflex SPC 100.

Manutenção e Reparo:

A aplicação do produto WEG Ecoloflex SPC 100 sobre outros produtos livre de TBT, da WEG ou de outro fabricante não deverá ser feita sem consulta prévia à WEG Tintas. Qualquer aplicação sem consulta não está autorizada.

Nota: Se for ultrapassado o intervalo máximo indicado para aplicação da demão subsequente do acabamento, se faz necessário proceder lixamento manual / mecânico utilizando lixa para quebra do brilho. Este procedimento se faz necessário para obter aderência entre as camadas.

Para maiores informações consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

PREPARAÇÃO PARA APLICAÇÃO:

Homogeneizar o conteúdo da embalagem por meio de agitação mecânica ou pneumática. Assegurar que nenhum sedimento fique retido no fundo da embalagem.

Diluyente

Recomendado – Diluyente Antiincrustante

Diluição

Dependendo do método de aplicação, diluir no máximo 5% em volume.

Não dilua com solventes que não sejam permitidos pela legislação local e nem exceda o percentual de diluição indicado.

Excessiva diluição da tinta poderá afetar a formação do filme, o aspecto e dificultar a obtenção da espessura especificada.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO Antiincrustante a base de copolímero de autopolimento de alto desempenho, livre de TBT, com tecnologia acrilato de cobre patenteada.

INDICAÇÕES Especificamente projetado para Embarcações de Águas Profundas.
Para uso em Obras Novas.

INFORMAÇÃO SOBRE O PRODUTO

Cor	BEA463-Marrom Escuro, BEA464-Vermelho Escuro, BEA465-Marrom Médio
Acabamento/Brilho	Não aplicável
Conversor/Agente de Cura	Não aplicável
Sólidos por Volume	40% ±2% (ISO 3233:1998)
Relação de Mistura	Não aplicável
Espessura Típica de Filme	4.9 mils seco (12.3 mils úmido)
Rendimento Teórico	130 (ft ² /Galão Americano) a 125 micrometros seco, considerar os fatores de perda apropriados
Método de Aplicação	Pulverização Airless, Trincha, Rolo
Ponto de Fulgor	Um Componente 72°F (O produto produzido e fornecido na América do Norte possui um Ponto de Fulgor de 21°C (70°F) devido ao uso de solventes locais. O desempenho do produto não é afetado.)

Secagem	23°F	41°F	77°F	95°F
	Secagem ao Toque [ISO 1517:73]	120min	60min	40min
Antes do Alagamento	30h	18h	12h	10h

Informação sobre Repintura - vide limitações

Temperatura do Substrato

Repintado com	23°F		41°F		77°F		95°F	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Intersmooth 465 SPC	12h	6m	6h	6m	4h	6m	3h	6m

Nota: Consultar seção "Limitações" para tempo máximo recomendado de exposição atmosférica antes do alagamento. Caso seja aplicada uma espessura seca maior que 375 micrometros na docagem de entrega, consultar o boletim técnico do Intersmooth 460 SPC para os intervalos mínimos de Repintura e Intervalos antes do Alagamento para esquemas de 48-60 meses. Para tempo antes do alagamento a -5°C (23°F) deve-se aguardar um mínimo de 72 horas após a aplicação da última demão. Para repintura a -5°C (23°C) deve-se aguardar um mínimo de 24 horas para esquemas de 3 e 4 demãos. Consulte a International Paint para recomendações específicas.

DADOS REGULAMENTARES

VOC	508 g/lit como fornecido (Método EPA 24) 311 g/kg Diretiva de Emissão de Solventes da CE (Diretiva do Conselho 1999/13/EC)
EPA	Registro Federal na EPA dos EUA No. 2693-188 (BEA463, BEA464) BEA465 não são aprovados nos EUA Este produto não é registrado no Canadá. Vide Página 4 para Dados Regulamentares Adicionais.

Este produto não contém compostos de estanho atuando como biocidas e desta forma está em conformidade com a Convenção Internacional para o Controle de Sistemas Antiincrustantes Nocivos em navios, conforme adotado pela IMO em Outubro de 2001 (documento IMO AFS/CONF/26).

CERTIFICAÇÃO

Quando usado como parte de um esquema aprovado, este material possui a(s) seguinte(s) certificação(ões):

- Produto reconhecido pelas seguintes sociedades classificadoras como estando em conformidade com a Convenção Internacional para o Controle de Sistemas Antiincrustantes Nocivos em Navios, 2001 (AFS 2001):
Lloyds Register, Germanischer Lloyd, Korean Register of Shipping, DNV.

Consultar a International Paint para detalhes.

SISTEMAS E COMPATIBILIDADE

Consultar a International Paint sobre o sistema mais adequado para as superfícies a serem protegidas.

PREPARAÇÕES DE SUPERFÍCIE

Usar em conformidade com as "Worldwide Marine Specifications" padrão.
 Todas as superfícies a serem pintadas devem estar limpas, secas e livres de contaminação.
 Lavar com água doce sob alta pressão ou baixa pressão conforme apropriado e remover todo o óleo ou graxa, contaminações solúveis e outras matérias estranhas em conformidade com SSPC-SP1 Limpeza com Solvente.

