

**DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO  
DE UMA MÁQUINA PARA LAVAÇÃO DE  
LANTERNAS NO CULTIVO DE OSTRAS**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica

**DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO  
DE UMA MÁQUINA PARA LAVAÇÃO DE  
LANTERNAS NO CULTIVO DE OSTRAS**

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

FÁBIO EVANGELISTA SANTANA

Florianópolis, fevereiro de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA

**DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO  
DE UMA MÁQUINA PARA LAVAÇÃO DE  
LANTERNAS NO CULTIVO DE OSTRAS**

FÁBIO EVANGELISTA SANTANA

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA  
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA  
sendo aprovada em sua forma final.**

---

**Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.Eng. – Orientador**

---

José Antonio Bellini da Cunha Neto, Dr.- Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Edison da Rosa, Dr.Eng.

---

Prof. Jaime Fernando Ferreira, Dr.

---

Prof. Rodrigo Lima Stoeterau, Dr. Eng.

*"O essencial é invisível para os olhos*

*Só se vê bem com o coração."*

*Antoine de Saint-Exupéry*

*Dedico este trabalho  
aos meus pais,  
Serafim e Terezinha,  
e aos meus irmãos,  
Horlly e Flávio.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu grande Orientador celeste, Deus, pela paz proporcionada para a realização deste trabalho.

Ao meu professor orientador, Prof. Fernando Antônio Forcellini, por todo o conhecimento compartilhado ao longo de todo o trabalho, pela orientação infalível e pelas valiosas dicas.

Aos bolsistas de iniciação científica Claudio Schuch e Eduardo Meller pelos desenhos em CAD, pelas idéias trocadas e pela prontidão em ajudar.

Ao mestrando André Novaes pela apresentação do problema e pelas constantes e infinitas dicas sobre o projeto.

Ao amigo Aldrwin, pelo companheirismo na pesquisa e pelas incassáveis discussões sobre o projeto.

À Samantha Okubo da Silva do Instituto de Pesca de São Paulo, à Sabrina Vitória da Linha Verde do IBAMA e à Iranilde Lima Gomes do IBAMA pelos dados estatísticos sobre produção de ostras.

À Professora Aimê, ao estudante Rodrigo Randow de Freitas e a todos da lista Panorama da Aqüicultura pelas dicas sobre aqüicultura.

Ao ostreicultor Rafael (Desterro Moluscos) e ao consultor francês Yves Armingaud pelas colaborações com o estado-da-arte.

Aos ostreicultores de Santo Antônio de Lisboa, Sambaqui e do Ribeirão da Ilha, especialmente ao Nelson e ao Fábio da Atlântico Sul.

Ao Chico Neto e Rafael da EPAGRI, Felipe Matarazzo Suplicy do SEAP, Paul Smith da Nova Zelândia, Lionel Dabbadie e Sérgio Arruda Kotchergenko da lista Panorama da Aqüicultura e a Christine Hartman da Fukui North America pelas informações sobre mecanização na maricultura.

Aos Engenheiros Antonio Dourado, Sergio, Elisâgela, Ivo Jr., Carlos Leonel e Marcos Carrafa pelas preciosas idéias durante as reuniões de brainstorming.

Ao colega Felipe Pigari pelo interesse e curiosidade, despertando criatividade na equipe de projeto.

Aos Eng. Carlos Leonel e Frederic Dabbas pelos conhecimentos referentes à UFSC e indicações de especialistas de diversas áreas envolvidas no desenvolvimento do projeto.

Aos Engenheiros Idézio, Augusto Zimmerman, Edevaldo e ao estudante Rafael Hiebert pela ajuda com os cálculos de pressão, vazão e dimensionamento dos tubos e escolha da motobomba.

Ao Sr. João e a Sra. Edinéia da Megaville Ind. e Com. pela doação da motobomba.

À Susie Keller, Gerson e Carlos do Grante pelos conhecimentos concernentes à mecânica dos fluidos.

Aos Professores Edison da Rosa, Carlos Rodrigo Roesler, Fredel e ao estudante Pretti pelas informações sobre ensaios de resistência dos materiais.

Aos Professores Jaime, Cabral e Acires, aos estudantes Aldrwin, Bruno Mund, Gaúcho, Julio e aos técnicos do LMM, Jackson e Itamar pelas colaborações na realização do experimento de lavação de lanternas.

Aos Professores Orestes e Weingaertner, aos estudantes Carlos (Siri), Fábio (Chará) e Tiago e ao consultor americano Sam Berliner pelas informações a respeito do ultra-som.

Ao técnico Roberto José Dias de Andrade do NeDIP pela experiência e total assistência na construção do protótipo.

Aos Engenheiros Mário Henrique Mello e Márcio Giacomin pela disposição em colaborar com a fabricação do protótipo e pela ajuda prestada na montagem do mesmo.

Aos queridos amigos Almir Pigari, Giselia Evangelista e Juliana Albiero pela fé nas orações de auxílio, principalmente nas etapas finais da pesquisa.

Aos amigos Panayot Marev (Ponko), Teodora Uzunova (Bebo), Nicole, Kathy Saunders e Sean Hillocks pelas valiosas ajudas.

Aos colegas contemporâneos no NeDIP que estiveram sempre colaborando com alguma informação desde o início na pesquisa: Aldrwin, Alexandra, André Novaes, Andréa, Brasil, Calil, Claiton, Carlos Leonel, Carrafa, Elisângela, Fabinho, Feca, Fernando Espinosa, Gitirana, Gunther, Ivo Jr., Márcio Catapan, Márcio Giacomin, Paulo, Roberto, Silvana, Tati, Thales, Túlio, Viviane e Washington.

Aos amigos que sempre estiveram presentes nas seções do Batiman.

Aos amigos Fabiano C. Souza, Jarbas, Eugênio, Sean, Rock e Ponko simplesmente pela amizade.

Aos administradores de rede do NeDIP George e Cloves pela prontidão em reparar os imprevistos e incompreensíveis problemas computacionais.

À CNPQ pela concessão da bolsa de estudos, à FIPAI e FUNARBE pelas colaborações financeiras para a pesquisa e para a construção do protótipo.

À UFSC pelo espaço, ao Departamento de Engenharia Mecânica pelo programa de pós-graduação ofertado e às funcionárias do POSMEC Ana e Goretti, pelos documentos e informações fornecidos sempre que requisitados.

Aos Professores da banca, Dr. Eng. Edison da Rosa, Dr. Jaime Fernando Ferreira e Dr. Eng. Rodrigo Lima Stoeterau.

A todas as pessoas e entidades não citadas que colaboraram de alguma forma para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE QUADROS .....	xiv
RESUMO .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
<i>ZUSAMMENFASSUNG</i> .....	xvii
Capítulo 1: INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Desenvolvimento tecnológico do cultivo de ostras.....	1
1.2. Apresentação do problema .....	3
1.3. Metodologia de projeto.....	7
1.4. Objetivos .....	7
1.5. Contribuições .....	8
1.6. Estrutura do trabalho.....	9
Capítulo 2: DESENVOLVIMENTO ATUAL DA OSTREICULTURA.....	10
2.1. Introdução .....	10
2.2. Panorama mundial da aquicultura.....	10
2.3. Produtores mundiais de ostras.....	11
2.4. Produtores nacionais de ostras.....	12
2.5. Fundamentos do cultivo de ostras .....	14
2.5.1. Sistemas de cultivo .....	14
2.5.2. Processo de produção de ostras.....	14
2.5.3. Estruturas utilizadas no cultivo de ostras .....	14
2.6. O problema do <i>fouling</i> .....	16
2.6.1. Introdução .....	14
2.6.2. Formas de combate ao <i>fouling</i> .....	14
2.6.3. Máquinas utilizadas no combate ao <i>fouling</i> .....	148
2.7. Considerações finais.....	20

Capítulo 3: PROJETO INFORMACIONAL .....	21
3.1. Pesquisar informações sobre o tema do projeto .....	21
3.2: identificar as necessidades dos clientes do projeto .....	21
3.3: estabelecer os requisitos dos clientes.....	23
3.4: estabelecer os requisitos do projeto.....	24
3.5: hierarquizar os requisitos do projeto .....	25
3.6: estabelecer as especificações do projeto .....	25
3.7: considerações finais.....	28
Capítulo 4: PROJETO CONCEITUAL .....	29
4.1. Estabelecer a estrutura funcional.....	29
4.2. Pesquisar por princípios de solução .....	32
4.3. Combinar princípios de solução .....	33
4.4. Selecionar combinações .....	38
4.5. Evoluir em variantes de concepção .....	42
4.6. Avaliar concepções .....	43
4.7. Considerações finais.....	45
Capítulo 5: PROJETO PRELIMINAR, DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO .....	46
5.1. Projeto preliminar .....	46
5.1.1. Identificação dos requisitos determinantes .....	46
5.1.2. Identificação dos portadores de efeito físico determinantes.....	46
5.1.3. Desenvolver leiaute detalhado e desenhos de forma.....	46
5.2. Projeto detalhado .....	57
5.2.1. Preparar documento para fabricação do protótipo .....	57
5.3. Construção do protótipo .....	57
5.4. Esquema de funcionamento do protótipo.....	63
5.5. Estimativa de custo do protótipo .....	63
5.6. Considerações finais.....	64
Capítulo 6: TESTES DO PROTÓTIPO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	65
6.1. Introdução .....	65
6.2. Testes do protótipo .....	65
6.2.1. Praticidade de uso.....	67
6.2.2. Retirada do <i>fouling</i> .....	69
6.3. Discussão dos resultados .....	68
6.4. Considerações finais.....	69

Capítulo 7: CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	70
7.1. Atendimento ao objetivo geral .....	70
7.2. Atendimento às especificações do projeto .....	70
7.3. Aplicação da metodologia de projeto .....	72
7.4. Considerações finais .....	73
7.5. Sugestões para trabalhos futuros .....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
BIBLIOGRAFIA .....	78
APÊNDICES .....	79
Apêndice 1: Experimento de lavação de lanternas .....	80
Apêndice 2: Metodologia de projeto .....	83
Apêndice 3: Guia de entrevista .....	89
Apêndice 4: Diagrama de Mudge .....	91
Apêndice 5: Matriz da casa da qualidade .....	92
Apêndice 6: Estrutura funcional .....	93
Apêndice 7: Maquete do sistema de cultivo .....	95
Apêndice 8: Desenhos técnicos do protótipo .....	96
ANEXOS .....	111
Anexo 1: Legislação para a aquicultura .....	112
Anexo 2: Dados técnicos das bombas .....	114

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - <i>Crassostrea gigas</i> ou ostra japonesa ou ostra do pacífico .....	1
FIGURA 1.3 – Peso do <i>fouling</i> por lanterna .....	4
Figura 1.4 – Processo de lavação de lanternas: a) retirada da água, b)transporte c) lavação com jato de água.....	5
FIGURA 1.5 – Conseqüências da falta de manejo: a) detalhe de ostra com <i>fouling</i> b) processo de raspagem.....	7
FIGURA 2.1 – Evolução da produção de ostras cultivadas em Santa Catarina .....	13
FIGURA 2.2 – Tipos de lanternas utilizadas no cultivo de ostras.....	15
FIGURA 2.3 – a) Travesseiro, b) cesto e c) bandeja utilizados no cultivo de ostras .....	16
FIGURA 2.4 – <i>Fouling</i> encontrado na França .....	17
FIGURA 2.5 – Máquina utilizada na França para lavação de travesseiros .....	19
Figura 2.6 – Máquina lavadora de cestos .....	19
FIGURA 2.7 – Sistema flutuante para criação de peixes.....	20
FIGURA 3.1 – Espiral do desenvolvimento .....	22
FIGURA 3.2 – Requisitos Gerais do Projeto classificados de acordo a proposta de Fonseca.....	24
FIGURA 3.3 – Requisitos Específicos do Projeto classificados de acordo a proposta de Fonseca .....	25
FIGURA 4.1 – Função global “limpar lanterna” .....	30
FIGURA 4.2 – Estrutura de Desdobramento do Produto de uma lanterna.....	30
FIGURA 4.3 – Símbolos para a elaboração de uma estrutura de funções .....	31
FIGURA 4.4 – Nível 1 da estrutura funcional: funções principais e auxiliares .....	31
FIGURA 4.5 – Matriz morfológica.....	34
FIGURA 4.6 – Modelos de princípio de solução: 1) Modelo 1 e 2) Modelo 2.....	35
FIGURA 4.7 – Modelos de princípio de solução: 3) Modelo 3 e 4) Modelo 4.....	36
FIGURA 4.8 – Modelos de princípio de solução: 5) Modelo 5 e 6) Modelo 6.....	36
FIGURA 4.9 – Modelos de princípio de solução: 7) Modelo 7 e 8) Modelo 8.....	37
FIGURA 4.10 – Modelos de princípio de solução: 9) Modelo 9 e 10) Modelo 10 .....	37
Figura 4.11 – Modelos de princípio de solução: Modelo 11 .....	38
FIGURA 4.12 - Técnicas de avaliação conceitual.....	39

FIGURA 4.13 – Pressão dinâmica em função da distância de aplicação de jatos submersos.....	41
FIGURA 4.14 – a) Concepção 3, b) Concepção 4, c) Concepção 9, e d) Concepção 11 .....	43
FIGURA. 5.1 – Tipos de bicos projetados: a) Tipo I (escareado)e b) Tipo II (com rasgo).....	49
FIGURA 5.2 – Bicos de alto desempenho.....	49
FIGURA 5.3 – Localização dos orifícios nos tubos .....	50
FIGURA 5.4 –Orifícios para limpeza das partes inferior e superior das bandejas.....	50
FIGURA 5.5 – Teste do ponto de articulação. a) Modelo construído b) Detalhe dos pontos testados....	51
FIGURA 5.6 – Coeficientes de perda de carga para escoamento através de variações súbitas de área.	52
FIGURA 5.7 – Vazão em orifícios paralelamente dispostos.....	53
FIGURA 5.8 – Curvas das bombas X curvas de perda de carga do sistema.....	54
FIGURA 5.9 – Chassi.....	55
FIGURA 5.10 – Leiaute dos tubos.....	55
FIGURA.5.11 – Esforço nas alavancas de comando .....	56
FIGURA 5.12 – Leiaute da alavanca.....	56
FIGURA 5.13 – Leiaute do gancho .....	56
FIGURA 5.14 – Protótipo de lavação de lanternas. a) conjunto, b) detalhe dos bicos e c) gancho. ....	62
FIGURA 5.15 – Esquema de funcionamento do protótipo .....	63
FIGURA 6.1 – Etapas do processo de lavação com protótipo: a) içamento e b) lavação.....	66
FIGURA 6.2 – Comparação qualitativa: (a) antes e (b) após lavação .....	67
FIGURA 6.3 – Comparação dos tempos totais de lavação sem protótipo e com protótipo. ....	68
FIGURA 6.4 – Comparação dos pesos do <i>fouling</i> retirado pelos processos I e II.....	68
FIGURA AP 2.1 –Processo de desenvolvimento de produtos .....	83
FIGURA AP 2.2 – Modelo de processo de projeto adotado.....	84
FIGURA AP 2.3 – Etapas do Projeto Informacional .....	86
FIGURA AP 2.4 – Etapas do Projeto Conceitual .....	87
FIGURA AP 2.5 – Etapas do Projeto Preliminar e Detalhado .....	88

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – Etapas do cultivo de ostras e principais fatores envolvidos no manejo .....	5
TABELA 1.2 – Tempo médio do processo de lavação de lanternas .....	6
TABELA 2.1 – <i>Ranking</i> mundial de países produtores de ostras.....	11
TABELA 4.1 - Resultados da aplicação da técnica da Matriz de avaliação às quatro concepções restantes.....	44
TABELA 5.1 – Coeficiente de efluxo $\mu$ .....	48
TABELA 5.4 – Custo total do protótipo.....	64
Tabela 6.1 – Comparação de peso nas lanternas antes e após a lavação com os processos I e II. ....	67
TABELA AN 1 - Substâncias potencialmente prejudiciais.....	113
TABELA AN 2.1 – Dados técnicos da bomba STIHL P 840 (bomba 1). ....	114
TABELA AN 2.2 – Dados técnicos da bomba MEGATRON BC-91 (bomba 2). ....	114

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 – Identificação das fases do ciclo de vida do produto e de seus clientes. ....	22
QUADRO 3.2 – Requisitos dos clientes. ....	23
QUADRO 3.3 –Especificações do projeto – primeira parte .....	25
QUADRO 3.4 –Especificações do projeto – segunda parte .....	26
QUADRO 3.5 –Especificações do projeto – terceira parte .....	27
QUADRO 4.1 - Principais conceitos da etapa de análise funcional.....	29
QUADRO 4.2 - Descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas da estrutura funcional. ....	32
QUADRO 4.3 – Métodos de criatividade aplicados ao problema. ....	33
QUADRO 4.4 – Especialistas atuantes nas fases de ciclo de vida do produto. ....	38
QUADRO 4.5 – Resultados da aplicação da técnica do Julgamento da Viabilidade. ....	40
QUADRO 4.6 – Resultados da aplicação da técnica da Disponibilidade de Tecnologia. ....	40
QUADRO 4.7 – Resultados da aplicação da técnica do exame Passa (P)/Não Passa (N). ....	42
QUADRO 5.1 – Requisitos determinantes no desenvolvimento do produto.....	47
QUADRO 5.2 – Portadores de efeito físico determinantes e suas principais características. ....	47
QUADRO 5.3 – Especificações do projeto determinantes para escolha do diâmetro do tubo. ....	48
QUADRO 5.4 – Lista de material para a fabricação do protótipo. ....	57
QUADRO 5.5 – Recursos e seqüência de processos utilizados para a fabricação do protótipo. ....	58
QUADRO 5.6 – Seqüência de montagem do conjunto.....	60
QUADRO 6.1 – Etapas e tempos dos processos (a) sem protótipo e (b) com protótipo. ....	66
QUADRO 7.1 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – primeira parte. ....	70
QUADRO 7.2 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – segunda parte. ....	71
QUADRO 7.3 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – terceira parte. ....	72

## RESUMO

A aquicultura, arte de multiplicar e criar animais e plantas aquáticas, vem se destacando cada vez mais no cenário mundial como uma alternativa para acompanhar o constante aumento da necessidade de alimento por parte da população.

Em Santa Catarina, desde que a ostreicultura se consolidou como uma atividade econômica alternativa, a produção de ostras aumentou em mais de quarenta e sete vezes. Uma tarefa do cultivo de ostras carente de mecanização é a lavação de lanternas, estruturas utilizadas para manter as ostras no mar isoladas de outros organismos. A necessidade de se realizar esta tarefa surge devido à presença de incrustações, denominadas *fouling*, que são prejudiciais ao cultivo por causarem acúmulo de peso nas estruturas, maior probabilidade de presença de predadores e redução do fluxo de água dentro das lanternas, prejudicando o metabolismo das ostras. O peso acumulado nas estruturas do cultivo e o tempo necessário para se realizar as lavações com o método artesanal tornam esta tarefa onerosa. Tendo em vista estas dificuldades e visto a importância do cultivo de ostras no contexto da aquicultura brasileira, o presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo para a mecanização desta tarefa. Para tanto, foi utilizada a metodologia de projeto que vem sendo desenvolvida no NeDIP - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, que trata o processo de projeto de forma sistemática, subdividindo-o em quatro fases: (a) projeto informacional; (b) projeto conceitual; (c) projeto preliminar e (d) projeto detalhado. O emprego das técnicas de projeto informacional permitiu que fossem obtidas as especificações do projeto, que serviram de base para desenvolvimento de uma concepção de produto durante a fase de projeto conceitual. O desenvolvimento da concepção durante o projeto preliminar culminou na construção do protótipo com a finalidade de testar o desempenho funcional dos princípios de solução adotados. Os objetivos almejados com a lavação utilizando-se o protótipo foram atendidos com sucesso. A utilização do protótipo implicou em uma redução de 39,5% do tempo total para lavação de um espinhel. Quanto à retirada do *fouling*, a taxa de remoção foi 82,5%. Este resultado atingiu satisfatoriamente a especificação do projeto (80% de retirada de *fouling*). Assim, com o uso desta nova tecnologia desenvolvida pode-se obter um impacto positivo na ostreicultura, promovendo a melhoria das condições do trabalho cotidiano dos ostreicultores, redução dos impactos ambientais negativos e o aumento da produtividade nas fazendas marinhas.

## *ABSTRACT*

*Aquaculture, the art of multiplying and creating animals and aquatic plants, has become more and more important as an alternative for the constant increase of food needed in the world. In Santa Catarina, Brazil, since the cultivation of oysters has been consolidated as an alternative economical activity, the production of oysters has increased more than forty seven times. One of the tasks of the cultivation of oysters that needs mechanization is the washing of the lantern nets. Lantern nets are used for keeping the oysters isolated from other organisms in the sea. They are essential due to the presence of incrustations, called fouling which presents the following problems: It endangers the cultivation of oysters because of weight accumulation in the cultivation's structures, there is a higher probability of the presence of predators and it reduces the flow of water inside the lanterns, prejudicing the oysters' metabolism. The weight accumulation in the structures and the time necessary to fulfill the washing task by the actual rudimentary method make this task onerous. Due to these difficulties and the importance of the cultivation of oysters in the context of the Brazilian aquaculture, this work presented the development of a prototype for the mechanization of the task of washing of the lantern nets. Therefore, the product development methodology that has been developed at the NeDIP - Nucleus of Integrated Product Development - at the Department of Mechanical Engineering of the Federal University of Santa Catarina was used. This methodology deals with the process project in a systematic way, subdividing it into four phases: (1) informational; (2) conceptual; (3) embodiment and (4) detail. The application of the informational phase allowed capturing the product requirements that were used as a starting point for creating a product concept during the conceptual phase. The development of the concept during the preliminary phase culminated in the prototype's construction, needed in order to test the functional performance of the adopted principles of solution. The objectives were successfully achieved. Using the prototype reduced the total time of washing the lantern nets by 39.5%. Regarding the fouling, 82.5% of it were removed which, resulted in satisfactorily reaching the project requirement (80% of fouling removal). Considering it all, using this new developed technology can represent a positive impact in the cultivation of oysters by improving the daily work conditions of the oystermen, reducing the negative environmental impacts and increasing the production in the sea farms.*

## ZUSAMMENFASSUNG

*Aquakultur, die Kunst des Vermehrens und Herstellens von Tier- und Wasserpflanzen, ist eine immer wichtiger Alternative für die ständige Zunahme der Nahrungsmittelnotwendigkeit der Welt geworden. Seitdem sich die Austerkultivierung als eine alternative ökonomische Tätigkeit in Santa Catarina/ Brasilien bestätigt hat, hat sich die Austernproduktion um mehr als siebenundvierzigmal erhöht. Zu den Aufgaben der Austernkul-tivierung, die Mechanisierung benötigt, gehört das Waschen von Lanternenetzten. Lanternennetze werden benutzt, um die Austern im Meer vor anderen Tieren zu schützen. Aufgrund der Verkrustung (auch fouling genannt) müssen die Lanternennetze regelmäßig gewaschen werden, da durch die Gewichtsansammlung in den Strukturen der Kultivierung, der höheren Wahrscheinlichkeit von Schädlingen und dem geringeren Wasserdurchfluss innerhalb der Lanternen der Austernmetabolismus eingeschränkt wird. Die Gewichtsansammlung in den Strukturen und die Zeit, die man benötigt, um die Lanternennetze zu waschen, sind sehr lästig. Aufgrund dieser Schwierigkeiten und dem Stellenwert der Auster in der brasilianischen Aquakultur, beschreibt diese Arbeit die Entwicklung eines Prototyps für die Mechanisierung des Waschens von Lanternennetzen. Dafür wurde die Produktentwicklung „Methodenlehre“ verwendet, die beim NeDIP - Kern der integrierten Produkt-Entwicklung - in der Abteilung des Maschinenbauwesens der Bundesuniversität von Santa Catarina, Brasilien entwickelt wurde. Diese Methodenlehre beschreibt den Projektprozess in einer systematischen Weise und unterteilt ihn in vier Phasen: (a) Informational; (b) Konzeptual; (c) Verkörperung und (d) Detaillierung. Mit der Anwendung der informationalen Phase konnte man die Produktanforderungen definieren, die als Anfangspunkt der Entwicklung eines Produktkonzeptes während der Konzeptualphase verwendet werden. Die Entwicklung des Konzeptes während der Verkörperungsphase endete mit dem Bau eines Prototyps, der benötigt wurde um die Funktionsleistung der angenommenen Prinzipien auf Lösungen zu prüfen. Die Zielsetzungen wurden erfolgreich erreicht. Das Verwenden des Prototyps reduzierte die Gesamtzeit des Lanternennetzwaschens auf 39.5% und es wurden 82.5% des foulings entfernt. Damit wurde die Projektanforderung (Entfernung von 80% des foulings) zufrieden stellend erreicht.*

*Mit dieser neu entwickelten Technologie kann somit eine positive Auswirkung in der Austerkultivierung dargestellt, die täglichen Arbeitsbedingungen des Austernzüchters verbessert, die negativen Umweltauswirkun-gen reduziert und die Produktion in den Seebauernhöfen erhöht werden.*

# CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

## 1.1. Desenvolvimento tecnológico do cultivo de ostras

O aumento da poluição nos mares, associado ao aumento da extração de peixes pela atividade pesqueira, tem provocado um declínio na pesca. A aquicultura surgiu assim como uma alternativa para acompanhar o constante aumento do consumo por parte da população sem provocar queda nas reservas naturais das espécies cultivadas. Ao invés de extrair organismos de seus ambientes naturais, eles são primeiramente “plantados” para depois de “maduros” serem “colhidos” e comercializados.