OBRAS NOVAS

Intersmooth 465 SPC deve sempre ser aplicado sobre um primer recomendado. A superfície do primer deve estar seca e livre de qualquer contaminação e Intersmooth 465 SPC deve ser aplicado dentro do intervalo entre demãos especificado (consultar o boletim técnico do produto) Áreas corroídas, danificadas, etc. devem ser preparadas conforme padrão especificado (ex. Sa2½ (ISO 8501-1 : 1988)) e retocadas com primer antes da aplicação de Intersmooth 465 SPC.

Consultar a International Paint para recomendações específicas.

NOTA:

Para uso de Tintas Marítimas na América do Norte, os seguintes padrões de preparação de superfície podem ser empregados:
 SSPC-SP10 em lugar de Sa2½ (ISO 8501-1:1988)



Intersleek 970

Fluoropolímero para desprendimento de incrustações

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	Revestimento de desprendimento de incrustações à base de fluoropolímero em três componentes								
INDICAÇÕES	Utilizado como demão de acabamento para o sistema de desprendimento de incrustações Intersleek 900. Para uso em Obras Novas ou Manutenção e Reparos.								
INFORMAÇÃO SOBRE O PRODUTO	Cor	FXA970-Branco, FXA971-Cinza, FXA972-Azul, FXA977-Vermelho, FXA979-Preto; e uma limitada gama de cores							
	Acabamento/Brilho	Brilhante							
	Comp. B (Agente de cura)	FXA980 (Parte B), FXA981 (Parte C)							
	Sólidos por Volume	74% ±2% (ISO 3233:1998)							
	Relação de Mistura	16 volumes de Comp. A para 3 volumes de Comp. B para 1 volume de Comp. C							
	Espessura Típica de Filme	Faixa: 150 – 200 microns seco (203-270 microns molhado) podem ser especificados dependendo do uso final							
	Rendimento Teórico	Faixa: 4,93 - 3,70 m ² /litro à 150 - 200 microns seco, considerar os fatores de perda apropriados.							
	Método de Aplicação	Pistola Airless, Trincha							
	Ponto de Fulgor	Comp. A 38°C; Comp. B 24°C; Comp. C 32°C; Mistura 32°C							
	Tempo de Indução	Não é necessário							
	Secagem	0°C	15°C	25°C	35°C				
	Secagem ao Toque (ISO 9117/3:2010)	7 h	4 h	3 h	2 h				
	Completa (ISO 9117-1:2009)	16 h	9 h	6 h	5 h				
	Antes do alagamento	48 h	36 h	20 h	17 h				
	Vida Útil	140 min	90 min	60 min	30 min				
	Obs.	O intervalo a ser dado antes do alagamento pode ser reduzido para 24 horas caso a temperatura varie entre 5°C e 20°C, desde que o navio permaneça parado por um período mínimo de 2-3 dias após o alagamento. Em temperaturas entre 0°C e 5°C, o tempo mínimo absoluto para alagamento é de 48 horas e o navio deve permanecer parado por no mínimo 4 dias após a desdocagem. Entretanto, o revestimento pode sofrer deslocamento entre demãos em áreas que estão sujeitas a abrasão mecânica devido às defensas ou danos por impacto.							
	Informação sobre Repintura - vide limitações	Temperatura do Substrato							
		0°C		15°C		25°C		35°C	
	Repintado com	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
	Obs.	Pode ser repintado sobre si próprio, seja quando fresco ou após imersão prolongada desde que a superfície esteja em limpa e em boas condições. Consulte a International Paint. Intersleek 970 NÃO PODE ser repintado com o Intersleek 757.							

DADOS REGULAMENTARES	VOC	248 g/L como fornecido (EPA Method 24) 241 g/kg da tinta líquida Diretiva EU sobre Emissões de Solventes (Diretiva do Conselho 1999/13/EC)
		Os valores de VOC são recomendados somente para orientação. Estes podem variar dependendo de fatores como diferença de cor e tolerâncias normais de fabricação.
		Este produto não contém compostos de estanho atuando como biocidas e desta forma está em conformidade com a Convenção Internacional para o Controle de Sistemas Antiincrustantes Nocivos em navios, conforme adotado pela IMO em Outubro de 2001 (documento IMO AFS/CONF/26).



Intersleek 970

Fluorpolímero para desprendimento de incrustações

CERTIFICAÇÃO

Este produto possui as seguintes certificações, quando utilizado como parte de um esquema aprovado:

Produto reconhecido pelas classificações abaixo, de acordo com a Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, 2001 (AFS 2001):

- Germanischer Lloyd

Consultar a International Paint para detalhes.

SISTEMAS E COMPATIBILIDADE

Consultar a International Paint sobre o sistema mais adequado para as superfícies a serem protegidas.

PREPARAÇÕES DE SUPERFÍCIE

Usar em conformidade com as "Worldwide Marine Specifications" padrão.

Todas as superfícies a serem pintadas devem estar limpas, secas e livres de contaminantes.

Lavar com água doce sob alta pressão ou simplesmente água doce conforme apropriado e remover todo o óleo ou graxa, contaminantes solúveis e outras matérias estranhas em conformidade com SSPC-SP1 Limpeza com Solvente.

Intersleek 970 deve sempre ser aplicado sobre Intersleek 737 tie coat (Intersleek 731 nos EUA) dentro do intervalo entre demãos requerido.

Consultar a International Paint para instruções detalhadas de aplicação e recomendações.