Aquicultura é a arte de multiplicar e criar animais e plantas aquáticas (Carvalho Filho, 1997). Uma área particular dentro da aquicultura é a maricultura, que consiste no cultivo de moluscos (ostras, mexilhões, vieiras e berbigões), crustáceos (camarões, siris, caranguejos), algas marinhas e péctens. Dentre os moluscos, o cultivo de ostras e mexilhões é chamado de malacocultura e mais especificamente em relação às ostras, existe a ostreicultura.

As espécies de ostras encontradas no Brasil são *Crassostrea rhizophorae* (conhecida como ostra do mangue ou ostra nativa), *Ostrea equestris* e *Ostrea puelchana*. Porém a espécie mais cultivada é a *Crassostrea gigas* (conhecida como ostra japonesa ou ostra do pacífico) (FIG. 1.1). Esta espécie foi introduzida no Brasil em 1974 pelo Instituto de Pesquisas Marinhas (IPM) do Cabo Frio/ RJ.



FIGURA 1.1 - *Crassostrea gigas* ou ostra japonesa ou ostra do pacífico.

O cultivo em Santa Catarina teve início em 1987, com a chegada do primeiro lote de sementes de *Crassostrea gigas*. O litoral catarinense é favorável para o desenvolvimento da ostreicultura, pois é constituído por uma série de baías e enseadas, além de apresentar temperaturas e ventos adequados para o cultivo. Com isso,

Santa Catarina se apresenta como o maior produtor nacional de ostras, representando 83% da produção do país.

A ostreicultura, no entanto, é uma atividade que requer conhecimento e tecnologia adequados para ser desenvolvida. Para obter conhecimento, é de fundamental importância que os ostreicultores sejam treinados para trabalharem com o cultivo de ostras, aprendendo sobre os sistemas e as técnicas de cultivo. A maioria dos ostreicultores são trabalhadores que migraram da pesca artesanal para essa nova atividade, aproveitando a infra-estrutura que já possuíam. Quanto aos sistemas de cultivo, o principal é o de espinheis, também conhecidos como *long line*. Ele é composto basicamente por bóias que garantem a flutuação de cordas onde as lanternas<sup>1</sup> são fixadas (FIG. 1.2). Quanto às técnicas, uma correta manipulação, ou manejo como é chamada entre os ostreicultores, merece especial atenção. Os manejos são realizados periodicamente para limpeza e troca de lanternas, retirada de ostras mortas e de predadores, limpeza do *fouling* das ostras e das lanternas e seleção por tamanho. Segundo especialistas, quanto menor o intervalo entre os manejos, melhor, pois problemas decorrentes de uma densidade inadequada são reduzidos e permitem a retirada de organismos mortos que competem com as ostras por espaço e alimento dentro das lanternas.

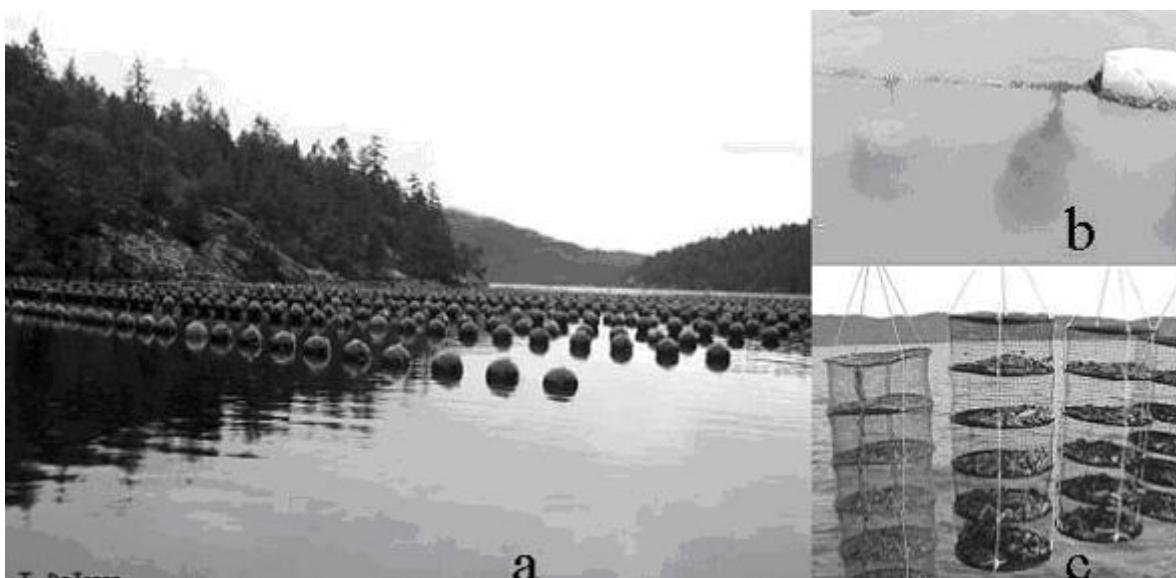


FIGURA 1.2 – a) sistema de cultivo suspenso flutuante tipo espinhel da British Columbia Shellfish Industry, b) detalhe de lanternas submersas e c) lanternas.

Aliado ao conhecimento necessário para o desenvolvimento da ostreicultura está a tecnologia. Segundo especialistas, a insuficiência tecnológica é um dos fatores que ainda impede o aumento da produtividade nas fazendas marinhas. A maioria dos produtores de ostras do Brasil ainda trabalha artesanalmente, ao contrário do que acontece com os maiores produtores mundiais, como a França e a Espanha, que possuem máquinas para diversas atividades do manejo. No Brasil a quantidade de ostras produzidas pela grande maioria dos produtores não justifica a compra de máquinas. Muitos deles produzem apenas para mercados locais. Já os grandes produtores consideram o uso de máquinas como de fundamental importância para o crescimento. No Brasil ainda não são produzidas máquinas próprias para o cultivo de ostras. As máquinas estrangeiras são projetadas para o

<sup>1</sup> Petrechos utilizados para manter as ostras no mar isoladas de outros organismos (ver Fig. 1.2 c).

cultivo de ostras que em muitos casos pertencem a outras espécies, cultivadas sob diferentes condições ambientais e culturais e por produtores que detém maior poder aquisitivo que os brasileiros. Mesmo supondo que estes equipamentos sejam funcionalmente compatíveis com as condições do Brasil, sua aquisição por parte dos ostreicultores brasileiros é praticamente inviável em função do seu preço elevado. Em alguns países, como por exemplo na França, alguns produtores de ostras chegam a utilizar equipamentos que custam em torno de R\$ 71.000,00<sup>2</sup>.. Isso só é possível devido ao trabalho em cooperativas, algo que ainda precisa ser implantado no Brasil, a partir de uma mudança cultural dos ostreicultores brasileiros.

Assim, o “o que” desenvolver é claro. Há um consenso em relação à necessidade de se desenvolver máquinas para a ostreicultura. Entretanto, o “quando” ainda parece não convencer aos pequenos e médios produtores e principalmente empresas que poderiam se interessar pela fabricação de tais máquinas. Isso está diretamente atrelado à quantidade de ostras produzidas. Como atualmente a maioria dos produtores ainda não produz grandes quantidades, eles não necessitam de tais equipamentos. Para eles, primeiro é preciso haver um aumento da produção, para depois ser preciso comprar máquinas. Essa situação cômoda, no entanto, pode apresentar um grande risco: pode não haver máquinas disponíveis no Brasil se a necessidade de se desenvolver tais tecnologias for detectada tarde demais. Para evitar isso, é preciso começar a desenvolver máquinas agora, contando com uma expectativa de crescimento na produção de ostras e, consequentemente, com um aumento na procura de máquinas neste setor.

Neste sentido, o Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), em parceria com o Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), ambos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vem desenvolvendo uma linha de pesquisa voltada para o Desenvolvimento Integrado de Produtos. Isto envolve o desenvolvimento de protótipos de máquinas e equipamentos, sendo desenvolvidos principalmente na área agrícola. Porém a partir de 1998, com o trabalho de Scalice (2003), teve início o desenvolvimento de máquinas e implementos aquícolas. Novaes (2002) deu continuidade ao desenvolvimento nesta área, com o projeto de um sistema para lavação e classificação de ostras que teve início em 2002. Além disso, o próprio Novaes identificou outras lacunas tecnológicas passíveis de serem solucionadas através da mecanização, que são: i) Sistemas de elevação de carga para retirada das estruturas de cultivo do mar e para o seu transporte até o rancho de manejo, ii) Máquina para a classificação de sementes e iii) Máquina para a lavação de lanternas. Este trabalho trata, portanto, da busca de uma solução através da pesquisa para a terceira lacuna identificada.

## 1.2. Apresentação do problema

A necessidade de se realizar a tarefa de lavação de lanternas surge devido à presença de *fouling* nas estruturas de cultivo. *Fouling* se caracteriza pelo aparecimento de bactérias, algas e invertebrados sésseis sobre superfícies submersas naturais como rochas, madeira e outros organismos ou feitas pelo homem, tais como cais, plataformas, cascos de navios, bóias e cabos (Hillman, 1977 apud Ibbotson, 2002). O termo *biofouling*, por sua vez, é aplicado quando o substrato em questão é um organismo vivo, como os mexilhões, ostras e pectinídeos (Freitas, 1998 apud Ibbotson, 2002).

---

<sup>2</sup> Valor equivalente a 21.000 Euros, referente à cotação atual do Euro igual a R\$ 3,40.

Tais incrustações são fatores limitantes peculiares a maricultura em áreas tropicais, interferindo diretamente na produção, devido principalmente aos seguintes aspectos:

- Acúmulo de peso nas estruturas do sistema de cultivo.
- Maior probabilidade de presença de predadores, devido à maior presença de matéria orgânica.
- Redução do fluxo de água dentro das lanternas.

A fim de se verificar quantitativamente o peso decorrente do acúmulo de *fouling*, foi realizado um experimento nas dependências do LMM (APÊNDICE 1). O experimento mostrou que o acúmulo de *fouling* nas lanternas está relacionado à periodicidade de lavação. Foram comparados quatro lotes de lanternas, lavadas com periodicidade de 7, 15, 21 e 120 dias (FIG. 1.3).

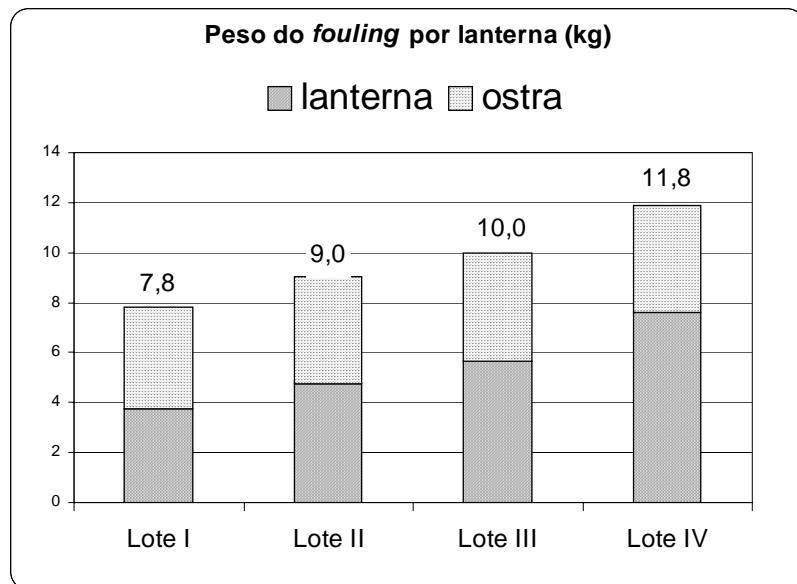


FIGURA 1.3 – Peso do *fouling* por lanterna.

Tomando-se como referência a situação onde ocorreu maior acúmulo de *fouling*, o Lote IV, há um acúmulo de 7,6 kg nas lanternas e 4,2 kg nas ostras, totalizando 11,8 kg. Sendo o peso próprio da lanterna igual a 2 kg e o peso aproximando de 300 ostras<sup>3</sup> igual a 30 kg, tem-se um total de 44 kg por lanterna. Dessa forma, o peso do *fouling* representa 27% do total da lanterna. Considerando-se o cultivo de 90 lanternas<sup>4</sup>, tem-se um peso total de 3,9 toneladas, sendo aproximadamente 1 tonelada referente ao *fouling*.

Esse experimento foi realizado durante os meses de agosto a dezembro, período não considerado como crítico para a presença de *fouling*. O problema se agrava ainda mais no verão, quando o aumento da temperatura da água aumenta a probabilidade de presença de predadores sobre as estruturas de cultivo, aumentando o peso do sistema e atraiendo outros organismos, que também provocam aumento de peso.

Com o crescente acúmulo de *fouling*, a circulação de água dentro das lanternas também é prejudicada. A influência do fluxo de água na velocidade de filtração tem sido colocada como importante por pesquisadores na avaliação em ostras mantidas em cultivo. Observou-se que quando o fluxo aumenta de 50 a 100 ml/ min, a velocidade de filtração sobe aproximadamente 50%. O mesmo ocorre se o fluxo de água passar de 100 a 200

<sup>3</sup> Quantidade média por lanterna na etapa final de cultivo

<sup>4</sup> Nas linhas de cultivo, chamadas de espinhel, cultiva-se em média 90 lanternas.

ml/ min (Camacho e Casasbellas, 1991). Assim, a presença de *fouling* diminui a velocidade de filtração da água por parte da ostra, interferindo desta forma no seu metabolismo, pois a ostra é um animal filtrador que se alimenta através da filtração da água.

Na tentativa de reduzir esses efeitos prejudiciais ao cultivo, recomenda-se que lavações periódicas de lanternas sejam feitas. Não somente para cada etapa apresentada na TABELA 1.1 uma lavagem deveria ser feita, mas também algumas vezes dentro destas etapas.

TABELA 1.1 – Etapas do cultivo de ostras e principais fatores envolvidos no manejo (Manzoni, 2001).

ETAPA DO CULTIVO	MALHA DA LANTERNA (mm)	TAMANHO DAS OSTRAS (cm)	DENSIDADE (OSTRAS POR ANDAR DA LANTERNA)	PERÍODO DE MANEJO (DIAS)
Inicial	2	0,5 a 1	1000	15 a 21
Intermediário 1	5	1,5 a 3	300	21 a 28
Intermediário 2	5	3 a 4,5	150	21 a 28
Final 1	12 a 18	4,5 a 6	100	28
Final 2	12 a 18	6 a 8	75 a 50	28

Devido às dificuldades relacionadas a este processo, o que ocorre na prática com a maioria dos produtores, principalmente com os pequenos, é que a lavagem ocorre somente no final do cultivo. As principais dificuldades encontradas são:

- Peso das estruturas do sistema. Esse problema é agravado ainda mais com o peso do *fouling*.
- Tempo necessário para se realizar as lavagens.

O processo consiste em retirar as lanternas da água, transportá-las até as fazendas marinhas e então lavá-las com jato de água doce pressurizada (FIG. 1.4). Esse processo implica em elevados esforços físicos por parte dos ostreicultores e elevado tempo gasto com o transporte até as fazendas. Há duas situações a serem consideradas no processo de lavagem de lanternas:

- i. lavagem periódica com ostras nas lanternas, tendo como objetivo eliminar incrustações que surgem nas superfícies das ostras e das lanternas quando estas ficam por um período muito longo de tempo embaixo da água. Devido às dificuldades associadas a esse processo, são poucos os produtores que a realizam.
- ii. lavagem simples sem ostras nas lanternas com o intuito de lavar as lanternas para que elas possam ser reutilizadas para próximos cultivos. Todos os produtores realizam esta atividade.



Figura 1.4 – Processo de lavagem de lanternas: a) retirada da água, b) transporte c) lavagem com jato de água.

Durante o experimento realizado para se medir o peso do *fouling* no sistema de cultivo, foram feitas medidas de tempo para todas as etapas relacionadas ao processo de lavação de lanternas, chegando-se a um valor médio para as 20 lanternas utilizadas, conforme a TABELA 1.2.

TABELA 1.2 – Tempo médio do processo de lavação de lanternas.

PROCESSO DE LAVAÇÃO	MÉDIA/ LANTERNA (S)	ESTIMADO/ ESPINHEL (S)
barco (garagem ► praia)	36,0	36,0
motor (garagem ► praia)	37,0	37,0
wap (garagem ► praia)	120,0	120,0
barco (praia ► espinhel)	140,0	1260,0
lanterna (espinhel ► barco)	69,4	6243,8
barco (espinhel ► praia)	164,0	1476,0
lanterna (barco ► varal)	22,5	2025,0
lanterna (pendurar)	25,3	2272,5
lanterna (lavar)	305,0	27450,0
lanterna (despendurar)	28,1	2531,3
lanterna (varal ► barco)	22,5	2025,0
barco (praia ► espinhel)	170,0	1530,0
lanterna (barco ► espinhel)	30,0	2700,0
barco (espinhel ► praia)	170,0	170,0
barco (praia ► garagem)	36,0	36,0
wap (praia ► garagem)	120,0	120,0
carrinho (praia ► garagem)	34,0	34,0
Total: 13h 54min		

Para um produtor que possua 1000 lanternas em cultivo, torna-se inviável a realização desta tarefa com uma periodicidade que seria ideal para o controle do *fouling*, recomendada em torno de 10 a 15 dias para o período de verão e 20 a 30 dias para o inverno. Assim, a limpeza das lanternas é oportunamente realizada apenas no momento de se realizar o manejo para controle de densidade e para retirada das ostras para comercialização.

Os principais problemas decorrentes da falta de manejo são:

- Dificuldade de se realizar o manejo final devido à presença de incrustações de difícil remoção nas lanternas e principalmente nas ostras. Torna-se necessário realizar raspagem<sup>5</sup>, nas ostras, gastando-se em média 10 segundos por cada unidade de ostra (FIG.1.5).
- Maior gasto de mão de obra para manutenção e limpeza das estruturas.
- Redução da vida útil das lanternas

A fim de resolver este problema, é proposto neste trabalho o desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas, que possibilite a lavação em menores períodos de tempo e que seja adaptado à ostreicultura familiar, que é a realidade do cultivo de ostras catarinense. As características do sistema serão determinadas ao longo do desenvolvimento do projeto através da metodologia que será apresentada no próximo capítulo.

---

<sup>5</sup> A raspagem é um método manual que consiste na retirada do *biofouling* das ostras, principalmente de cracas, que são de difícil remoção. A ferramenta utilizada se assemelha a um pequeno machado.



FIGURA 1.5 – Conseqüências da falta de manejo: a) detalhe de ostra com *fouling* b) processo de raspagem.

### 1.3. Metodologia de projeto

O modelo de projeto de produto proposto por Maribondo (2000) foi utilizado como base metodológica para a solução do problema de projeto abordado nesta dissertação. Este modelo foi denominado modelo consensual por Ferreira (1997), pois reúne semelhanças entre os modelos de projetos preconizados, entre outros, por French, Pahl e Beitz, Hubka e VDI 2221. Nesse modelo, o projeto é subdividido em quatro fases: (a) projeto informacional; (b) projeto conceitual; (c) projeto preliminar e (d) projeto detalhado.

Por se tratar de um modelo bem difundido e como o foco deste trabalho seguiu a linha de pesquisa do NeDIP que trata do Desenvolvimento Integrado de Produto, não houve a preocupação em descrever detalhadamente a metodologia utilizada. Isso vem sendo feito por uma outra linha do NeDIP, que envolve pesquisas para o desenvolvimento de Metodologia de Projeto. Diversos trabalhos foram realizados nesta área e podem ser consultados para um maior entendimento do assunto, como, entre outros, Fonseca (2000), que discorreu sobre a fase de Projeto Informacional, Ferreira (1997) e Ogliari (1999), que explanaram a fase de Projeto Conceitual e Arend (2003), que propôs uma sistematização das fases de projeto preliminar e detalhado. A metodologia desenvolvida nestes e em outros trabalhos vem sendo aplicada para o desenvolvimento de protótipos, o que foi feito, entre outros, por Menegatti (2003), Reis (2003) e Scalice (2003) e será feito neste trabalho.

Um resumo da metodologia utilizada se encontra no APÊNDICE 2, onde se pode observar o fluxo de informações entre as fases do processo de projeto, assim como o resultado obtido em cada uma delas e alguns momentos de tomada de decisão.

### 1.4. Objetivos

Tendo em vista as dificuldades relacionadas ao processo manual de lavação de lanternas e a importância do cultivo de ostras no contexto da aquicultura brasileira, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

#### Geral

Desenvolver um sistema na forma de um protótipo para a mecanização da tarefa de lavação de lanternas utilizadas no cultivo de ostras, atendendo aos requisitos estabelecidos pelos clientes envolvidos no projeto e adaptado às condições sociais, culturais e ambientais brasileiras.

### Específicos

- Identificação dos clientes envolvidos no projeto e de suas necessidades.
- Estabelecimento de uma lista de especificações do projeto, que atenda às necessidades dos clientes do projeto.
- Geração de conceito (s) de produto que satisfaça às especificações de projeto.
- Construção de um protótipo físico-compreensivo do conceito de produto gerado.
- Busca pela transferência da tecnologia para fabricação do protótipo por empresa(s) interessada(s), visando viabilizar a aquisição deste produto pelos ostreicultores.
- Continuidade à atividade de projeto de produtos voltados a atender a demanda por mecanização existente atualmente na ostreicultura.

Espera-se, portanto, que com o desenvolvimento de produtos voltados a atender as necessidades de mecanização nas fazendas marinhas, a ostreicultura possa continuar crescendo no Estado de Santa Catarina e consequentemente no Brasil, fazendo com que a produção nacional aumente e torne o país mais expressivo no cenário mundial de produção de ostras.

### 1.5. Contribuições

Com a concepção de tecnologias adaptadas às condições sociais, culturais e ambientais brasileiras espera-se obter um impacto positivo na ostreicultura, promovendo a melhoria das condições do trabalho cotidiano dos ostreicultores, redução dos impactos ambientais negativos e o aumento da produtividade nas fazendas marinhas.

Quanto às condições do trabalho cotidiano dos produtores de ostra, a disponibilidade de equipamentos para a mecanização dos cultivos pretende reduzir drasticamente a sobrecarga de esforços físicos a qual os ostreicultores são submetidos e os cortes e lesões provocados pela manipulação direta dos animais. Além disso, a mecanização implica numa redução da mão-de-obra necessária para a realização de um trabalho que vem sendo realizado manualmente. Consequentemente seria possível a utilização da mão-de-obra que ficaria ociosa em outras atividades, como por exemplo, o cultivo de vieiras ou ainda uma expansão do cultivo de mexilhões ou do próprio cultivo de ostras, sem a necessidade de contratação de mão-de-obra adicional. Uma outra contribuição seria a redução da fetidez causada pela presença de matéria orgânica em decomposição nas lanternas sujas, que devem permanecer expostas ao Sol nas fazendas marinhas até que sequem para poderem ser limpas.

Para o meio ambiente, a utilização do sistema proposto pretende reduzir os resíduos acumulados nas lanternas devido ao modo atual de lavação. Espera-se um período muito longo de tempo para que as mesmas sejam retiradas do mar e trazidas para o local de manejo, devido às dificuldades existentes decorrentes da falta de mecanização. O manejo é geralmente feito na praia mais próxima ao local de cultivo. Assim, os resíduos acumulados nas lanternas são deixados nas praias, prejudicando o aspecto visual destes locais e, consequentemente, as atividades relacionadas ao turismo.

Por fim, quanto à produtividade, espera-se obter um aumento, associado ao mesmo tempo a uma redução das perdas provocadas por um manejo inadequado. Lanternas limpas permitem um maior fluxo de água dentro das mesmas, aumentando assim a possibilidade de captação de alimentos por parte da ostra, o que se espera que favoreça seu crescimento e reduza sua mortalidade.

## 1.6. Estrutura do trabalho

Para se chegar a uma solução, este trabalho foi dividido em oito partes:

No Capítulo 1 foi apresentada uma **Introdução** ao assunto, a **Apresentação do Problema**, a **Metodologia de Projeto**, apresentando o processo de projeto adotado na pesquisa e os **Objetivos e Contribuições esperados**.

No Capítulo 2, **Desenvolvimento atual da ostreicultura**, são apresentadas algumas definições fundamentais para a contextualização da pesquisa relacionando áreas distintas, como a mecânica e a aquicultura. Além disso, procurou-se levantar a maior quantidade de informações possíveis sobre a atual situação da mecanização do processo de lavação de lanternas no Brasil e no Mundo.

Nos Capítulos de 3 a 5 foram apresentadas as execuções das fases de **Projeto Informacional** (3), **Projeto Conceitual** (4) e **Projeto Preliminar e Detalhado** (5). Foram apresentadas as etapas e tarefas nas quais cada fase se subdivide e foram descritas as ferramentas utilizadas. Os resultados de cada fase são, respectivamente as **Especificações do Projeto**, a (s) **Concepção (ões)** e o **Leiaute Preliminar e Detalhado do Produto**. No Capítulo 5 apresentou-se também a **Construção do Protótipo**.

No Capítulo 6 é apresentado o **Teste do Protótipo**, juntamente com a **Discussão dos Resultados** deste teste.

Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as **Conclusões finais** do trabalho, tendo em vista os objetivos iniciais. Neste capítulo também são feitas algumas **Sugestões para trabalhos futuros** considerando as limitações, dificuldades, resultados obtidos e conclusões finais.

# CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO ATUAL DA OSTREICULTURA

## 2.1. Introdução

A aquicultura representa uma forma moderna de se explorar os ambientes aquáticos marinhos e continentais e as espécies que neles vivem. Trata-se de uma forma controlada de simular o ambiente natural das espécies, aumentando a oferta das mesmas para o mercado consumidor. A fim de compreender melhor essa técnica, será apresentada neste capítulo a forma como a aquicultura está sendo praticada no mundo e no Brasil, para a seguir apresentar-se a aquicultura catarinense. Procurou-se partir das definições mais abrangentes até se chegar àquelas relacionadas ao cultivo de ostras.

Cabe ressaltar que as informações aqui apresentadas estão longe de abranger todo o estado-da-arte relacionado principalmente ao cultivo de ostras, pois trata-se de uma área que conta com poucos trabalhos publicados. Muitas das informações contidas neste capítulo foram obtidas a partir de entrevistas com especialistas do LMM da UFSC.

## 2.2. Panorama mundial da aquicultura

De acordo com dados da FAO (2004), em 2002 a produção mundial total de organismos aquáticos (excluindo plantas aquáticas) foi de 133,3 milhões de toneladas, dos quais 41,9 milhões de toneladas foram oriundos da aquicultura. A pesca totalizou 93,2 milhões de toneladas, representando um leve acíve de 0,4% comparada a 2001, porém um declive de 2,4% em relação aos 95,5 milhões de toneladas extraídas em 2000. Apesar de ainda representar 70% do total da produção aquática em 2002, o extrativismo vem se tornando cada vez menor ao longo dos anos, perdendo espaço para a aquicultura. O cultivo de peixes, crustáceos e moluscos alcançou 39,8 milhões de toneladas em 2002, representando um aumento de 5,3% em relação a 2001 e 11,8% em relação a 2000.

Entre as espécies cultivadas, o grupo dos moluscos representa 24%, dos quais 36% equivalem à produção de ostras. Dentre as ostras, a espécie mais cultivada no mundo é a *Crassostrea gigas*, representando 98% do total de ostras produzidas em 2002, com 4,2 milhões de toneladas (FAO, 2005). Em 1998, esta espécie de ostra foi classificada como sendo o segundo organismo aquático mais cultivado no mundo, com 2,92 milhões de toneladas, perdendo apenas para a macroalga *Laminaria japonica*, com 4,17 milhões de toneladas (FAO, 1999 apud Vinatea Arana, 2004). Isso ressalta a importância do cultivo de *Crassostrea gigas* e o impacto que ela vem causando na sociedade.

## 2.3. Produtores mundiais de ostras

A TABELA 2.1 apresenta os 30 maiores produtores mundiais de ostra em 1990 e em 2002.

TABELA 2.1 – *Ranking* mundial de países produtores de ostras (FAO, 2002)

ORDEM	PAÍS	PRODUÇÃO EM 1990 (TON)	ORDEM	PAÍS	PRODUÇÃO EM 2002 (TON)
1	China	532.155	1	China	3.646.450
2	Japão	248.793	2	Japão	221.376
3	Coréia	235.276	3	EUA	204.129
4	EUA	148.757	4	Coréia	186.964
5	França	144.465	5	França	108.807
6	México	52.582	6	Filipinas	12.666
7	Filipinas	18.625	7	Austrália	9.645
8	Canadá	9.418	8	Irlanda	5.724
9	Austrália	7.171	9	Espanha	5.215
10	Nova Zelândia	5.938	10	México	5.136
11	Venezuela	4.705	11	Brasil	3.467
12	Grécia	3.616	12	Holanda	2.864
13	Espanha	2.877	13	Reino Unido	1.519
14	Turquia	2.471	14	Canadá	1.393
15	Cuba	2.152	15	Venezuela	800
16	Reino Unido	1.892	16	Dinamarca	528
17	Tailândia	1.802	17	África do Sul	501
18	África do Sul	1.258	18	Ilhas Canal	481
19	Holanda	1.076	19	Portugal	421
20	Irlanda	883	20	Chile	396
21	Indonésia	835	21	Itália	302
22	Brasil	430	22	Marrocos	255
23	Chile	365	23	Malásia	249
24	Marrocos	171	24	Nova Zelândia	241
25	Alemanha	91	25	Senegal	207
26	Nova Caledônia	91	26	Indonésia	178
27	Iugoslávia SFR	79	27	Tailândia	161
28	Portugal	70	28	República Dominicana	135
29	Ilhas Canal	62	29	Grécia	115
30	República Dominicana	20	30	Alemanha	85

Merece destaque nesta classificação a China. Detentora de 83% do total de ostras produzidas no mundo, este país vem se destacando no cenário mundial da aquicultura. Segundo um estudo realizado pela FAO (2004a), o crescimento da aquicultura parece ter sido impulsionado devido a fatores econômicos e de auto-suficiência alimentar. Quando a República Popular da China foi criada em 1949, o país tinha recém emergido de um período de dominação estrangeira. A economia se encontrava totalmente arruinada. O nível de pobreza se encontrava elevado, os alimentos escassos e havia fome por todo lugar. Quando o governo se empenhou para reconstruir a economia do país, a primeira providência foi mobilizar e organizar todos os recursos nacionais disponíveis para produzir alimento suficiente para a população. A aquicultura foi então considerada como sendo uma fonte de proteína animal que poderia resolver os problemas em um curto período de tempo. Além disso, organismos aquáticos já eram alimentos que faziam parte da dieta dos chineses e sua produção por meio de cultivo já se encontrava estabilizada. O objetivo passou então a ser a produção para exportação, visando obter

capital estrangeiro para a construção da economia. Hoje a China é o líder mundial em produção aquícola. Por isso o seu desenvolvimento da aquicultura deve servir como referência para países com potenciais para o desenvolvimento nesta atividade.

O Brasil, que em 1990 ocupava o vigésimo segundo lugar no ranking da produção mundial de ostras, com uma produção de 430 toneladas, em 2002 passou a ocupar a décima primeira posição, com uma produção de 3.467 toneladas. O país vem evoluindo bastante na produção de ostras, embora sua produção ainda seja considerada artesanal quando comparada à produção de países como China, Japão, Coréia, França, Estados Unidos e Austrália, dentre outros que apresentam um histórico mais antigo com a ostreicultura.

#### 2.4. Produtores nacionais de ostras

Pode-se dizer que a ostreicultura brasileira teve seu início com a publicação, em 1973, do relatório “A ostra de Cananéia e seu cultivo”, elaborado pelo especialista japonês Takeshi Wakamatsu. Posteriormente, foram realizados projetos experimentais com a ostra nativa *Crassostrea rhizophorae* nos Estados de São Paulo, Paraná, Pernambuco, Bahia e Santa Catarina. No Rio de Janeiro foram feitos experimentos com a *Crassostrea gigas*, através do Projeto Cabo Frio. Entretanto, muitos destes projetos tiveram curta duração, sendo prejudicados fundamentalmente pela constante falta de recursos financeiros e também porque nunca envolviam diretamente as comunidades de pescadores locais (Mercado da Pesca, 2004).

Em Santa Catarina, os esforços para se verificar a viabilidade do cultivo de ostras foram retomados em 1985, no Departamento de Aquicultura da UFSC, com o então chamado “Projeto Ostras”. Após muitos estudos verificou-se que o potencial oferecido pelas águas da Baía Norte para o cultivo da ostra do pacífico era maior do que para a ostra nativa, a qual não apresentou resultados muito animadores devido às baixas taxas de crescimento obtidas.

Os Estados de Santa Catarina e São Paulo são os que mais investem na ostreicultura, tanto em pesquisa, quanto em estímulos à produção. Recentemente, os Estados da Bahia, Sergipe, Ceará e Maranhão iniciaram atividades ligadas ao cultivo da *Crassostrea rhizophorae*. Em São Paulo, o Instituto de Pesca vem, desde a década de 70, realizando estudos sobre a biologia, ecologia e cultivo da ostra nativa e da espécie exótica *Crassostrea gigas*. Considerando-se a ocorrência de significativas áreas estuarinas, principalmente no seu litoral sul (região de Cananéia), maior atenção foi dada à espécie nativa, por ser rústica, prolífica, de grande valor comercial e se adaptar bem às condições de cultivo.

No Brasil, assim como no mundo, a principal espécie cultivada é a *Crassostrea gigas*. Em Santa Catarina, desde que a ostreicultura se consolidou como uma atividade econômica alternativa, entre o final dos anos 80 e início dos anos 90, a produção destas ostras aumentou em mais de quarenta e sete vezes (FIG. 2.1). O município de Florianópolis é considerado o maior produtor nacional, chegando a representar 83,3 % da produção estadual na safra de 2002 (Roczanski et al., 2000 apud Novaes, 2002).

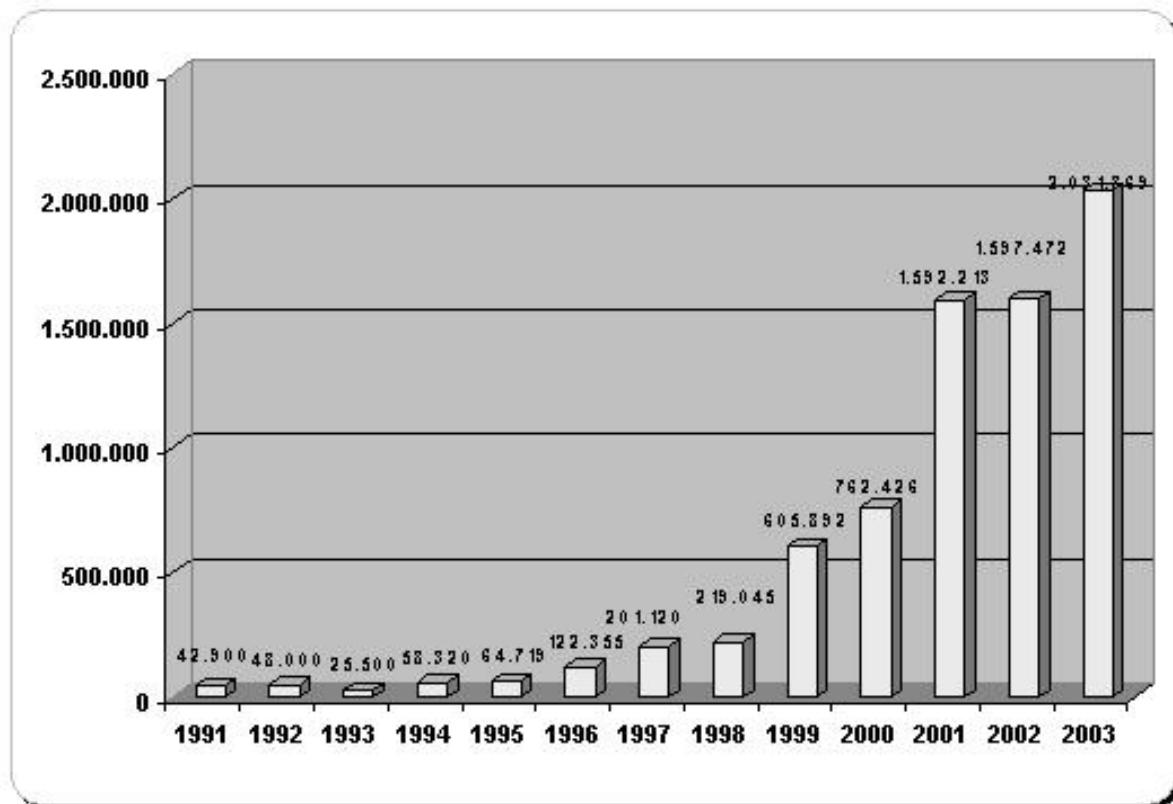


FIGURA 2.1 – Evolução da produção de ostras cultivadas em Santa Catarina (dúzias) Fonte: EPAGRI.

Para continuar crescendo no ritmo apresentado nos últimos oito anos, especialistas da EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.), apontam os seguintes itens como principais entraves para a consolidação competitiva e sustentável da cadeia produtiva dos moluscos:

- Falta de capacidade gerencial dos produtores para trabalhar em caráter cooperativo. Este fator está diretamente relacionado a baixa escolaridade da maioria dos aquicultores (cerca de 75% dos produtores não completaram o 1º grau e 6% são analfabetos) e a aspectos culturais de trabalho familiar não cooperativo adquiridos na pesca artesanal.
- Poluição visual causada pela falta de padronização das estruturas, prejudicando a exploração do turismo no litoral.
- Problemas relacionados à navegação, provocados pela falta de sinalização adequada dos cultivos e distribuição desordenada das estruturas.
- Inexistência de estudos para determinação da capacidade de carga das áreas de cultivo, levando a prejuízos ambientais, incidência de doenças, aumento do tempo de cultivo e mortalidades.
- Falta de desenvolvimento e transferência de tecnologia para mecanização dos cultivos, impossibilitando aumentos do volume de produção e redução de custos para competir com os produtos importados.
- Problema de caráter ambiental a respeito do destino final das conchas após a retirada da carne. Em muitas comunidades estas conchas são jogadas no mar ou nas encostas dos morros da orla marítima. Com o início de operação das unidades industriais essa situação tende a intensificar-se.
- Falta de crédito já que um dos documentos necessários à concessão do mesmo é a regularização dos cultivos.

Além da necessidade de se solucionar os entraves para o desenvolvimento do setor, é de fundamental importância que os países considerados novos na ostreicultura, como Nova Zelândia, Chile e Brasil, observem o exemplo de outros países e evitem os efeitos deletérios causados pela ultrapassagem da capacidade de suporte do ambiente para a atividade. É uma grande vantagem para os países considerados novos na atividade, a possibilidade de poderem observar o exemplo dos grandes países produtores de moluscos que não se preocuparam

com a questão ambiental e que, além de terem colocado em risco todo um trabalho de décadas, sofreram severos prejuízos pela drástica diminuição da produção de suas indústrias aquáticas.

## 2.5. Fundamentos do cultivo de ostras

### 2.5.1. Sistemas de cultivo

As estruturas de cultivo variam conforme o animal cultivado e o ambiente disponível. Para as ostras, os mais utilizados são: a) espinhel ou *long line*, b) balsa, c) suspenso fixo ou mesa e d) cultivo de fundo (Vinatea Arana, 2003). Até o presente momento, não há relatos da utilização dos cultivos de fundo no Brasil (Silva, 1996 apud Novaes, 2002), e por isso este não será descrito como os demais a seguir.

O sistema de cultivo suspenso fixo ou mesa é indicado para locais de baixas profundidades (2 a 3 metros), para não se tornar antieconômicos. Este sistema de cultivo apresenta alguns inconvenientes, dos quais se destaca a exposição das ostras ao Sol e ao ar no intervalo de tempo em que a maré está baixa.

As balsas e os espinheis são os sistemas de cultivo suspensos flutuantes mais empregados nos cultivos comerciais de todo o mundo (Magalhães e Ferreira, 1997 apud Novaes, 2002). São praticados em profundidades de 4 a 40 metros, normalmente em locais abrigados tais como baías e enseadas. Os sistemas são presos no fundo do mar por poitas ou âncoras.

Os espinheis são confeccionados basicamente com flutuadores mantidos na superfície do mar ou abaixo dela, amarrados em linha por um ou dois cabos mestres, no(s) qual (is) são pendurados os petrechos de cultivo (lanternas, caixas, bandejas etc.), distantes de 0,7 a 1,0 m entre si. Os espinheis apresentam comprimentos que, de modo geral, não ultrapassam 100 m. Este é o sistema de cultivo mais largamente empregado nas fazendas marinhas catarinenses. Existem estudos relatando que o cultivo em sistemas suspensos flutuantes favorece a taxa de crescimento das ostras, devido ao fato de elas se encontrarem o tempo todo submersas, o que as proporciona uma ingestão constante de alimento (Pereyra, 1961 apud Pauley et. al., 1988).

### 2.5.2. Processo de produção de ostras

O processo de produção de ostras pode ser dividido basicamente em duas fases: obtenção de sementes e cultivo. Na fase de cultivo, as sementes são colocadas em lanternas berçário, de 40 cm de diâmetro e de 1,2 m de altura, divididos em sete andares, com capacidade para 10.000 sementes. Após 20 dias, as ostras são colocadas em lanternas intermediárias, com densidade de 750 indivíduos por andar, até atingirem de 1,5 a 2,0 cm de tamanho (aproximadamente 40 dias). Finalmente, na fase final do cultivo, as ostras são transferidas para as lanternas definitivas, onde serão colocadas de 60 a 80 ostras por andar, conservando-se nesta densidade até atingirem de 8 a 10 cm de comprimento, quando serão vendidas por aproximadamente R\$ 5,00 a dúzia (Vinatea Arana, 2003). Os problemas relacionados ao *fouling* ocorrem principalmente na fase final do cultivo, fase mais duradoura, que pode durar de 4 a 6 meses. A cada 30 dias recomenda-se a lavação das lanternas, lavação das ostras e uma nova classificação por tamanho, diminuindo a densidade por andar de acordo com o crescimento das ostras. Logo, além de controlar a presença de *fouling*, o manejo periódico serve para controlar a densidade de ostras.

O manejo interfere ainda na taxa de crescimento das ostras. Estudos da espécie *Ostrea edulis* constataram que o crescimento da concha não é afetado pelo contato com ostras adjacentes, porém o volume de alimento disponível é reduzido, o que deve ocorrer devido à competição ou alguma outra variável (Pauley et. al., 1988). O problema de se ter muitas ostras e pouco alimento é o principal fator limitante em cultivos de alta densidade.

Além do manejo, o crescimento das ostras parece estar também diretamente relacionado à temperatura da água. Por isso, em países que possuem menores temperaturas da água, como, por exemplo, nos Estados Unidos da América, as ostras levam cerca de dois anos para atingirem o tamanho comercial na Califórnia, de dois a quatro anos em Oregon e Washington e de quatro a seis anos em British Columbia e Alasca (Glude e Chew, 1982 apud Pauley et al., 1988).

Por outro lado, um grande problema enfrentado quando a temperatura da água se aproxima ou passa de 20 °C é a SMM (*Summer Mass Mortality* - mortalidade massiva de verão). Em Santa Catarina chega a ocorrer uma taxa de mortalidade de até 70% no verão<sup>6</sup>.

O crescimento também parece ser afetado pelo manuseio, devido à quebra das frágeis linhas de crescimento das conchas (Sparks e Chew, 1961 apud Pauley et. al, 1988), mas isso parece não afetar a taxa de sobrevivência das ostras.

### 2.5.3. Estruturas utilizadas no cultivo de ostras

No Brasil, a lanterna ainda é a estrutura mais utilizada para o cultivo de ostras. Para cada etapa do processo de produção utiliza-se uma lanterna diferente, variando-se o tamanho da malha conforme as ostras vão crescendo. Para a etapa final de cultivo, os ostreicultores de Santa Catarina utilizam lanternas de 4, 5 e 6 andares, sendo a de 5 andares a mais comum. No entanto, existem no mercado lanternas de até 20 andares, que são pouco usadas, pois o peso que essa estrutura chega a atingir no final de período de cultivo torna-se um fator limitante para o seu manuseio. As lanternas variam também quanto ao formato, sendo a mais comum a redonda. Outras formas encontram-se na FIG. 2.2.

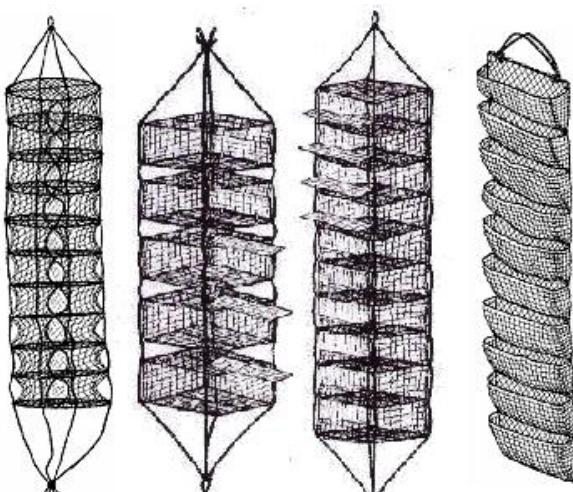


FIGURA 2.2 – Tipos de lanternas utilizadas no cultivo de ostras (fonte: Fukuina).

---

<sup>6</sup> Informação obtida do LMM da UFSC.

Uma outra estrutura que tem se tornado cada vez mais comuns nos países com cultivo de ostras mais desenvolvidos é o travesseiro, pois é a melhor alternativa para a produção em grande escala. Eles são constituídos de polietileno preto e são extremamente duráveis. Estão disponíveis em diversos formatos e diferentes tamanhos de malha. Embora travesseiros sejam mais pesados, os países que utilizam tais petrechos dispõem de maquinário para auxiliar no manejo de tais estruturas. Além disso, tais sistemas de cultivo são utilizados em locais de água rasa, o que facilita o manuseio das estruturas de cultivo.

Há ainda sistemas de cultivo que utilizam bandejas e cestos. As bandejas são mais indicadas para a etapa intermediária de cultivo. Os cestos são indicados para locais de forte correnteza e “coroas de areia”. A FIG. 2.3 ilustra estes outros tipos de estruturas utilizadas.



FIGURA 2.3 – a) Travesseiro, b) cesto e c) bandeja utilizados no cultivo de ostras.

## 2.6. O problema do *fouling*

### 2.6.1. Introdução

A presença de *fouling* é um dos fatores que interferem no cultivo de ostras, entre outros como temperatura da água, salinidade, tipo de substrato, circulação de água e poluição. O *fouling* pode ainda atrair outros organismos como predadores e parasitas, que podem provocar doenças nas ostras. O *biofouling* associado às ostras às vezes pode ter um efeito negativo significativo na taxa de crescimento, chegando a interrompê-lo (Michel e Chew, 1976 apud Pauley et al., 1988).

A freqüência de limpeza das ostras para remoção de *fouling* é inversamente proporcional à taxa de mortalidade. Jacok e Wang (1994) apud Pit e Southgate (2003) identificaram maiores taxas de sobrevivência em *Crassostrea gigas* regularmente manejadas.

Entre os fatores que interferem para a presença de *fouling* no ambiente marinho se destacam: (i) temperatura da água, (ii) correntes marítimas e (iii) matéria orgânica em suspensão. Estas características fazem com que haja maior ou menor incidência de *fouling* e modificam o tipo de *fouling*. Em países onde a temperatura da água é menor, geralmente há menos ocorrência de *fouling*. Por exemplo, na Austrália, na França e no Japão há uma redução de até 50% do *fouling* em relação ao Brasil<sup>7</sup>. Além disso, trata-se de um outro tipo de *fouling*, mais fácil de ser removido (FIG. 2.4). O Chile, apesar da baixa temperatura da água, possui uma corrente marítima muita rica em nutrientes, o que provoca maior incidência de *fouling*. No entanto, o manejo neste país é facilitado devido ao uso de balsas e de mão de obra intensiva.

<sup>7</sup> Informações obtidas do LMM da UFSC.



FIGURA 2.4 –*Fouling* encontrado na França (fonte: The oyster park Bassin d’Arcachon).

### 2.6.2. Formas de combater o *fouling*

A forma de resolver os problemas relacionados ao *fouling* é através do manejo periódico das lanternas a fim de eliminar o *fouling* ou, ainda melhor, inibir sua presença. Isso pode ser feito através de diversas combinações de processos químicos, biológicos, físicos ou mecânicos. Muitas tentativas de se utilizar os métodos químicos se mostraram inadequadas, pois os produtos utilizados apresentaram uma alta persistência no ambiente e uma baixa capacidade de biodegradação, alterando o ecossistema (Cañete, 1994 apud Ibbotson, 2002). Em Santa Catarina, os métodos mais utilizados são os mecânicos, sendo a lavação com água doce pressurizada o mais utilizado.

Uma forma de controle químico que vem sendo usada no mundo desde a metade do século XX é a famosa tinta envenenada utilizada na pintura de cascos de embarcações para impedir a presença de *fouling*. Dentro de uma gama de compostos utilizados na fabricação dessas tintas encontram-se os organo-metálicos à base de estanho, mais propriamente o tributil estanho (TBT). O componente bioativo presente na tinta dissolve-se lentamente na água do mar, formando uma película ao redor do casco, rica em elementos tóxicos que interferem no processo biológico de organismos marinhos impedindo a fixação. Em muitas regiões do mundo diversas espécies de ostras tiveram suas populações drasticamente reduzidas face aos elevados níveis de exposição ao TBT. O exemplo mais evidente foi o da quase extinção da ostra portuguesa, *Crassostrea angulata*, no estuário do rio Tejo. Pesquisas concomitantes a esse declínio mostraram concentrações da ordem de 5,26 ng de TBT por litro de água, enquanto instâncias internacionais recomendam concentrações inferiores a 1 ng/ litro (Silveira Jr., 2004). No que concerne à maricultura, é necessário proibir a localização de marinas próximas a sítios de cultivo, e vice-versa. Barcos ancorados liberam da tinta de seus cascos o princípio ativo tóxico na água que, no caso do TBT, em concentrações maiores a 1 ng/litro são altamente tóxicas, principalmente às ostras.

Uma outra forma de se combater o *fouling* é através do controle biológico. O controle biológico de *fouling* em cultivo da espécie de vieira *Pecten maximus* foi investigado por Ross et al. (2004). No controle foram colocados três tipos de invertebrados dentro das lanternas utilizadas no cultivo de *Pecten maximus*: *Echinus*

*esculentus*, *Psammechinus miliaris* e *Pagurus spp.* Estes três organismos de controle biológico reduziram significativamente o peso do *fouling* da lanterna (cerca de 50%) e nas conchas das vieiras. Os resultados confirmaram que o controle biológico pode ser um método eficiente para resolver o problema do *fouling* no cultivo de *Pecten maximus*.

Lodeiroza e Garcia (2004) avaliaram a eficiência do uso de ouriços do mar como controle biológico de *fouling* sobre lanternas e conchas da ostra para o cultivo de pérolas *Pinctada imbricata*. No final de um experimento de três meses, as lanternas contendo ouriços apresentaram uma redução significativa de massa seca de *fouling*. Os autores recomendam o uso de ouriços do mar para reduzir o *fouling* em conchas e lanternas em cultivos tropicais de moluscos bivalves.

Uma forma de controle físico muito difundido em Santa Catarina é o chamado castigo. Ele consiste na utilização da energia solar como forma de facilitar a retirada do *fouling* já aderido nas lanternas. Neste método, as lanternas são retiradas da água e permanecem expostas ao Sol por um período de até doze horas. Após este período de tempo, todo *fouling* pode ser facilmente retirado e as ostras não são danificadas, pois elas são capazes de resistir até três dias fora da água. O castigo também é usado para facilitar a retirada de cracas e outras aderências nas lanternas já vazias, antes de serem novamente utilizadas para o cultivo de uma outra safra de ostras. Embora eficaz este método não é eficiente, devido ao elevado tempo total necessário para se manejar as lanternas.

Existem ainda pesquisas que buscam encontrar materiais anti-*fouling*. Um material foi desenvolvido por pesquisadores australianos para a fabricação de bandejas utilizadas em alguns sistemas de cultivo de ostras. Trata-se de um polietileno de alta densidade, que contém dentro dos seus polímeros um agente químico anti-*fouling*, liberado lentamente ao longo do tempo. Esse agente químico é ambientalmente seguro, degradável na água do mar em algumas horas e não acumula em espécies marinhas. Os pesquisadores afirmam que o uso deste material pode ser estendido para o uso em outros petrechos utilizados no cultivo de ostras (CSIRO, 2003).

Uma empresa da área de aquicultura desenvolveu um tratamento como forma de proteger redes contra o *fouling*. As redes devem ser passadas através de um tanque contendo o anti-*fouling* "AquaShield". A aplicação do material anti-*fouling* é controlada por computador. A seguir, as redes passam através de uma câmara de secagem, onde as condições ótimas de secagem são mantidas por meio do controle de temperatura, umidade e fluxo de ar, também controladas por computador (Cards, 2004).

Apesar de existirem diversos métodos para combater o *fouling*, o melhor método parece ser o de retirar a lanterna da água com certa periodicidade e lavá-la com jato de água pressurizado. Os ostreicultores têm utilizado este método e estão se tornando cada vez mais eficientes. Embora à princípio isto possa significar mais trabalho, em contrapartida ocorre uma maior taxa de crescimento devido ao aumento do fluxo de nutrientes para as ostras, resultantes de lanternas bem limpas. Outro grande benefício é a redução do trabalho com o manejo final com a limpeza das ostras e das lanternas.

### **2.6.3. Máquinas utilizadas no combate ao *fouling***

Não foram encontrados na literatura e na busca por patentes qualquer máquina específica para a lavagem de lanternas visando o combate ao *fouling*. Encontraram-se algumas máquinas semelhantes, que serão a

seguir apresentadas. Maiores detalhes como preço, dimensões e capacidade também não foram encontrados para algumas delas.

Na França existe uma máquina utilizada para a lavação de travesseiros (FIG. 2.5). Seu princípio de funcionamento é a água quente. Os travesseiros são colocados em um tanque contendo água à temperatura de 90°C por três segundos, tempo suficiente para matar todo o *fouling* presente e não prejudicar as ostras. Antes da utilização desta máquina os ostreicultores franceses eram capazes de processar 6.000 dúzias de ostras por dia. Com a máquina, passaram a ser lavadas 6.000 dúzias por hora.



FIGURA 2.5 – Máquina utilizada na França para lavação de travesseiros (Armingaud, 2004).

Outra máquina encontrada com aplicação semelhante à lavação de lanternas foi uma lavadora de cestos, desenvolvida para remover *fouling*, conectando-a a uma bomba de alta pressão (FIG. 2.6). Ela pode ser ajustada para lavar qualquer tamanho de cestos. Seu consumo de água é de 8 l/cesto, o que é vantajoso em relação à lavação manual.



Figura 2.6 – Máquina lavadora de cestos (fonte: E.D. Shellfish Equipment Pty Ltd).

O sistema Sea System™ foi criado pela *Future Sea Technologies Inc.* para o cultivo de peixes em um ambiente controlado (FIG. 2.7). As principais vantagens deste sistema são: (i) fluxo de água regulado, (ii) evita presença de algas tóxicas e predadores, (iii) controle de qualidade da água e (iv) redução de transmissão de doenças. Apesar de desenvolvido para o cultivo de peixes, suas características permitem que o sistema seja utilizado no cultivo de ostras.



FIGURA 2.7 – Sistema flutuante para criação de peixes (fonte: Future SEA Technologies Inc.).

## 2.7. Considerações finais

Neste capítulo foi confirmada a necessidade em se desenvolver um protótipo para auxiliar na tarefa de lavação de lanternas, tendo em vista as dificuldades relacionadas a esta tarefa, a carência de máquinas projetadas especificamente para este fim e a importância do cultivo de ostras no contexto da aquicultura brasileira.

No Brasil ainda não se produzem equipamentos especialmente fabricados para o cultivo de moluscos. Este é um quadro diferente do que se observou em outros países, que têm tradição na produção de moluscos marinhos. No exterior encontrou-se uma grande variedade de equipamentos para o manejo da produção, desde embarcações especialmente projetadas para retirada das estruturas de cultivo do mar, até equipamentos para lavação, classificação, processamento e embalagem de moluscos.

No entanto, especificamente para a tarefa de lavação de lanternas nenhum equipamento foi encontrado, que pudesse ser utilizado pelos ostreicultores brasileiros, de acordo com suas condições sociais e culturais e que se adaptasse ao sistema de cultivo adotado no Brasil.

# CAPÍTULO 3: PROJETO INFORMACIONAL

O Projeto Informacional corresponde à primeira fase do projeto do produto, que tem como objetivo principal o estabelecimento das especificações do projeto do sistema de lavação de lanternas. Nesta fase são identificadas as necessidades dos clientes, que são convertidas em requisitos dos clientes e estes são hierarquizados por meio da utilização da matriz da casa da qualidade. Estes por fim, são transformados nas especificações de projeto.

## 3.1. Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Uma vez definido o tema do projeto, passa-se a pesquisar informações a seu respeito. Isso envolveu pesquisas multidisciplinares, exigindo conhecimentos das áreas envolvidas no projeto. Este trabalho envolveu pesquisas na área de mecânica e aquicultura. As informações pesquisadas se encontram no capítulo 2.

## 3.2: Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Esta é uma etapa de fundamental importância para o projeto do produto, pois são para os clientes que os produtos serão projetados e isso deve ser feito de acordo com suas necessidades, também conhecidas como “voz do cliente”. Necessidades são aquelas expressões espontâneas dos usuários potenciais dos produtos, ou das distintas categorias de clientes, relacionadas com o projeto ou com o produto (Fonseca, 2000).

Para identificar os clientes foi feita uma análise do ciclo de vida do produto, sendo utilizada para isso a espiral do desenvolvimento (FIG. 3.1). Eles são classificados em: (i) clientes internos, que fazem parte ou estão associados aos setores produtivos, onde se agrega valor ao produto, (ii) clientes intermediários, associados aos setores de mercado, onde o produto é comercializado e (iii) clientes externos, associados aos setores de consumo, onde o produto é usado em funcionamento. Estas informações se encontram no QUADRO 3.1.

Como no Brasil ainda não são fabricados equipamentos especialmente desenvolvidos para o cultivo de ostras, os clientes internos ainda não estão plenamente identificados. Teoricamente seriam as empresas que poderiam se interessar pela fabricação de tais produtos. Os clientes intermediários, da mesma forma ainda são inexistentes e poderiam ser as próprias empresas que fabricam e também vendem seus produtos diretamente para os consumidores. Além disso, por se tratar de uma atividade em desenvolvimento, em princípio espera-se que apenas poucas máquinas sejam produzidas, não havendo a necessidade de haver um cliente intermediário. Na prática, porém, foram adotados como clientes internos e intermediários a própria equipe de projeto, contando

com colaborações de técnicos de centros de pesquisas relacionados ao cultivo de ostra e de desenvolvimento de produto. Finalmente, os clientes externos são os próprios ostreicultores.

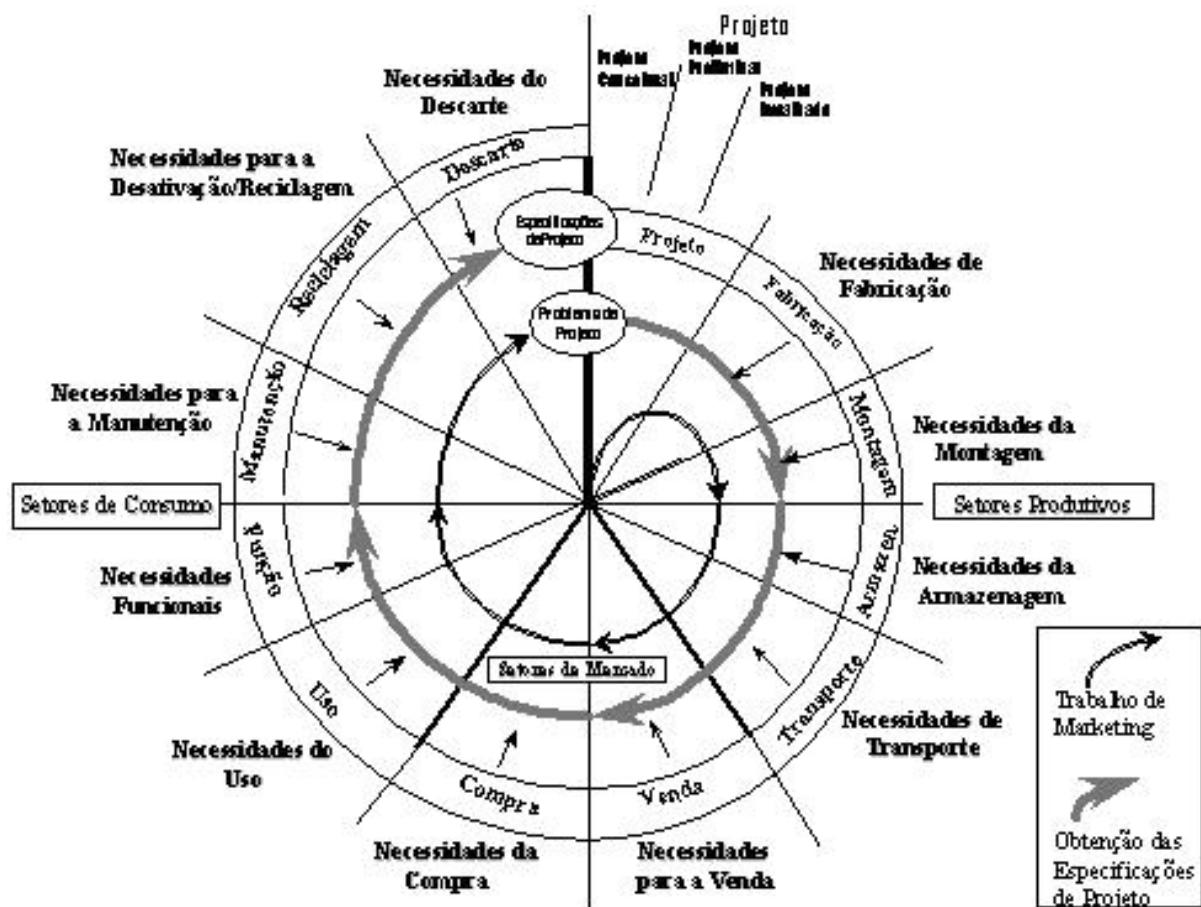


FIGURA 3.1 – Espiral do desenvolvimento (Fonseca, 2000).

QUADRO 3.1 – Identificação das fases do ciclo de vida do produto e de seus clientes.

CLIENTES	FASES DO CICLO DE VIDA		
	Setores Produtivos	Setores de Mercado	Setores de Consumo
Equipe de projeto	Projeto, Fabricação, Montagem/Embalagem, Armazenagem, Transporte	Venda, Compra	
Técnicos aquícolas	Projeto		Função
Equipe de fabricação	Projeto, Fabricação		
Ostreicultores	Projeto		Uso, Função, Manutenção, Desativação/Reciclagem, Descarte

Definidos quais clientes serão entrevistados, o próximo passo é definir quantos. Foram realizadas apenas seis entrevistas, o que, segundo Mastronardi (2001), produziriam os resultados, respostas e dados necessários, e que começariam a se tornar repetitivos se mais entrevistas fossem conduzidas. Isso foi constatado nas primeiras entrevistas realizadas com um grupo de pequenos produtores da região do Sambaqui em Florianópolis.

lis. Além disso, constatou-se também que poucos dos pequenos produtores podiam colaborar com informações sobre o problema de lavação de lanternas, pois eles não realizam a atividade de lavação de lanternas com ostras dentro, o que é o tema principal desta pesquisa. Assim, somente a maior e única grande empresa de Florianópolis e, consequentemente do Brasil, localizada na região do Ribeirão da Ilha, colaborou com o levantamento de necessidades para a pesquisa.

Para identificar as necessidades dos clientes, Santana et al. (2004) propôs a elaboração de um Guia de Entrevistas (APÊNDICE 3). Seu objetivo foi servir de agenda para a entrevista, assegurando que a entrevista não fugisse ao objetivo proposto. Outro aspecto importante proporcionado pelo Guia foi a liberdade dada aos entrevistados, que se sentiram à vontade para responder questões do tipo abertas, sem ter que se preocupar com o fato de haver respostas certas e erradas, o que pode acontecer no caso de se aplicar questionários estruturados. Com o Guia, pode-se também elaborar perguntas personalizadas, pois cada entrevista é única e tem suas próprias características, que devem ser detectadas durante o decorrer da entrevista.

Os resultados da entrevista realizada com esse grande produtor, juntamente com as colaborações dos técnicos aquícolas e da bibliografia permitiram que fossem identificadas as necessidades dos clientes.

### 3.3: Estabelecer os requisitos dos clientes

Requisitos dos clientes consistem nas necessidades dos clientes escritas em linguagem de engenharia, de modo que possam ser compreendidas claramente pela equipe de projeto. Fonseca (2000) apresenta duas recomendações para auxiliar na conversão de necessidades em requisitos de clientes: a) frase composta por um dos verbos ser, estar ou ter, seguido de um ou mais substantivos e b) frase composta por um outro verbo, seguido de um ou mais substantivos, denotando, neste caso, uma possível função do produto.

Através de estudo, estas necessidades foram então desdobradas em requisitos dos clientes, conforme mostra o QUADRO 3.2.

QUADRO. 3.2 – Requisitos dos clientes.

CLIENTE	REQUISITOS DOS CLIENTES	CLIENTE	REQUISITOS DOS CLIENTES
EXTERNOS	Funcionar no local de cultivo	EXTERNOS	Ter alto desempenho funcional
	Ser manuseável por 1 pessoa		Não danificar as ostras
	Ser transportável		Ter manutenção simples
	Ter baixo consumo de água	INTERMEDIÁRIOS	Ter preço baixo
	Usar recursos naturais		Ser fácil de montar
	Ser durável		Ser de fácil fabricação
	Ter baixo custo		Ser de materiais recicláveis
	Ter simples interface com usuário		Utilizar peças padronizadas

### 3.4: Estabelecer os requisitos do projeto

Requisitos de projeto são características técnico-físicas mensuráveis, que o produto deve ter para satisfazer os requisitos dos clientes (Fonseca, 2000). Baseado em Reis (2003), foi adotado o seguinte procedimento para obtê-los: a) confrontar os requisitos dos clientes com a classificação de requisitos de projeto proposta por Fonseca (2000) e b) verificar se os requisitos de projeto assim obtidos apresentam propriedades consideradas desejáveis, conforme os critérios de Roozenburg e Eekels (1995) apud Reis (2003a), que são: validade, completude, operacionalidade, não redundância, concisão e praticidade. Assim, obtém-se uma lista de requisitos de projeto enxuta e completa. Isto resultou numa lista de 30 requisitos, apresentados dentro da classificação de Fonseca (2000) nas FIG. 3.2 e FIG. 3.3.

Gerais	Básicos	Funcionamento	Danificação das ostras
			Ser a prova de água
			Retirar <i>biofouling</i>
			Não desestabilizar embarcação
		Ergonômico	Transportabilidade
			Interface simples
			Força de acionamento
		Econômico	Custo de produção
			Custo de operação
			Custo de manutenção
			Vida útil
		Segurança	Integridade física do operador
		Confiabilidade	Taxa de falhas
		Legal	Limites de contaminantes
		Do impacto ambiental	Reducir acúmulo de resíduos
	Ciclo de vida	Fabricabilidade	Processos usuais
		Montabilidade	Número de componentes
			Componentes padronizados
		Comerciabilidade	Preço de venda
		Usabilidade	Praticidade de uso
		Mantenabilidade	Manutenção simples
		Reciclagem	Materiais recicláveis

FIGURA 3.2 – Requisitos Gerais do Projeto classificados de acordo a proposta de Fonseca (2000).

Específicos	Materiais	Geométricos	Dimensões	Tamanho
				Adaptável à média das embarcações
		Material	Fixações	
			Custo	
			Atóxico	
			Resistência à corrosão	
			Resistência à água salina	
			Peso	
Energéticos		Força	Peso	
			Força para retirada do <i>fouling</i>	

FIGURA 3.3 – Requisitos Específicos do Projeto classificados de acordo a proposta de Fonseca (2000).

### 3.5: Hierarquizar os requisitos do projeto

Os requisitos de projeto devem ser hierarquizados, de forma que o produto atenda às necessidades dos clientes, priorizando os que eles consideram mais importantes. Para isso, foi utilizada como ferramenta a matriz da casa da qualidade ou primeira matriz do QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade). Uma das etapas para utilização do QFD consiste em valorar os requisitos dos clientes, o que foi feito com a ferramenta diagrama de Mudge (APÊNDICE 4).

Os requisitos de projeto foram então hierarquizados com auxílio da ferramenta QFD, seguindo-se a sequência de passos proposta por Back e Forcellini (2003). Como resultado, foram obtidas duas matrizes: uma considerando o telhado da casa da qualidade e outra sem considerá-lo. Como não houve grandes disparidades entre as duas, poder-se-ia adotar qualquer uma delas. A segunda acima citada foi escolhida, obtendo-se assim a Matriz da casa da qualidade apresentada no APÊNDICE 5.

### 3.6: Estabelecer as Especificações do Projeto

As especificações do projeto são constituídas pelos requisitos de projeto hierarquizados com seus valores metas, formas de avaliação destes valores e aspectos indesejáveis (Fonseca, 2000). O Quadro de especificações do projeto (QUADRO 3.3 a 3.5) é a saída da fase de Projeto Informacional e serve como informação básica e referencial para as fases seguintes do projeto.

QUADRO 3.3 –Especificações do projeto – primeira parte.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS continua
1. Praticidade de uso	Tempo inferior ao processo atual	Comparação de tempos (ver Cap. 6)	Tempo elevado
2. Preço de venda	< R\$ 2.000	Medição dos custos de produção mais o lucro desejado	Comprometer a qualidade do sistema e o seu desempenho

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADO conclusões
3. Adaptável à média das embarcações	Sim ou não	Adaptável ou não adaptável à embarcação de fibra de 4 metros	Prejudicar navegação
4. Custo de material	< R\$ 200,00	Medição dos custos dos materiais utilizados	Comprometer a qualidade do sistema e seu desempenho
5. Reduzir acúmulo de resíduos	95%	Peso de <i>fouling</i>	Incrustação excessiva de <i>fouling</i>
6. Custo de produção	Não medido para protótipo	Soma dos custos com fabricação e montagem	Comprometer a qualidade do sistema e o seu desempenho
7. Não desestabilizar embarcação	> 10 cm	Medição de distância entre a borda do barco e o mar	Naufrágio
8. Peso	< 15 kg	Balança	Não ter transportabilidade
9. Danificação das ostras	< 10%	Contagem	Danificação acima das esperada
10. Força para retira-da do <i>fouling</i>	Recomendação para trabalhos futuros	Manômetro	Custo para aumentar força

QUADRO 3.4 –Especificações do projeto – segunda parte.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS continua
11. Retirar <i>fouling</i>	> 80%	Peso de <i>fouling</i>	Estresse nas ostras devido a tempo de lavação
12. Resistência à corrosão	> 3 anos	% área prejudicada	Custo com material e aumento de peso do sistema
13. Resistência à água salina	> 3 anos	% área prejudicada	Custo com material e aumento de peso do sistema
14. Custo de operação	Medido somente com sistema em funcionamento	Medição dos custos e do tempo de operação em testes de laboratório	Comprometer a qualidade do sistema e o seu desempenho
15. Ser à prova de água	100%	Componentes prejudicados	Molhar componentes que não são à prova de água
16. Custo de manutenção	Medido somente com sistema em funcionamento	Avaliação em laboratório com a simulação em bancada de teste	Redução no intervalo entre manutenções

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS conclusão
17. Integridade física do operador	100%	Números de lesões	Afastamento de operador
18. Tamanho	> 1,0 m	Medição linear	Para lanternas de 4 ou mais andares
19. Manutenção simples	Manutenção caseira	Avaliação em laboratório com a simulação em bancada de teste	Aumento do custo de manutenção

QUADRO 3.5 –Especificações do projeto – terceira parte.

REQUISITO	VALOR META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS INDESEJADOS
20. Nº de componentes	Quanto menor, melhor	Contagem	Não prejudicar o desempenho funcional
21. Transportabilidade	> 5 m/s	Cronômetro	Dificuldade de transporte do sistema por 1 pessoa
22. Material atóxico	100%	Contagem	Não danificar as ostras
23. Componentes padronizados	> 70%	Contagem	A busca por componentes padronizados não deve limitar o uso de soluções inovadoras
24. Processos usuais	> 80%	Contagem	A busca por processos usuais não deve limitar o uso de soluções inovadoras
25. Interface simples	0% palavras	Contagem	Não possibilitar manuseio por operadores analfabetos
26. Vida útil	Medido somente com sistema em funcionamento	Não será feita avaliação direta. Serão adotadas práticas e técnicas ao longo do projeto a fim de assegurar o cumprimento da meta.	Uso de materiais caros ou raros, aumento de dimensões de partes, usar tolerâncias menores.
27. Limites de contaminantes	Anexo 1 (CONAMA, 1986)	Análise laboratorial	Polução do local do cultivo e infração da lei
28. Taxa de falhas	< 1 vez/dia	Contagem	Falha durante uso em um dia
29. Força de acionamento	< 70 kg	Dinamômetro	Não poder ser acionado por 1 pessoa
30. Materiais recicláveis	> 50%	Contagem	Não deve limitar o desempenho funcional

### 3.7: Considerações finais

Pode-se observar que os requisitos de projeto que obtiveram melhor classificação no Quadro de especificações do projeto são aqueles relacionados com os requisitos dos clientes que obtiveram maiores pesos no diagrama de Mudge. Por exemplo, o principal requisito dos clientes, “Funcionar no local de cultivo”, tem relação com o primeiro requisito de projeto “Praticidade de uso”, com o terceiro, “Adaptável à média das embarcações”, com o quinto, “Reduzir acúmulo de resíduos”, entre outros. O mesmo ocorre entre “Ter baixo custo” e “Preço de venda”, “Custo de material”, “Custo de produção”, etc.

Isto confirma a autenticidade das especificações do projeto em relação às necessidades dos clientes e garante a precisão do uso destas informações como fonte segura de informações para as seguintes etapas do projeto do produto, transmitindo com fidelidade os desejos dos clientes.

# CAPÍTULO 4: PROJETO CONCEITUAL

A fase de Projeto Conceitual é caracterizada pela utilização da abstração para identificação dos problemas essenciais, evitando-se assim que um dos maiores erros dos projetistas ocorra, que é ter em mente uma solução que ele gostaria de adotar para resolver precocemente um problema. Isso muitas vezes pode acabar prejudicando o desenvolvimento do produto, limitando a criatividade. O primeiro passo desta fase é o estabelecimento da estrutura funcional do produto, estabelecendo-se as funções do produto e a seguir buscando-se e combinando-se princípios de solução para estas funções. Assim, obtém-se variantes de concepções, que ao final são avaliadas segundo critérios técnicos e econômicos.

## 4.1. Estabelecer a estrutura funcional

O objetivo de estabelecer a estrutura funcional do produto projetado é para auxiliar na busca por princípios de solução, pois estes são determinados para atender às funções do produto. Para isso, esta etapa foi dividida em duas atividades: estabelecer a função global e estabelecer a estrutura funcional. As definições destes e de outros termos usados nesta etapa do projeto se encontram no QUADRO 4.1.

QUADRO 4.1 - Principais conceitos da etapa de análise funcional (Reis, 2003).

TERMO	SIGNIFICADO
Função	Relação entre as entradas e as saídas (em termos de material, energia e sinal) de um sistema que tem o propósito de desempenhar uma tarefa.
Função global	Expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas assim como as suas propriedades. É a função última do sistema técnico.
Função parcial	Ou subfunção, divisão da função global. Apresenta menor grau de complexidade.
Função auxiliar	Contribui para a função global de uma forma indireta. Tem caráter complementar ou de apoio.
Função elementar	Último nível de desdobramento da função global, não admitindo subdivisão. Deve existir pelo menos um princípio de solução no campo físico capaz de atender a essa função.
Estrutura funcional	Combinação de funções parciais representativas da função global do sistema.

### Estabelecer a função global

A função global foi determinada a partir da análise criteriosa das especificações do projeto. Sua representação gráfica foi feita por meio de um bloco sujeito a fluxos de energia (E), material (M) e sinal (S), que são as entradas e saídas do sistema, conforme mostrado na FIG. 4.1.

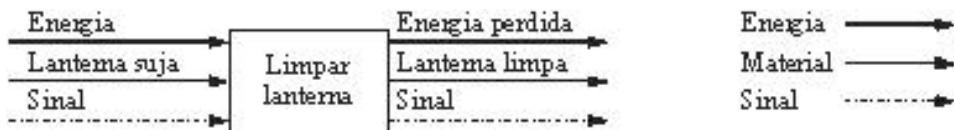


FIGURA 4.1 – Função global “limpar lanterna”.

Foi escolhido o verbo **limpar** ao invés do verbo **lavar**, que é utilizado na definição do problema. O verbo **lavar** se refere à forma de limpeza atual das lanternas. No entanto ele estaria restringindo a busca por princípios de solução que utilizem água, visto que a definição do verbo significa tirar impurezas com água. Assim, optou-se pelo verbo mais genérico **limpar**, que significa tirar a sujidade, não necessariamente com água (Lexikon, 1999).

O fluxo de energia foi tratado de forma genérica, pois o problema em questão não se trata de um projeto de um sistema existente ou um projeto inovador, onde as formas de energia seriam mais facilmente identificadas, mas sim de um projeto criativo. Desta forma, a generalização não restringe a busca por soluções criativas. Assim, por um lado entra-se no sistema com lanterna suja (M), energia (E) e informações sobre o grau de sujeira da lanterna (S). Do outro lado, espera-se obter do sistema: lanterna limpa (M), energia (E) e informações sobre o grau de limpeza da lanterna (S). A energia de saída representa a parcela de energia que sai do sistema sob formas indesejáveis, tais como: calor, vibrações e ruídos. Embora indesejáveis, tais saídas dificilmente são evitadas em sistemas físicos (Ferreira, 1997).

#### Estabelecer a estrutura funcional

Quando se trata de sistemas existentes, o ponto de partida nesta etapa geralmente é a análise de produtos similares. No entanto, no caso de projetos criativos, não há produtos similares, o que acarreta o desconhecimento de suas sub-funções e das relações entre elas. Neste caso, a busca por uma estrutura funcional constitui um dos passos mais importantes da fase de Projeto Conceitual (Pahl e Beitz, 1996). Assim, partiu-se da análise da Estrutura de Desdobramento do Produto (EDP) da própria lanterna, baseando-se nas partes que a compõem, conforme a FIG. 4.2.

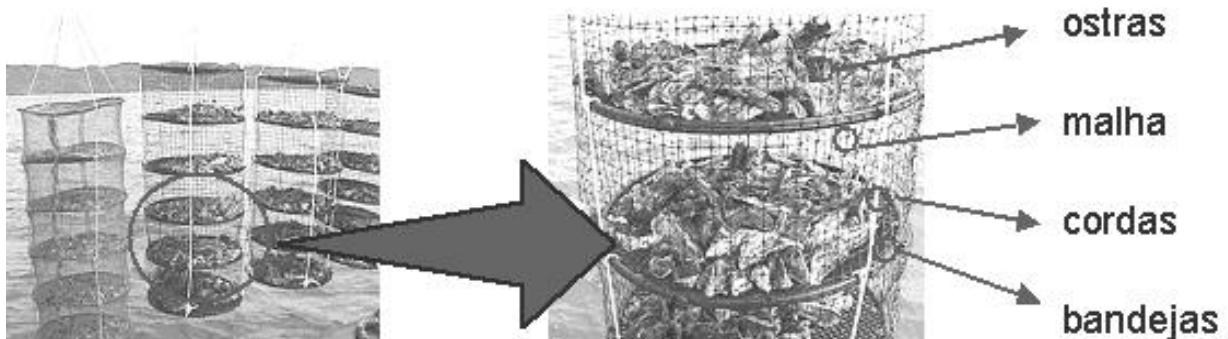


FIGURA 4.2 – Estrutura de Desdobramento do Produto de uma lanterna.

Além da EDP, visitas a campo, acompanhando-se e até mesmo realizando-se a tarefa de lavação de lanternas, foram fundamentais para o completo entendimento das necessidades associadas a esta tarefa. Para a

elaboração da estrutura funcional foram utilizados diagramas de blocos com fluxo de energia, material e sinal e símbolos sugeridos por Pahl e Beitz (1996), conforme a FIG 4.3.

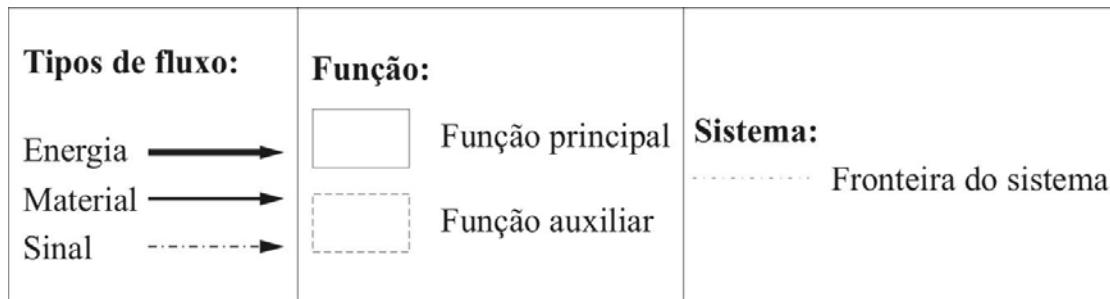


FIGURA 4.3 – Símbolos para a elaboração de uma estrutura de funções (Pahl e Beitz, 1996).

A função global foi então desdoblada de acordo com as recomendações de Ullman (1992) apud Ferreira (1997), ou seja, o tanto quanto possível, até se chegar a funções elementares, que serão usadas na primeira coluna da matriz morfológica, facilitando, assim, a próxima etapa do projeto. O nível 1 da estrutura funcional obtida está representada na FIG. 4.4. Os de mais níveis, que tratam dos desdobramentos das funções parciais em funções auxiliares, estão representado no APÊNDICE 6.

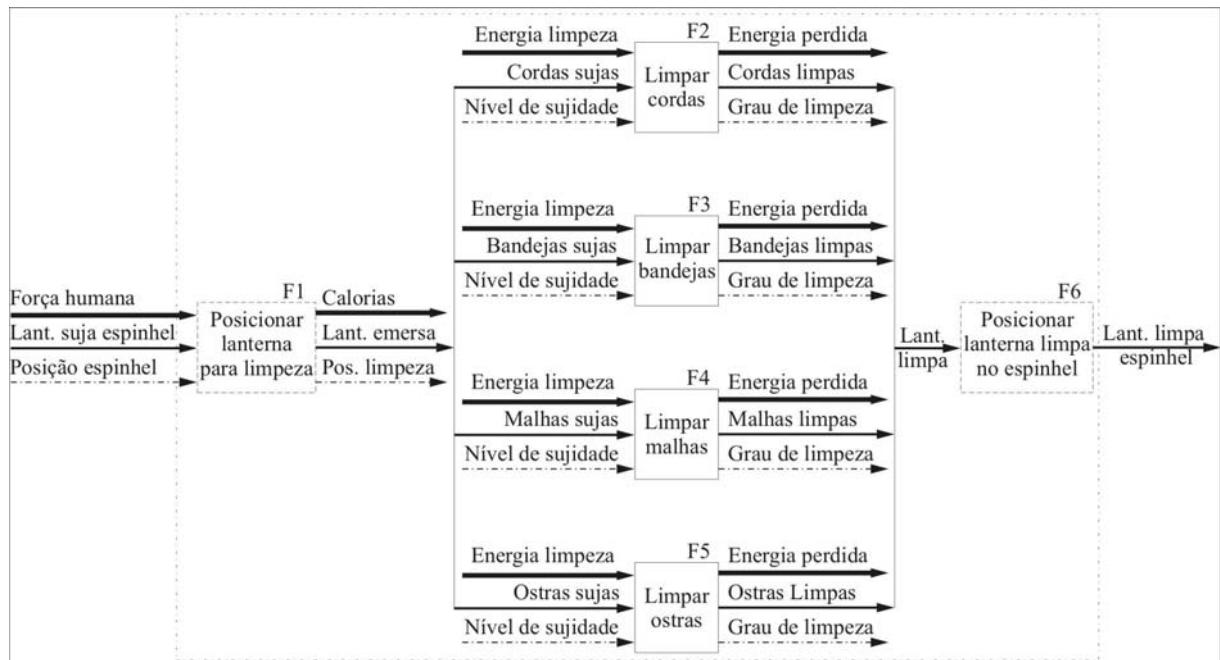


FIGURA 4.4 – Nível 1 da estrutura funcional: funções principais e auxiliares.

O QUADRO 4.2 descreve detalhadamente cada uma das funções presentes na estrutura funcional obtida, com seus fluxos de energia, material e sinal.

QUADRO 4.2 - Descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas da estrutura funcional.

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO	ENTRADAS	SAÍDAS
F1- Posicionar lanterna para limpeza	Necessidade de emergir a lanterna para realizar a limpeza	Lanterna suja no espinhel	Lanterna emersa
F2- Limpar cordas	Limpar as cordas sujas	Cordas sujas	Cordas limpas
F2.1- Separar <i>fouling</i>	Separar o <i>fouling</i> das cordas	Cordas com <i>fouling</i>	Cordas sem <i>fouling</i>
F3- Limpar bandejas	Limpar as bandejas sujas	Bandejas sujas	Bandejas limpas
F3.1- Limpar parte inferior	A bandeja apresenta uma parte inferior e uma superior que precisam ser limpas	Parte inferior suja	Parte inferior limpa
F3.1.1- Alcançar parte inferior	Assim como para as ostras, é preciso alcançar a parte inferior, pois a malha separa a mesma do exterior	Parte inferior não alcançada	Parte inferior alcançada
F3.1.2- Separar <i>fouling</i>	Separar o <i>fouling</i> da parte inferior	Parte inferior com <i>fouling</i>	Parte inferior sem <i>fouling</i>
F3.2- Limpar parte superior	Alcançar e limpar parte superior	Parte superior suja	Parte superior limpa
F3.2.1- Alcançar parte superior	A parte superior também precisa primeiro ser alcançada, para então poder ser limpa	Parte superior não alcançada	Parte superior alcançada
F3.2.2- Separar <i>fouling</i>	Separar o <i>fouling</i> da parte superior	Parte superior com <i>fouling</i>	Parte superior sem <i>fouling</i>
F4- Limpar malha	Limpar as malhas sujas	Malha suja	Malha limpa
F4.1- Separar <i>fouling</i>	Separar o <i>fouling</i> da malha	Malha com <i>fouling</i>	Malha sem <i>fouling</i>
F5- Limpar ostras	Limpar as ostras sujas que se encontram dentro das lanternas	Ostras sujas dentro da lanterna	Ostras limpas dentro da lanterna
F5.1- Alcançar ostras	Antes de se limpar as ostras, é preciso alcançá-las, pois a malha separa as mesmas do exterior	Ostras não alcançadas	Ostras alcançadas
F5.2- Separar <i>biofouling</i>	Separar o <i>biofouling</i> das ostras	Ostras com <i>biofouling</i>	Ostras sem <i>biofouling</i>
F6- Posicionar lanterna limpa no espinhel	Retornar a lanterna limpa ao espinhel	Lanterna emersa	Lanterna submersa

## 4.2. Pesquisar por princípios de solução

Esta é uma das etapas mais importantes desta fase do projeto. Os princípios de solução aqui encontrados serão atribuídos às funções da estrutura funcional e darão forma ao produto. Por isso é fundamental a realização de uma pesquisa exaustiva por meio de diversos métodos de criatividades. É importante que a equipe de projeto não se restrinja apenas a soluções já conhecidas pelos projetistas, buscando alternativas em diferentes áreas. Encontrados os princípios de solução, eles serão estruturados e sistematizados aplicando-se o método da matriz morfológica.

Reis (2003) classificou os métodos de criatividade em três grupos:

- Convencionais: pesquisa bibliográfica; análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; analogias; medições e testes em modelos.
- Intuitivos: *Brainstorming*; método 635; método Delphi; sinergia; analogia direta; analogia simbólica; combinação de métodos.
- Discursivos: Estudo sistemático de sistemas técnicos; estudo sistemático com o uso de esquemas de classificação; uso de catálogo de projeto; TRIZ - teoria da solução de problemas inventivos; método da matriz morfológica.

Os métodos escolhidos dentre estes estão apresentados no QUADRO 4.3.

QUADRO 4.3 – Métodos de criatividade aplicados ao problema.

CLASSIFICAÇÃO	MÉTODOS	DESCRIÇÃO	RESULTADOS
Convencionais	Pesquisa bibliográfica	Buscar por patentes, artigos, livros, catálogos de projeto.	Não foram encontrados produtos destinados à lavação de lanternas.
	Análise de sistemas técnicos existentes	Pesquisar por produtos similares, que atendessem às funções elementares.	Foram encontrados diversos produtos que atendem principalmente à função de limpeza, gerando idéias para princípios de solução.
Intuitivos	<i>Brainstorming</i>	Reunião de 30 a 50 minutos com equipe de 5 a 10 pessoas para obtenção de idéias.	Inseridos diretamente na matriz morfológica.
	Analogia pessoal ou empatia	Colocar-se no lugar dos produtores de ostras e até mesmo da própria ostra.	Completo entendimento do processo de lavação de lanternas, facilitando a busca eficaz por princípios de solução.
	Analogia simbólica	Procurar por um verbo, declaração ou definição condensada do problema.	Geração de idéias alternativas para os verbos das funções elementares, ampliando o campo de busca por princípios de solução (Koller, 1985) (Roth, 1982).
Discursivos	Método da matriz morfológica.	Estruturar e sistematizar a apresentação dos princípios de solução encontrados	Matriz morfológica

#### 4.3. Combinar princípios de solução

Na matriz morfológica (FIG. 4.5) foram atribuídos princípios de solução a cada uma das funções elementares da estrutura funcional do produto. De forma a atender a função global, esses princípios devem agora ser combinados, elaborando-se modelos de princípio de solução do produto.

A combinação de todos os princípios de solução levaria a elaboração de um número muito grande de modelos, o que tornaria exaustiva esta etapa do trabalho. Além disso, nem todas as combinações seriam realizáveis ou viáveis técnica e economicamente (Menegatti, 2004). Observou-se que há alguns critérios determinantes do número de combinações gerados (Pahl e Beitz 1996, Ferreira, 1997, Reis. 2003, Scalice, 2003 e Menegatti, 2004). Estes critérios são: (a) somente combinar subfunções com princípios de solução compatíveis; (b) somente procurar por soluções que atendam a especificação de projeto e às restrições de orçamento; (c) concentrar em combinações promissoras estabelecendo as razões de tal preferência, (d) basear-se na estrutura de funções e (e) usar o bom senso.

Dante destes critérios, muitos princípios de solução não foram utilizados nas combinações. O princípio de solução utilizando tanque com água quente, apesar de utilizado na França, mostrou-se inadequado para o propósito principal deste trabalho, que é buscar uma solução simples e de baixo custo e que seja possível de se utilizar no próprio local de cultivo. A aplicação deste princípio nas embarcações acarretaria um aumento no custo necessário para se obter água quente em um tanque embarcado. Além disso, uma periodicidade maior de limpeza de lanterna, conforme pretendido com este trabalho, evita que uma grande quantidade de *fouling* seja a-

cumulada, de tal forma que um processo simples possa ser utilizado, sem a necessidade de água quente para facilitar a limpeza.

F5.1	Alcançar ostras						
F3.1.1	Alcançar parte inferior bandeja	Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
							Eixos para esponjas
F3.2.1	Alcançar parte superior bandeja	Cabo longo	Escova espiral	Vibração	Tanque ultrassônico	Laser	Plasma
	Separar biofouling e ostras						
		Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
F5.2	Separar biofouling e ostras	Eixos para esponjas	Escova espiral	Vibração	Tanque ultrassônico	Laser	Plasma
		Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
F4.1	Separar biofouling e malha						
	Separar biofouling e cordas	Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
							Eixos para esponjas
F2.1	Separar biofouling e cordas	Escova rotativa	Escova espiral	Vibração	Tanque ultrassônico	Laser	Plasma
		Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
F3.1.2	Separar biofouling da parte inferior bandeja						
	Separar biofouling parte superior bandeja	Jato d'água	Ducha de água	Tanque água quente	Jato de ar	Jato de areia	Limpador a vácuo
							Eixos para esponjas
F3.2.2	Separar biofouling parte superior bandeja	Raspador	Escova espiral	Vibração	Tanque ultrassônico	Laser	Plasma

FIGURA 4.5 – Matriz morfológica.

O laser também foi descartado por ser uma técnica de limpeza que ainda apresenta alto custo e também por não se ter encontrado na literatura qual efeito sua aplicação sobre organismos vivos. Apesar disso, a partir da década de 1990 seu uso em processos de limpeza tem sido cada vez mais explorado em diversas áreas. Cooper (2003), por exemplo, apresentou o uso do laser para a remoção de diversos tipos de incrustações indesejadas sobre diferentes substratos, como pedra, mármore, madeira e bronze. Isto já fora demonstrado por Asmus (1973) apud Cooper (2003) no início dos anos 1970. Ele demonstrou que radiação à laser poderia remover incrustações de esculturas de mármore, com um grau de limpeza impossível de ser alcançado com métodos tradicionais de limpeza. Tendo demonstrado isso, Asmus desenvolveu um protótipo de uma ferramenta de limpeza. No entanto, a tecnologia ainda não se encontrava madura para a época e sua aplicação prática ainda era difícil. Nos anos de 1980, pesquisadores da Inglaterra, França e Itália demonstraram o alto nível de controle e precisão oferecidos pela limpeza a laser. Isso levou ao desenvolvimento de um protótipo de limpador a laser,

encorajando pesquisadores a lançarem um sistema comercial na década de 1990. No entanto, o custo para aplicação de limpeza a laser ainda é considerado elevado em relação a outras técnicas de limpeza, mas no futuro poderá facilmente ser associada à robótica e utilizada para limpeza em larga escala.

Outro princípio de solução descartado foi o plasma. Kegel e Schmid (1999) apresentaram um trabalho sobre a limpeza de superfícies em escala industrial utilizando o plasma, justificando que o plasma somente poderia ser utilizado para limpeza ultrafina, o que não é o caso do *fouling* presente nas ostras e nas lanternas. Além disso, mais uma vez não foi encontrado na literatura qual seria o efeito do plasma sobre as ostras.

Também obedecendo aos critérios para combinação de princípios de solução acima estabelecidos, outros princípios foram descartados, sendo os demais combinados.

O detalhamento do modelo de princípio de solução deve ser o suficiente para expressar as propriedades físico-técnicas que são essenciais ao seu funcionamento. Quanto à sua representação, optou-se pela utilização de desenho a mão livre, o que, segundo Dörne (1995) apud Ferreira (1997), é o melhor meio para modelar as representações no projeto conceitual, não limitando a criatividade dos projetistas.

Seguindo-se as orientações acima quanto ao número de combinações a serem geradas, aos princípios de solução utilizados, ao detalhamento almejado e à forma de representá-los, foram gerados onze modelos de princípio de solução.

O modelo de princípio de solução número 1 trata de um sistema de lavação submersa, com jatos de água de alta pressão (FIG. 4.6-1). Para limpar a lanterna, toda a estrutura do sistema é mergulhada, não havendo a necessidade de se fazer o içamento da lanterna nem soltá-la do espinhel. Para alcançar todas as partes da lanterna, existe um sistema de deslocamento vertical do tudo aspersor de água.

O modelo 2 utiliza-tecnologia ultra-sônica (FIG. 4.6-2). Semelhantemente ao modelo 1, a limpeza da lanterna ocorre embaixo da água. A estrutura do sistema tem a função de isolar a lanterna do meio ambiente, fazendo com que as ondas ultra-sônicas não interfiram no ecossistema aquático.

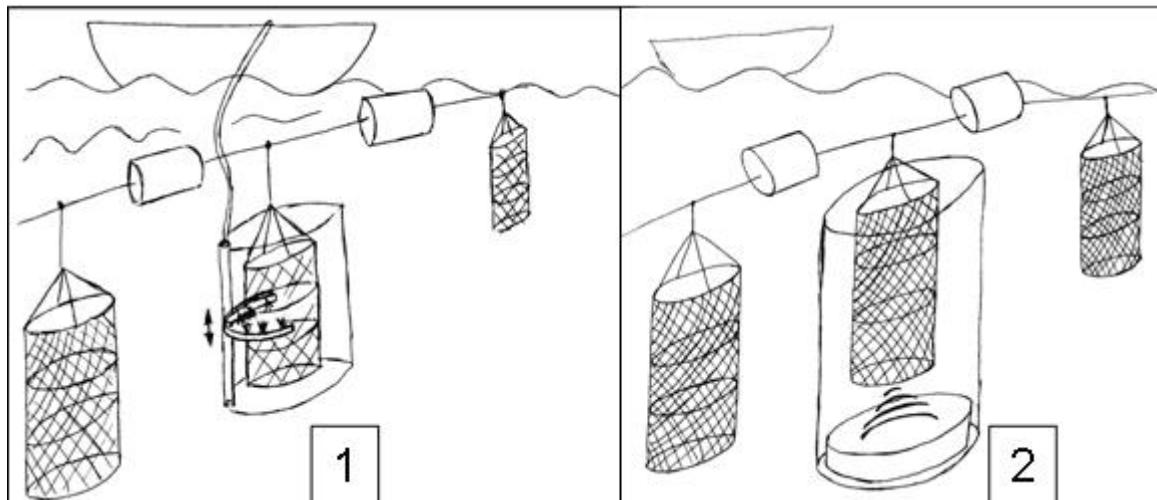


FIGURA 4.6 – Modelos de princípio de solução: 1) Modelo 1 e 2) Modelo 2.

O modelo 3 utiliza jatos de água pressurizados para limpar a lanterna. Primeiramente é preciso soltar a lanterna do espinhel, para então içá-la e mantê-la na posição conforme mostra a Fig. 4.7-3.

O modelo 4 também utiliza jatos de água pressurizado, porém não é preciso soltar a lanterna do espiñel (Fig. 4.7-4). Basta apenas apóia-la na estrutura do sistema, que encontra-se fixo à lateral da embarcação, para que a limpeza seja efetuada. O operador pode girar a lanterna manualmente para que todos os pontos da lanterna descritos na estrutura funcional do produto sejam alcançados.

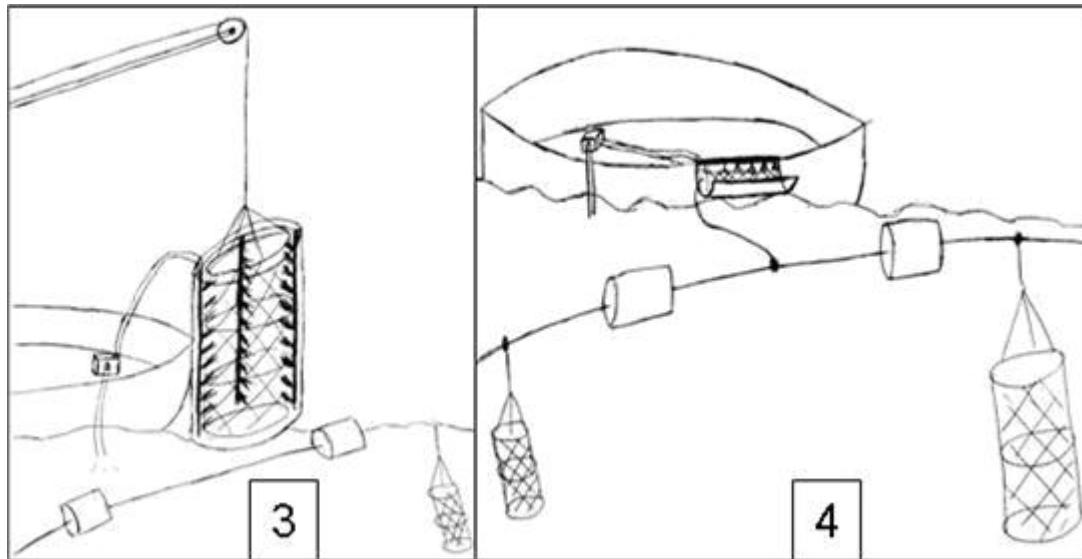


FIGURA 4.7 – Modelos de princípio de solução: 3) Modelo 3 e 4) Modelo 4.

Os modelos 5 (FIG. 4.8-5) e 6 (FIG. 4.8-6) são muito semelhantes ao modelo 4. O princípio de solução para realizar a limpeza em ambos é o jato de água pressurizado. No modelo 5, uma estrutura semelhante à estrutura do modelo 4, porém não fixa à lateral da embarcação, encontra-se dentro de uma pequena embarcação anexa à embarcação maior, onde a limpeza é então realizada. No modelo 6 por sua vez, a estrutura do modelo 4 encontra-se dentro da própria embarcação, sem a necessidade de qualquer embarcação anexa.

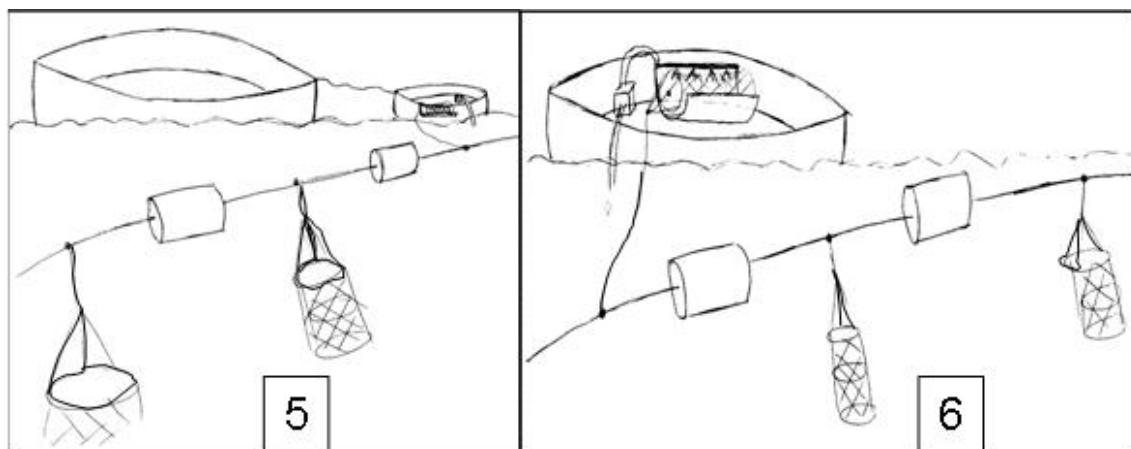


FIGURA 4.8 – Modelos de princípio de solução: 5) Modelo 5 e 6) Modelo 6.

Os modelos 7 (FIG. 4.9-7) e 8 (FIG. 4.9-8) são semelhantes ao modelo 3, porém com diferentes princípios de solução. O modelo 7 utiliza o vácuo, com três tubos responsáveis pela sucção do *fouling*, enquanto o modelo 8 utiliza uma combinação de vácuo, com um tubo para realizar a sucção, e jatos de água pressurizados por dois tubos, para facilitar a limpeza da lanterna.

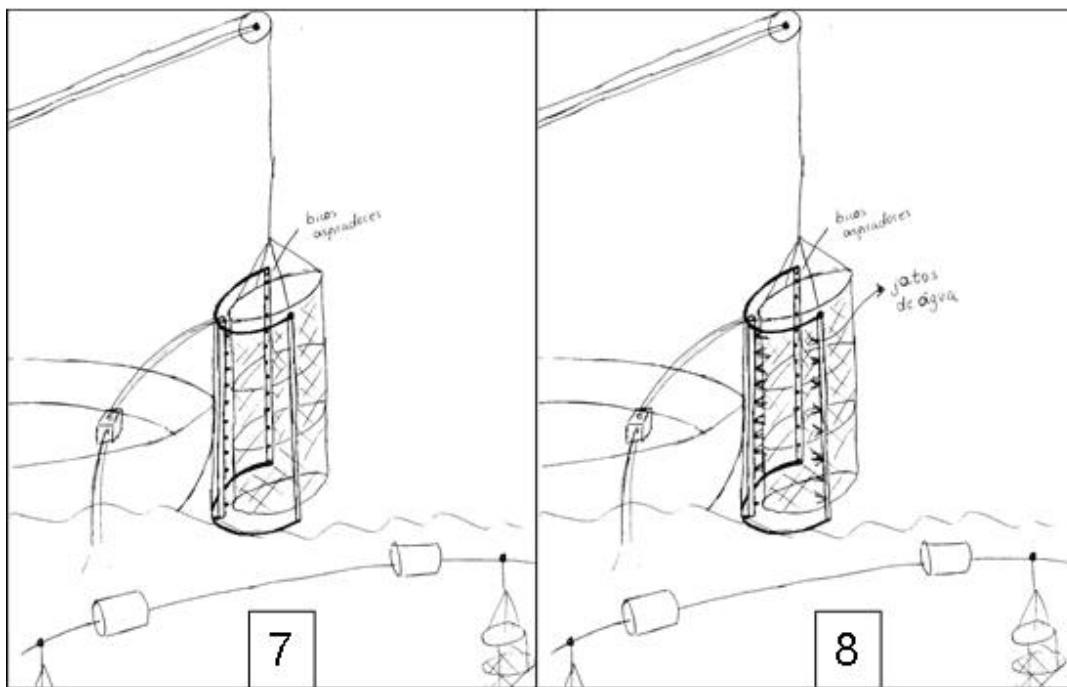


FIGURA 4.9 – Modelos de princípio de solução: 7) Modelo 7 e 8) Modelo 8.

O modelo 9 é semelhante ao modelo 4. Não há necessidade de se soltar as lanternas do espinhel, bastando apenas apóia-la sobre a estrutura do sistema, que se encontra fixo à lateral da embarcação. A diferença porém está na forma de alcançar todos os pontos da lanterna definidos na estrutura funcional do produto. Neste modelo, um sistema de deslocamento horizontal dispersa os poucos jatos de água oriundos de uma pequena tubulação central, conforme pode-se observar na FIG. 4.10-9.

O modelo 10 utiliza também como princípio de solução o jato de água pressurizado. Porém, para atingir todos os pontos da lanterna, a própria força de saída dos jatos de água provoca uma força centrípeta capaz de impulsionar a estrutura central do sistema e rotacioná-la (FIG. 4.10-10).

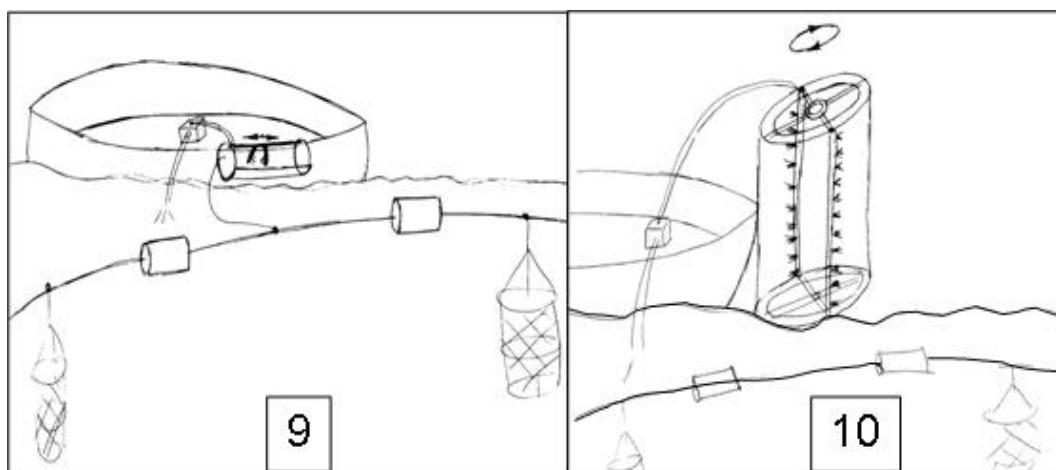


FIGURA 4.10 – Modelos de princípio de solução: 9) Modelo 9 e 10) Modelo 10.

Por último, o modelo 11 trata de um sistema fixo perpendicularmente à lateral do barco (FIG. 4.11). Ele possui uma articulação que permite posicioná-lo verticalmente, para facilitar o içamento da lanterna, e horizontalmente, para retirar a lanterna da água a fim de se realizar a limpeza com jatos de água pressurizados.

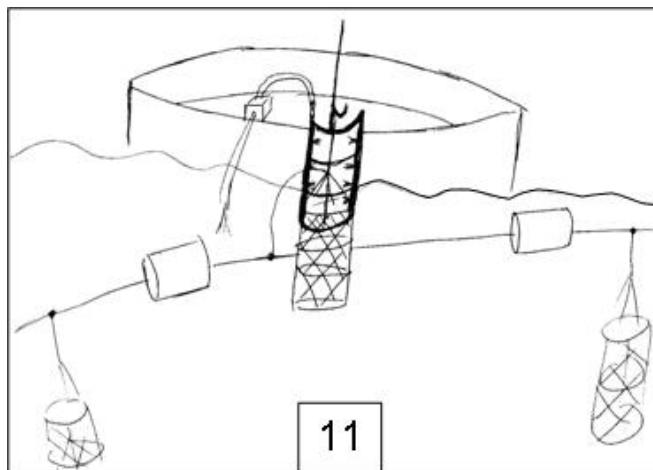


Figura 4.11 – Modelos de princípio de solução: Modelo 11.

#### 4.4. Selecionar combinações

Antes que os modelos de princípio de solução fossem evoluídos em concepções, eles foram avaliados. O principal objetivo desta avaliação foi reduzir o número de modelos selecionados para a próxima etapa, a fim de reduzir o tempo que seria exigido por parte dos projetistas para detalhar no nível de concepções todos os modelos gerados na etapa anterior. Infelizmente essa seleção deve ser realizada neste momento, embora o ideal fosse avançar no projeto com todos os modelos gerados, transformando-os em concepções e finalizando as fases preliminar e detalhada, para depois avaliar a melhor alternativa. Mas isso exigiria muitos recursos, inviabilizando o projeto.

Assim, foi realizada uma reunião com especialistas atuantes nas diversas fases de todo o ciclo de vida do produto, conforme o QUADRO 4.4.

QUADRO 4.4 – Especialistas atuantes nas fases de ciclo de vida do produto.

ESPECIALISTAS	FASES DO CICLO DE VIDA
Equipe de projeto	Projeto, Fabricação, Montagem/Embalagem, Armazenagem, Transporte
Técnico mecânico	Projeto, Fabricação
Ostreicultores	Uso, Função, Manutenção, Desativação/Reciclagem, Descarte

Como método de avaliação, foi utilizado o procedimento proposto por Ullman (1992) apud Back e Forcellini (2003), composto por quatro técnicas, apresentado na FIG. 4.12. Conforme Reis (2003), as três primeiras técnicas, de comparação absoluta (a análise é feita apenas do modelo em questão), foram aplicadas nesta etapa do trabalho. A última técnica, de comparação relativa (as concepções são comparadas entre si), será aplicada somente no tópico 4.6 deste capítulo, quando se espera que apenas poucas concepções restem para ser avaliadas.

Os QUADROS 4.5 a 4.7 apresentam os resultados do método aplicado, juntamente com as justificativas das eliminações, também descritas no texto. É importante justificar bem o motivo da eliminação. Quando não há um motivo justificado, deve-se continuar o processo de seleção com o modelo em questão, pois ele pode vir a ser uma solução promissora. Os seres humanos possuem uma tendência natural a resistir à mudanças, e assim, os projetistas tendem a rejeitar novas idéias em favor daquelas já estabelecidas (Back e Forcellini, 2003).

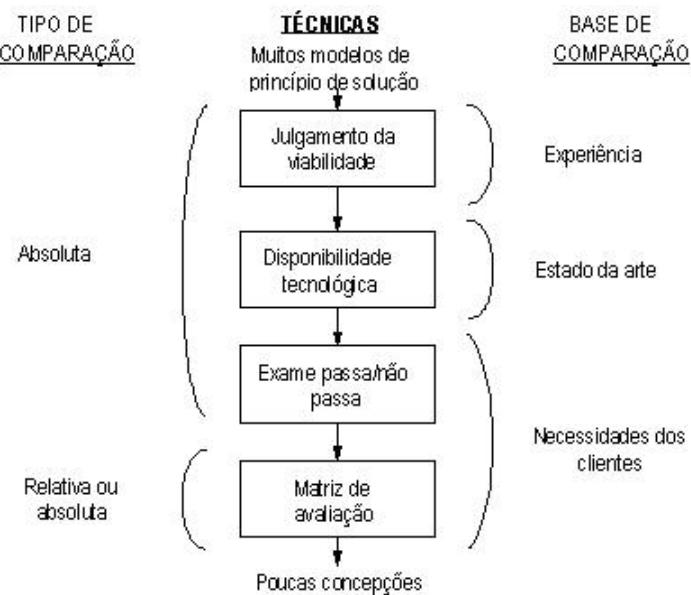


FIGURA 4.12 - Técnicas de avaliação conceitual (adaptado de Back e Forcellini, 2003).

A primeira técnica, julgamento da viabilidade, é um método de seleção que busca verificar a possibilidade de construção da concepção em termos econômicos e tecnológicos. Ela foi baseada na experiência dos especialistas para determinar se uma concepção é viável ou não. Para a aplicação da mesma os modelos são classificados em:

- 1 – Viável: o modelo é viável tecnológica e economicamente
- 2- Condisionalmente viável: depende da verificação de alguns aspectos que ficaram pendentes
- 3- Inviável: há algum problema de construção ou de custos que inviabiliza o modelo.

Com base nestes critérios, três modelos foram eliminados, conforme pode-se observar no QUADRO 4.5.

A segunda técnica, disponibilidade tecnológica, analisa se um determinado princípio de solução ou modelo utiliza tecnologias que ainda não se encontram disponíveis ou que estão em fase de desenvolvimento. Para tanto, Back e Forcellini (2003) e Reis (2003) propuseram que fossem elaboradas perguntas de forma que uma resposta *sim* (S) tenha conotação positiva e uma resposta *não* (N), conotação negativa no âmbito da avaliação. Dentre elas, adotou-se neste trabalho as seguintes:

- 1) Os princípios físicos empregados na concepção encontram-se plenamente entendidos?
- 2) A tecnologia pode ser produzida através de processos conhecidos?
- 3) Os componentes podem ser desenvolvidos sem o uso de tecnologia complexa ou pouco conhecida?
- 4) Os parâmetros funcionais críticos são conhecidos?
- 5) A sensibilidade dos parâmetros operacionais é conhecida?
- 6) Os modos de falha são conhecidos ou facilmente identificáveis?
- 7) Existe algum tipo de experiência, experimento ou produto semelhante que responde positivamente às questões anteriores?

A partir destas perguntas, foi feita a verificação de cada um dos modelos. Os resultados estão no QUADRO 4.6, onde se pode observar que mais três modelos foram eliminados, todos eles com, no mínimo, quatro respostas negativas às questões propostas.

QUADRO 4.5 – Resultados da aplicação da técnica do Julgamento da Viabilidade.

MODELO	1	2	3	OBSERVAÇÕES
1. Jatos submersos	X			Dificuldade para construir uma estrutura subaquática para sustentação do sistema. Instabilidade operacional do sistema subaquático, principalmente em condições marítimas adversas.
2. Ultra-som		X		Alto custo de fabricação, pois seria necessário construir um transdutor com custo aproximado de US\$5.000,00 (Berliner, 2004). Não foram encontrados na bibliografia consultada estudos sobre o efeito do ultra-som nas ostras. Instabilidade operacional do sistema subaquático, principalmente em condições marítimas adversas.
3. Jatos de água vertical	X			Depende de um sistema de içamento de lanterna.
4. Jatos de água horizontal	X			Sem observações
5. Sistema embarcado em flutuador auxiliar		X		Instabilidade operacional devido à distância entre o sistema auxiliar e a embarcação. Necessidade de construção de um flutuador auxiliar.
6. Sistema embarcado interno		X		Devido à estrutura da base das embarcações, seria necessário construir um sistema com certa elevação em relação à mesma, podendo causar desequilíbrio. A área restrita no interior das embarcações restringe o manuseio do sistema.
7. Sistema a vácuo	X			Somente o vácuo pode não ser suficiente para separar o <i>fouling</i> da lanterna.
8. Vácuo e jatos de água	X			Essa combinação causa aumento de custo de fabricação.
9. Jatos de água e deslocamento horizontal	X			Semelhante ao sistema 4, porém com menos peso.
10. Sistema roto-pulso		X		O sistema roto-pulso permite uma melhor lavação, atingindo todas as partes da lanterna.
11. Sistema perpendicular	X			Estabilidade da embarcação precisa ser verificada

Obs.: 1 - viável; 2 – condicionalmente viável; 3 – não viável

QUADRO 4.6 – Resultados da aplicação da técnica da Disponibilidade de Tecnologia.

MODELO	RESPOSTAS							RESULTADO
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Jatos submersos	N	N	N	N	N	S	S	N
3. Jatos de água vertical	S	S	S	S	N	S	S	S
4. Jatos de água horizontal	S	S	S	S	N	S	S	S
7. Sistema à vácuo	S	S	N	N	N	S	N	N
8. Vácuo e jatos de água	s	S	N	N	N	S	N	N
9. Jatos de água e deslocamento horizontal	S	S	S	S	N	S	S	S
10. Sistema roto-pulso	N	S	S	N	N	S	S	S
11. Sistema perpendicular	S	S	S	S	N	S	S	S

O modelo 1 apresenta a grande vantagem de realizar a limpeza com a lanterna submersa, economizando o tempo e o esforço que seriam necessários para içá-la. No entanto, o princípio de solução de jatos de água submersos mostrou-se tecnologicamente inadequado para o projeto. Para jatos de água submersos, ocorre

uma queda na pressão do jato ao afastar o bico em apenas 2 mm do local de aplicação, enquanto que na atmosfera a queda se inicia com 100 mm. Isso pode ser observado na FIGURA 4.13.

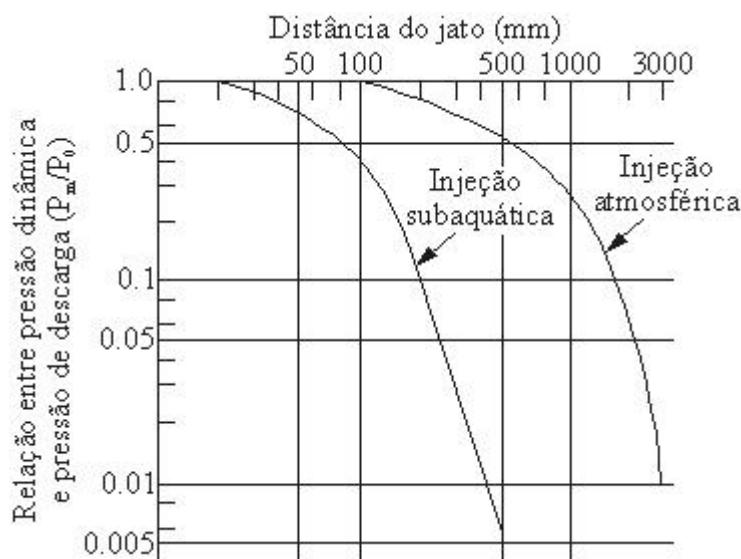


FIGURA 4.13 – Pressão dinâmica em função da distância de aplicação de jatos submersos (Sugino Corp., 2003).

Os modelos 7 e 8 apresentam um problema semelhante ao jato submerso. Não se foram encontrados na bibliografia estudos que comprovem que o vácuo seria eficiente na limpeza do *fouling*, sendo capaz de atender funções elementares como alcançar as ostras ou as bandejas. Isso porque certamente ocorreria uma queda de pressão, como acontece com os jatos submersos.

Na terceira técnica, Exame Passa/Não-passa, as soluções são comparadas com as necessidades dos clientes. As necessidades são transformadas em questões a serem aplicadas a cada um dos modelos. Foram formuladas as seguintes questões, que devem ser respondidas com *sim* ou *possivelmente* (passa) ou *não* (não passa) (QUADRO 4.7):

- 01) O modelo é pode ser utilizado no local de cultivo?
- 02) O modelo pode ser manuseado por apenas uma pessoa?
- 03) O modelo é transportável?
- 04) O consumo de recursos é baixo?
- 05) Recursos naturais podem ser utilizados para a limpeza?
- 06) O modelo é durável?
- 07) O modelo apresenta baixo custo?
- 08) A interface com o usuário é simples?
- 09) O desempenho funcional é alto?
- 10) As ostras são danificadas?
- 11) O custo de manutenção é baixo?
- 12) O preço é baixo?
- 13) O modelo é de fácil montagem?
- 14) O modelo é de fácil fabricação?
- 15) Os materiais utilizados são recicláveis?

QUADRO 4.7 – Resultados da aplicação da técnica do exame Passa (P)/Não Passa (N).

MODELO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	P/N
3. Jatos de água vertical	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
4. Jatos de água horizontal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
9. Jatos de água e deslocamento horizontal	P	P	P	P	P	P	P	N	P	P	N	N	P	P	P	P
10. Sistema roto-pulso	P	P	P	P	P	P	N	N	P	P	N	N	N	N	P	N
11. Sistema perpendicular	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Soluções que obtiverem poucas respostas “não passa” são candidatas a ser melhoradas. Respostas “não passa” indicam pontos fracos dos modelos e portanto conduzem os projetistas a melhorarem-nos, ao invés de eliminá-los. Assim, o modelo 9 foi aprovado, apesar de ter obtido três respostas “não passa”. Já o modelo 10 recebeu seis “não passa”, sendo, portanto, reprovado. O sistema roto-pulso, apesar de ser uma tecnologia bem desenvolvida, poderia ser fabricado, porém com algumas dificuldades. Seria necessário combinar no sistema um jato de água, para a lavação, com um jato de ar, para pulsá-lo. Com isso, as perguntas 13 e 14 receberam resposta “não passa”. Além destas dificuldades, o custo também seria afetado, o que iria de encontro com o objetivo um dos principais requisitos de projeto. Assim, todas as perguntas relacionadas a custo receberam resposta “não passa”.

Como resultado, quatro modelos de princípio de solução foram escolhidos como mais promissores e passaram para a próxima etapa do projeto.

#### 4.5. Evoluir em variantes de concepção

Para que os modelos de princípio de solução possam ser melhor avaliados na próxima etapa, eles devem ser evoluídos em concepções. Assim, critérios relacionados a uso, aparência, produção, custos, entre outros, podem ser explicitados e levados em consideração na avaliação e escolha das concepções.

Dentre alguns métodos pesquisados na literatura para a obtenção das variantes de concepção (Pahl e Beitz, 1996; Reis, 2003; Menegatti, 2004), foram empregados *cálculos aproximados baseados em suposições simplificadoras e desenhos em escala simplificadas* de possíveis leiautes, formas, requisitos espaciais, compatibilidade entre funções etc.

No entanto, a evolução que ocorre é limitada, já que se trata de uma representação ainda conceitual do sistema. Assim, detalhes de componentes, como mancais e interfaces de representação, não foram representados, pois ainda não são fundamentais neste nível do desenvolvimento (Menegatti, 2004).

Mas apesar de limitada, French (1985) apud Ferreira (1997) sugere que as concepções sejam desenvolvidas “ao ponto onde o meio para realizar cada função principal tenha sido fixado, assim como os relacionamentos espaciais e estruturais dos principais componentes. Um esquema (modelo de concepção) deve ser suficientemente detalhado para ser possível suprir custos, pesos e dimensões totais aproximadas, e a exeqüibilidade deve ser assegurada tanto quanto as circunstâncias permitam. Um esquema deve ser relativamente explícito com relação a *features* ou componentes especiais, mas não necessita ir a muitos detalhes com relação à prática estabelecida”.

Para atingir o nível de desenvolvimento ideal para as concepções, Ferreira (1997) estabeleceu os seguintes critérios:

- Definição das formas dos seus elementos. Deve-se buscar a definição de perfis aproximados da estrutura do sistema e formas aproximadas de componentes como parafusos, cubos, entre outros.
- Definição dos arranjos dos seus elementos. Explicitar a configuração dos conjuntos presentes no sistema.
- Definição das classes de materiais utilizados nos elementos. Indicar o tipo de material que o sistema será construído, sem necessidade de especificá-lo.
- Dimensionamento preliminar (matemático ou intuitivo) dos principais elementos. Deve-se buscar as dimensões mais significativas. Outras dimensões devem ser estimadas e outras, com menores implicações, devem ser deixadas para o projeto preliminar.

Quanto à forma de representação das concepções, ao contrário dos modelos de princípios de solução, foram adotados sistemas CAD. Com isso, as concepções podem ser melhor visualizadas e compreendidas por toda a equipe de projeto, permitindo uma melhor avaliação.

Aplicando as diretrizes e exemplificações expostas nos itens anteriores, os quatro modelos de princípio de solução escolhidos na etapa anterior foram evoluídos em modelos de concepção, conforme a FIG. 4.14.

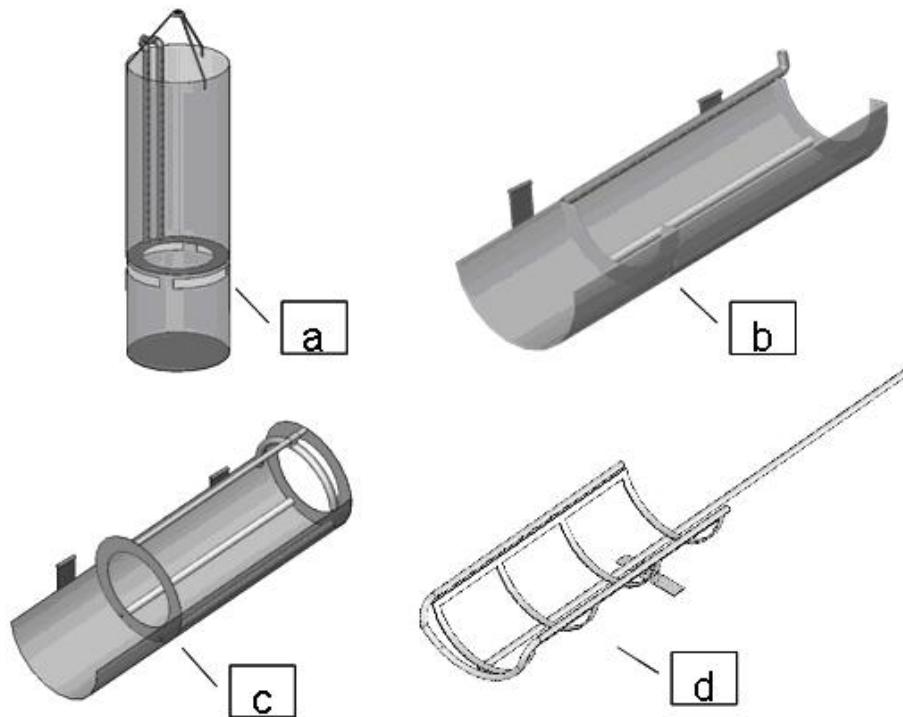


FIGURA 4.14 – a) Concepção 3, b) Concepção 4, c) Concepção 9, e d) Concepção 11.

#### 4.6. Avaliar concepções

Nesta etapa, conforme citado no tópico 4.5, somente foi aplicada a quarta técnica do procedimento proposto por Ullman (1992) apud Back e Forcellini (2003), chamada de Matriz de avaliação, também conhecida como método de Pugh.

A equipe de projeto deve escolher uma concepção como referência. Reis (2003) sugere que esta escolha deva ser feita pela concepção onde há menores dúvidas sobre o funcionamento dos princípios de solução e há maior facilidade de variação de parâmetros construtivos e funcionais na fase de construção de protótipos.

Esta referência é então comparada com as demais concepções, em relação aos requisitos dos clientes. Sómente o requisito “Ser de materiais recicláveis” não foi utilizado como critério, pois recebeu um peso relativo igual à zero no diagrama de Mudge (ver APÊNDICE 4).

Se alguma concepção obtiver uma pontuação total maior que a referência, ela é escolhida para avançar no projeto. Caso contrário, a própria referência é escolhida. Nos casos em que as pontuações estiverem muito próximas, a equipe de projeto pode optar por escolher mais de uma concepção (Tabela 4.1).

TABELA 4.1 - Resultados da aplicação da técnica da Matriz de avaliação às quatro concepções restantes.

CRITÉRIOS TÉCNICOS (REQUISITOS DOS CLIENTES)	PESO RELATIVO	CONCEPÇÕES			
		3	4	9	11 (REF)
Funcionar no local de cultivo	100	0	-1	-1	
Ser manuseável por 1 pessoa	11	0	-1	-1	
Ser transportável	33	0	0	0	
Ter baixo consumo de recursos	15	0	0	0	
Usar recursos naturais	20	0	0	0	
Ser durável	16	0	0	0	
Ter baixo custo	41	-2	0	-2	
Ter simples interface com o usuário	18	0	0	0	
Ter alto desempenho funcional	82	0	0	0	
Não danificar as ostras	57	0	0	0	
Ter manutenção de baixo custo	21	-1	0	-3	
Ter preço baixo	10	0	0	0	
Ser fácil de montar	3	-2	0	-1	
Ser de fácil fabricação	16	0	0	-1	
Utilizar peças padronizadas	5	0	0	0	
	TOTAL	-110	-111	-277	

- Obs.: +3 quando o critério é atendido de modo imensamente superior à referência  
+2 quando o critério é atendido muito melhor que a referência  
+1 quando o critério é atendido melhor que a referência  
0 quando o critério é atendido tão bem quanto a referência  
-1 quando o critério não é atendido tão bem quanto a referência  
-2 quando o critério é atendido muito pior que a referência  
-3 quando o critério é atendido de modo imensamente inferior à referência

Conforme se pode observar na TABELA 4.1, as concepções 3, 4 e 9 obtiveram pontuações totais muito inferiores à referência, sendo portanto descartadas. A avaliação foi feita não somente quanto aos requisitos dos clientes, mas também quanto à operacionalidade dos sistemas propostos.

Quanto aos requisitos dos clientes, a concepção 3 foi descartada principalmente por: i.) apresentar um adicional de custo que seria necessário para a fabricação de uma porta de entrada lateral para a lanterna; ii.) rigidez que seria exigida pela estrutura do sistema para poder sustentar o peso da lanterna durante a lavação e iii.) rigidez necessária para fixar a estrutura do sistema à embarcação.

A concepção 9 apresentou como grande desvantagem a existência de movimento relativo no sistema. Isto causaria as seguintes consequências no sistema: i.) aumento do custo de manutenção, devido ao provável aumento da taxa de falhas causadas pela presença de areia, *fouling* ou alguma outra partícula emperrante nas partes móveis e ii.) elevado custo de fabricação, pois seria necessário construir isolamentos para as partes móveis.

Quanto à operacionalidade, os sistemas foram avaliados em relação às formas de entrada, processamento e saída de lanterna e passagem para a próxima lanterna do espinhel. Para auxiliar nesta avaliação, uma maquete foi construída, representando os principais componentes envolvidos no processo de lavação de lanternas, que são o barco, o espinhel, as bóias e as lanternas (APÊNDICE. 7).

O processamento, nos três casos, não apresentaria diferença significativa, uma vez que todas as concepções utilizam o mesmo princípio de solução. No entanto, a entrada, a saída e a passagem para a lanterna seguinte apresentaram diferenças relevantes. Para a concepção 3, além de ser necessário soltar a lanterna do espinhel, seria necessário ainda erguê-la até o ponto de fixação da mesma no sistema e depois fixá-la novamente no espinhel. Para a concepção 4, os principais problemas foram a alimentação e a passagem para a próxima lanterna do espinhel. A alimentação apresentou problema devido ao comprimento do sistema em desenvolvimento ocupar todo o espaço entre duas bóias consecutivas do espinhel, dificultando a colocação da mesma no sistema. A passagem para a próxima lanterna do espinhel também apresentou problema, pois o sistema colidiria com as bóias. Na concepção 9, seria necessário soltar e depois fixar a lanterna no espinhel ou prever algum mecanismo de abertura que permitisse a entrada e saída da lanterna. Na concepção escolhida, a entrada e saída podem ser realizadas com a lanterna fixa no espinhel, representando um ganho de tempo no processo de lavação.

Diante destes resultados, a equipe de projeto selecionou a concepção 11 para desenvolver o leiaute preliminar e detalhado na próxima fase da pesquisa.

#### 4.7. Considerações finais

A fase de Projeto Conceitual mostrou-se de extrema importância para se chegar a uma concepção, partindo-se da lista de especificações do projeto. A determinação da função global e o seu desdobramento em funções parciais, auxiliares e elementares foram essenciais para se entender bem o problema. Os métodos de criatividade foram fundamentais para se chegar a uma solução inovadora, buscando-se princípios de solução em diversas áreas de conhecimento para atender às funções do produto. A utilização de modelos de princípio de solução foi de grande auxílio, encurtando o tempo despendido nesta fase, sem a necessidade de elaboração detalhada dos onze modelos gerados. O nível de detalhamento dos modelos foi ideal para se realizar as três primeiras técnicas de avaliação para escolha dos modelos. Por fim, as quatro concepções aprovadas nas três primeiras técnicas de avaliação tiveram que ser melhor detalhadas passar poder ser avaliadas com êxito de acordo com a última técnica de avaliação.

# CAPÍTULO 5: PROJETO PRELIMINAR, DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

No Projeto Preliminar foram detalhados dimensões, materiais e processos de fabricação e montagem da concepção escolhida na fase anterior. Para tanto foram analisadas detalhadamente todas as informações das fases anteriores do projeto, como especificações do projeto e estrutura funcional. A partir destas informações, foram confeccionados esquemas e desenhos para a determinação do layout preliminar. Na seqüência, na fase do Projeto Detalhado, foram confeccionados os desenhos finais e definida a lista de materiais, preparando assim a o projeto para a construção do protótipo.

## 5.1. Projeto Preliminar

### 5.1.1. Identificação dos requisitos determinantes

Na fase anterior do projeto, o Projeto Conceitual, informações precisas sobre dimensões e materiais foram consideradas dispensáveis. Estas informações, chamadas por Pahl e Beitz (1996) de requisitos determinantes do produto, devem ser inicialmente levantadas nesta fase. Analisando-se as especificações do projeto, foram identificados os requisitos determinantes do QUADRO 5.1.

As dimensões da lanterna são um dos requisitos determinantes mais importantes para a definição do tamanho e do layout do protótipo. Elas serão responsáveis por grande parte das características dos portadores de efeito físico a se identificar na próxima etapa, onde o procedimento para determinação de algumas destas características serão descritos. Na etapa posterior, ETAPA 5.1.3, outras características não descritas serão diretamente introduzidas no layout definitivo do protótipo.

### 5.1.2. Identificação dos portadores de efeito físico determinantes

O próximo passo consiste em analisar cuidadosamente as especificações do projeto e a estrutura funcional do produto e buscar portadores de efeito físico que desempenhem todas as funções do sistema técnico. É fundamental nesta etapa uma análise meticulosa dos requisitos determinantes identificados na etapa anterior, que determinarão o tamanho, a forma e a disposição de componentes ou conjuntos no layout. O QUADRO 5.2 apresenta os resultados desta etapa, juntamente com uma lista de parâmetros característicos dos portadores de efeito físico identificados.

QUADRO 5.1 – Requisitos determinantes no desenvolvimento do produto.

TIPO DO REQUISITO	REQUISITOS DETERMINANTES
Tamanho	Capacidade de trabalho: 1 lanterna
	Distância entre bóias do espinhel: 1 m
	Dimensões da lanterna: $\Phi 4300 \times 1000$ mm
	Número de andares: 5
	Distância entre as bandejas: 1500 mm
	Distância do cone superior: 4000 mm
Leiaute	Comprimento da corda: 7600 mm
	Comprimento da alavanca: ajustável entre 1400 e 1600 mm
Material	Diâmetro dos orifícios: teste experimental
	Largura total $\leq 1000$ mm
	Raio de apoio e rotação da lanterna: 2150 mm
	Posicionamento dos tubos e bicos: atrás da estrutura
	Ângulo de inclinação dos bicos para atingir as bandejas: $70^\circ$ e $75^\circ$
	Ângulo de inclinação dos bicos para atingir as ostras: $90^\circ$
	Forma do bico para atingir o cone superior: jato em cone
Material	Posicionamento da dobradiça: teste experimental
	Número de orifícios: 37
	Usar materiais padronizados comuns
Material	Considerar corrosão e umidade: aço inoxidável
	Bicos intercambiáveis e de fácil fabricação: latão

QUADRO 5.2 – Portadores de efeito físico determinantes e suas principais características.

FUNÇÃO	PORADOR DE EFEITO FÍSICO	PRINCIPAIS PARÂMETROS
F1- Posicionar lanterna para limpeza F6- Posicionar lanterna limpa no espinhel	Gancho	Posicionamento, comprimento, raio da ponta
	alavanca	Comprimento, regulagem de comprimento, Dispositivo para fixação à embarcação
	chassi	Comprimento, largura, raio, disposição da estrutura
F3.1- Limpar parte inferior das bandejas F3.2- Limpar parte superior das bandejas	Tubo com orifícios inclinados	Comprimento do tubo, espessura da parede do tubo, localização do tubo, localização dos orifícios, quantidade de orifícios, inclinação dos orifícios, diâmetro dos orifícios
	Bico escareado	Diâmetro do furo, diâmetro do escareado, comprimento, material
F4- Limpar malha	Bico com rasgo	Diâmetro do furo, diâmetro do escareado, comprimento do rasgo, espessura do rasgo, comprimento total, material
F5- Limpar ostras	Tubos com orifícios retos	Comprimento do tubo, espessura da parede do tubo, localização do tubo, localização dos orifícios, quantidade de orifícios, diâmetro dos orifícios

### 5.1.2.1. Diâmetro dos tubos

A escolha do diâmetro dos tubos ocorre em função de um comprometimento entre custo e eficiência, pois a velocidade de escoamento de fluidos dentro de tubulações diminui com a redução do diâmetro. Por outro lado, quanto menor o diâmetro, menor será o custo com material.

Como a perda de carga distribuída pode ser desprezada, conforme será visto mais adiante no tópico relativo ao cálculo das perdas de carga do sistema, optou-se pela escolha de diâmetro considerando-se como mais importante a redução do diâmetro do que a preocupação com a queda de velocidade. Assim, foi escolhido tubo de aço inoxidável de diâmetro de 22,2 mm (7/8 polegadas), visando atingir as especificações do projeto melhor classificadas, conforme o QUADRO 5.3.

QUADRO 5.3 – Especificações do projeto determinantes para escolha do diâmetro do tubo.

ORDEM	ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	JUSTIFICATIVA
1	Praticidade de uso	Tubos de diâmetros menores implicam em uma estrutura do sistema menor, tornando-o, portanto, mais prático de se usar
2	Preço de venda	Quanto menor o diâmetro, menor o custo de material e, portanto, menor o preço de venda
4	Custo de material	Quanto menor o diâmetro, menor o custo de material
7	Não desestabilizar embarcação	Quanto menor o tamanho, menor o peso e, portanto, maior a estabilidade. Conseqüentemente, a Especificação de Projeto número 8, peso, também é satisfeita

### 5.1.2.2. Bicos

O uso de bicos é de fundamental importância devido aos seguintes fatores:

- redução na seção transversal de passagem do fluido e do coeficiente de efluxo (TAB. 5.1); com consequente aumento de velocidade;
- controle de direção dos jatos; possibilitando o alcance das diversas regiões da lanterna, atendendo, portanto, às funções definidas na estrutura funcional do produto;
- controle da forma dos jatos, o que permite obter jatos com maior área de ação , porém com menor velocidade, para alcançar a malha do cone superior da lanterna;
- são peças intercambiáveis, que podem ser substituídas após sofrerem desgaste devido à ação dos jatos de água;
- facilidade de fabricação, pois podem ser produzidos de algum material com menor dureza do que o material do tubo. Assim, o projeto dos bicos e o projeto do processo foram tratados de forma integrada, aplicando-se princípios, regras e recomendações de DFM (*Design for Manufacture - Projeto para Manufatura*) (Back e Forcellini, 2003a).

TABELA 5.1 – Coeficiente de efluxo  $\mu$  (Provenza, 1978).

Paredes finas	Paredes espessas ou bocais						
	$l/d$	$\mu$	$\mu$	$\alpha = 22^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 22^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
$\mu = 0,61$	1	0,88	0,96	0,82	0,76	0,55	0,59
	5	0,81	0,89	0,76	0,71	—	—
	10	0,77	0,85	0,69	0,69	—	—

Dois tipos de bicos foram projetados (FIG. 5.1): Bico I, escareados na entrada e na saída, com objetivo de proporcionar maior velocidade ao jato para melhor desempenhar a função de separar o *fouling* das ostras; Bico II, escareado na entrada e com rasgo na saída, para dar ao jato a forma de cone, atingindo uma maior área de ação para melhor desempenhar a função de separar o *fouling* da malha, sem a necessidade de bicos adicionais.

nais. Isso reduz a vazão total e consequentemente a perda de carga total do sistema, obtendo-se maior velocidade nos bicos. Quanto ao material, foi escolhido o latão, para facilitar a fabricação.

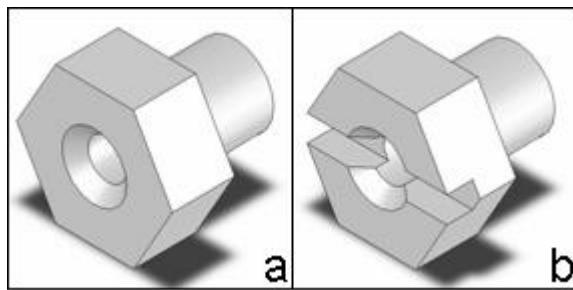


FIGURA 5.1 – Tipos de bicos projetados: a) Tipo I (escareado) e b) Tipo II (com rasgo).

Outras formas para bicos poderiam ainda ser utilizadas, melhorando ainda mais o desempenho, conforme a FIGURA 5.2. No entanto, tais formas iriam de encontro às técnicas de DFM e a algumas especificações do projeto relacionadas à fabricabilidade.

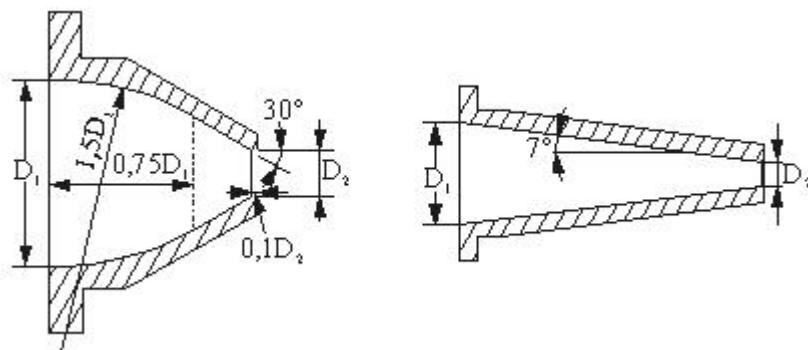


FIGURA 5.2 – Bicos de alto desempenho (Miller, 1978).

### 5.1.2.3. Localização dos orifícios nos tubos

Para a localização dos orifícios nos tubos, os mesmos foram classificados em três tipos: Tubo I; para atingir as ostras; Tubo II, para limpar as bandejas; e Tubo III, para conectar os Tubos I e II e atingir a parte inferior da última bandeja (FIG. 5.3).

No Tubo I foram distribuídos uniformemente três orifícios por andar para os pontos onde estarão posicionadas as ostras dentro de cada andar da lanterna. Para o primeiro andar, somente dois orifícios foram projetados para a lavagem das ostras, enquanto um orifício realizará a limpeza da malha do cone superior da lanterna. No Tubo II foram alocados quatro orifícios por bandeja, sendo dois para a limpeza da parte inferior e dois para a parte superior. Estes orifícios foram usinados em ângulo de 70° e 75° a partir do tubo, para que fosse possível atingir as bandejas nas partes inferior e superior, uma vez que as bandejas se encontram perpendicular ao tubo (FIG. 5.4). Um orifício foi ainda alocado para a limpeza da malha do cone superior. No Tubo III, cuja principal função é unir os tubos I e II, foram distribuídos por conveniência três orifícios para limpeza da parte inferior da última bandeja.

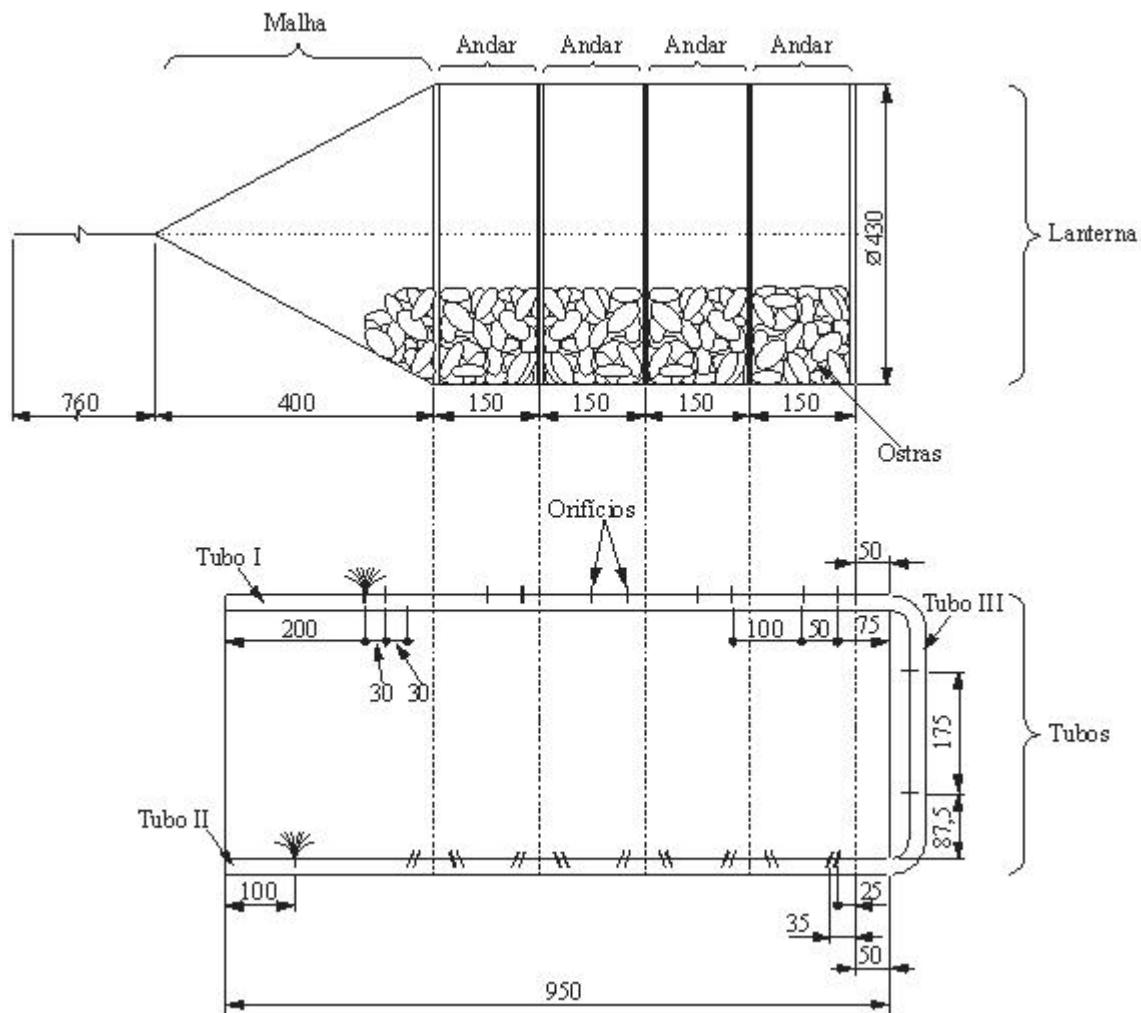


FIGURA 5.3 – Localização dos orifícios nos tubos.

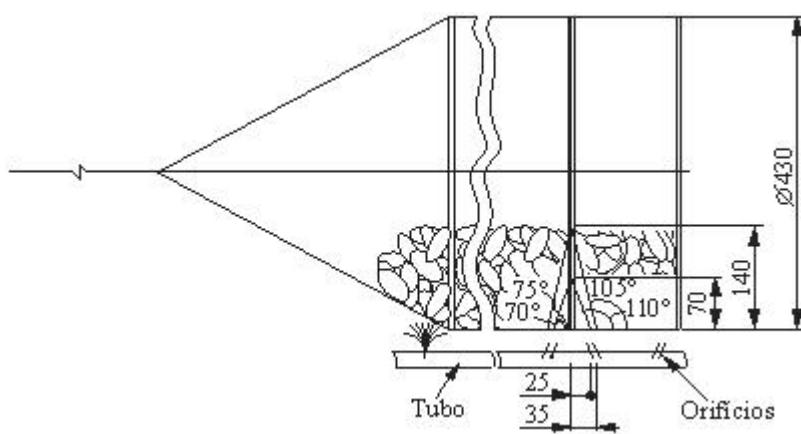


FIGURA 5.4 – Orifícios para limpeza das partes inferior e superior das bandejas.

#### 5.1.2.4. Teste para se determinar o posicionamento da articulação

Para cumprir a função auxiliar F1 – posicionar lanterna para limpeza – foi necessário desenvolver uma articulação no protótipo, para que o mesmo pudesse assumir as posições vertical, para iniciar o içamento da lanterna, e horizontal, para realizar a lavação. A fim de determinar o ponto ideal da articulação no protótipo, foi realizado um teste com um modelo simplificado do protótipo. O modelo utilizado e o detalhe dos pontos testados podem ser observados na FIG. 5.5.

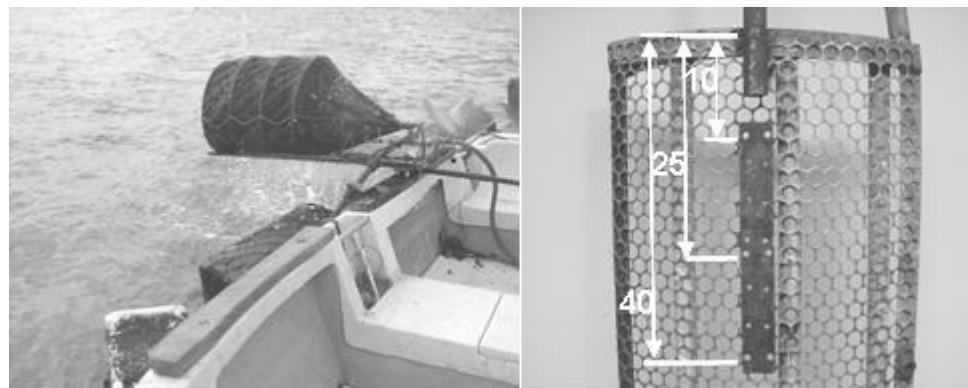


FIGURA 5.5 – Teste do ponto de articulação. a) Modelo construído b) Detalhe dos pontos testados.

Foram testadas três distâncias do ponto de apoio da embarcação no topo do protótipo, onde se inicia a alavancas: 10, 25 e 40 cm. A hipótese estabelecida para o teste foi de que quanto menor essa distância, maior esforço seria necessário para o içamento. Por outro lado, a adoção da maior distância implicaria na necessidade de projeto e construção de um dispositivo que impedisse que a água oriunda dos orifícios localizados próximos ao topo do protótipo molhasse os operadores e inundasse a embarcação.

A distância de 10 cm atendeu positivamente essa contrapartida. O teste foi realizado com uma lanterna de 40 kg, faixa de peso máximo que uma lanterna pode atingir, porém o esforço necessário para ergue-la não foi crítico.

#### 5.1.2.5. Determinação do ponto de funcionamento do sistema

O ponto de funcionamento do sistema é determinado pelo cruzamento da curva de perda de carga do sistema com a curva da bomba. A curva da bomba pode ser obtida de catálogos de fabricantes. Para efeitos comparativos, foram consideradas duas bombas: 1) motobomba centrífuga STIHL P 840, uma motobomba de baixa pressão e alta vazão, disponível no LMM da UFSC e 2) motobomba centrífuga MEGATRON BC-91 (ANEXO 2). Ambas são acopladas a motores de combustão interna, o que garante seus funcionamentos dentro das embarcações no local de cultivo, sem colocar em risco a integridade física dos operadores, o que poderia acontecer caso fossem utilizados motores elétricos.

A curva do sistema é representada pela perda de carga no sistema. A perda de carga total é considerada como a soma das perdas distribuídas,  $h_l$ , devidas aos efeitos de atrito no escoamento inteiramente desenvolvido em tubos de seção constante, com as perdas localizadas,  $h_{lm}$ , devidas a entradas, acessórios, mudanças de área, etc. (Fox, 1998). Como os tubos utilizados no protótipo apresentam comprimento menor que um metro, as perdas distribuídas são irrelevantes, reduzindo-se a perda total somente às perdas localizadas. Para se determinar os valores das perdas de carga localizadas em metros, a fim de se comparar a curva da bomba com a curva do sistema,  $h_{lm}$  deve ser dividida por  $g$  (aceleração da gravidade):

$$\Delta H = K \frac{\bar{V}^2}{2 \times g} \quad (5.1)$$

onde  $\Delta H$  = perdas localizadas (m)

$K$  = coeficiente de perda de carga

$\bar{V}$  = velocidade do fluido (m/s)

$g$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

Para o problema em questão, o coeficiente de perda de carga,  $K$ , foi considerado como a soma de um valor médio do coeficiente de perda de carga para contração,  $K_c$ , com um valor médio do coeficiente de perda de carga para expansão,  $K_e$ . Seus valores para expansões e contrações súbitas em dutos circulares são dados na FIG. 5.6. Considerou-se que houve uma contração súbita do fluido no interior do duto ao deparar-se com o orifício e a seguir uma expansão súbita quando o fluido saiu do orifício. O valor estimado foi então entre  $K = 1,0$  e  $K = 1,5$ .

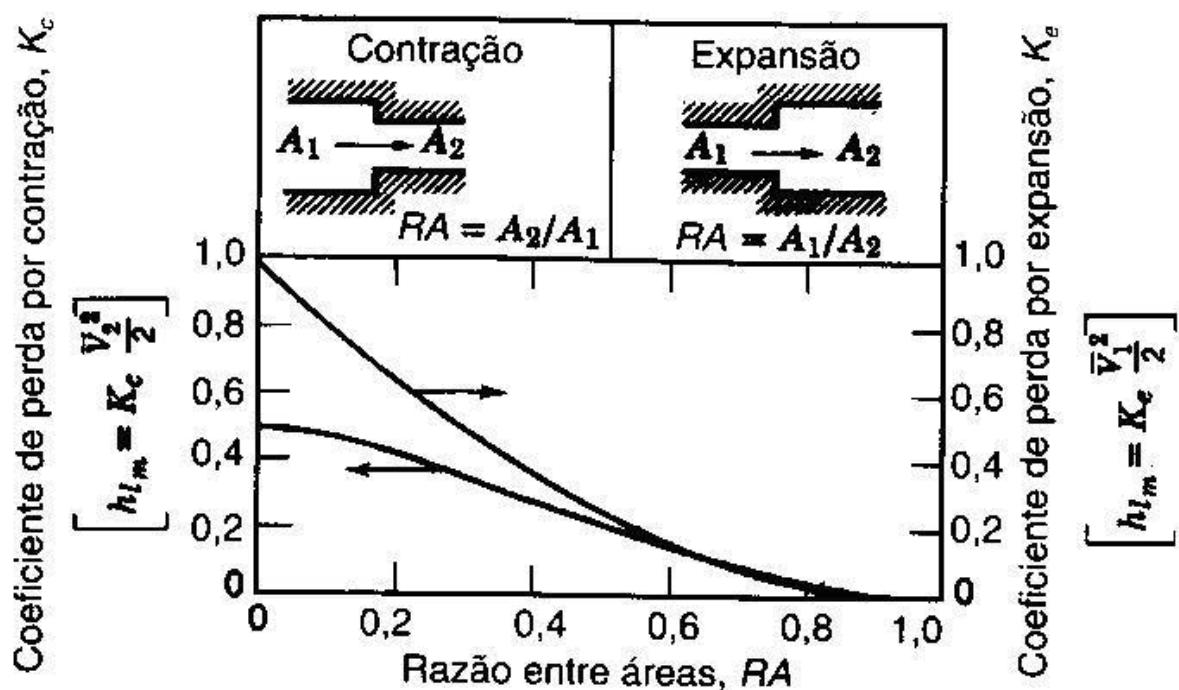


FIGURA 5.6 – Coeficientes de perda de carga para escoamento através de variações súbitas de área (Fox, 1998).

Como o fluido em estudo é considerado como incompressível, é válida a lei da conservação de massa, segundo a qual:

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \quad (5.2)$$

onde  $A$  = seção do orifício

$V$  = velocidade do fluido

Quando se divide o fluxo em orifícios paralelamente dispostos (FIG. 5.7), pela lei da conservação de massa tem-se:

$$\sum_{i=1}^{1=n} Q_i = Q_t \quad (5.3)$$

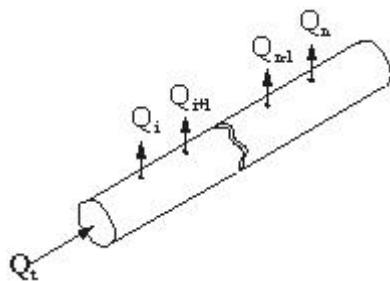


FIGURA 5.7 – Vazão em orifícios paralelamente dispostos.

A perda de carga do sistema será então igual à perda de carga localizada em um orifício, considerando-se a que a vazão no orifício seja igual à vazão total dividida pelo número total de orifícios. Assim:

$$Q_i = \frac{Q_t}{n} \quad (5.4)$$

onde:  $Q_t$  = vazão total

$Q_i$  = vazão em um orifício qualquer

$n$  = número total de orifícios

Substituindo-se as EQUAÇÕES 5.4 e 5.2 em 5.1, tem-se:

$$\Delta H = \left( \frac{K}{2 \times g \times A^2} \right) \times Q^2 \quad (5.5)$$

A curva de perda de carga é então obtida em função da vazão. A FIG. 5.8 apresenta as curvas das bombas e duas curvas de perda de carga, para dois valores de K adotados.

Como se pode observar pelo exemplo dado na FIG. 5.8, o ponto de funcionamento para  $K=1$  para a bomba 2 está operando com uma boa pressão (aproximadamente 50 mca) e uma vazão média ( $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$  ou  $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Nessas condições, há um importante equilíbrio entre a vazão e a pressão, pois a quantidade de água e sua pressão são dois fatores que afetam a eficiência de limpeza. O volume de água atua como um carregador de impurezas, enquanto a pressão fornece a energia mecânica.

Observando-se um outro ponto de funcionamento, por exemplo, para  $K=1,5$  para a bomba 1, percebe-se que o sistema está trabalhando próximo de uma região de baixa vazão (aproximadamente  $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$  ou 36

$\text{m}^3/\text{h}$ ) e máxima pressão (aproximadamente 32 mca). Essa condição não fornece uma combinação adequada entre pressão e vazão para a limpeza das lanternas.

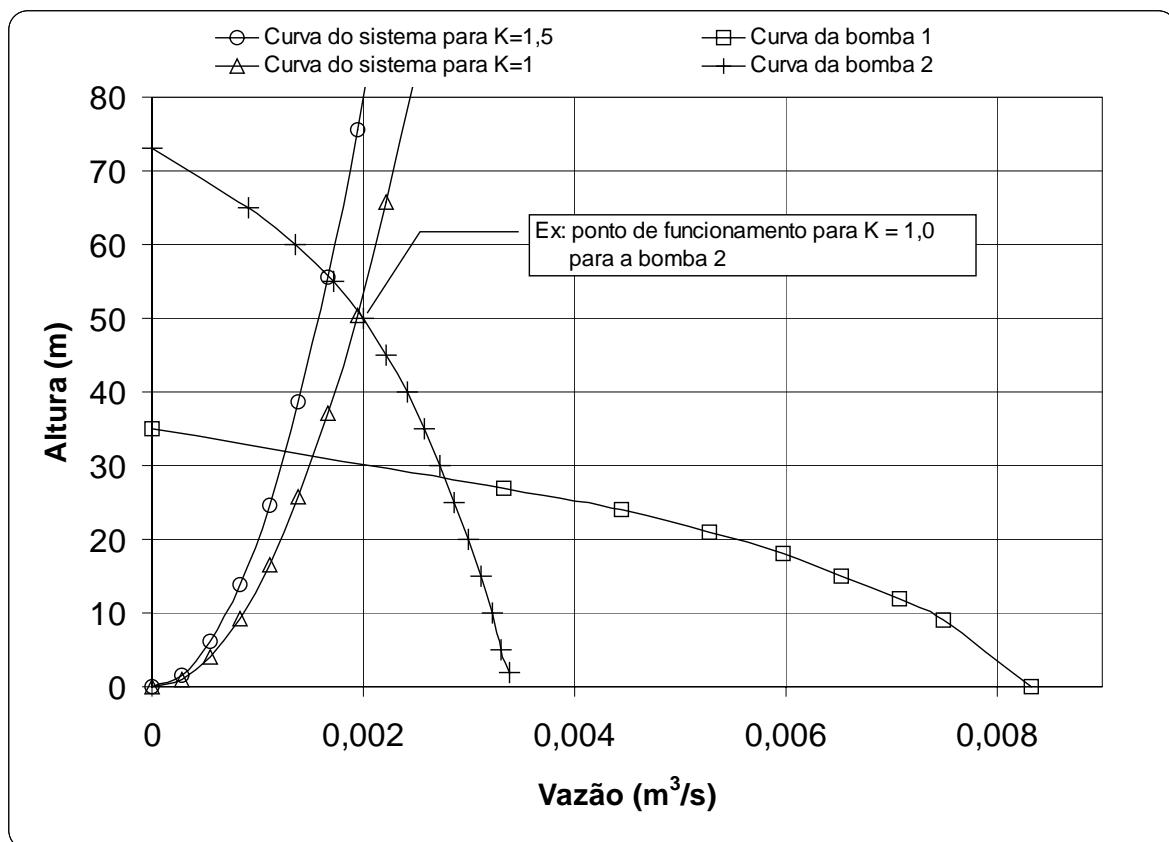


FIGURA 5.8 – Curvas das bombas X curvas de perda de carga do sistema.

### 5.1.3. Desenvolver leiaute detalhado e desenhos de forma

Os pontos de partida para o desenvolvimento do leiaute detalhado são a concepção do produto e os principais portadores de efeito físico definidos anteriormente. Estes devem ter prioridade na definição do leiaute, sendo por isso algumas vezes utilizados como restrições nesta etapa da pesquisa. Uma vez definido o leiaute em função dos principais portadores de efeito físico, parte-se para o desenvolvimento de outros portadores de efeito físico não descritos na etapa anterior da pesquisa.

#### 5.1.3.1. Leiaute dos tubos

Para definir o leiaute dos tubos foi desenvolvido primeiramente um chassi (FIG. 5.9), onde a lanterna pudesse ser apoiada e posicionada adequadamente para a limpeza, conforme a função auxiliar F1 descrita no Capítulo 4. Os principais parâmetros observados para o projeto do chassi foram comprimento, largura, raio de apoio para lanterna e disposição da estrutura.

A determinação do comprimento total foi baseada nas informações obtidas a partir das entrevistas para o levantamento das necessidades dos clientes realizadas na etapa inicial da pesquisa. A maioria dos ostreicultores utiliza lanternas de cinco andares. A largura total deve ser a menor possível para permitir o manuseio das lanternas pelos ostreicultores e ao mesmo tempo apoiar bem as lanternas, para que as mesmas não caiam du-

rante o processo de limpeza. O raio de apoio deve ser maior ou igual ao raio da lanterna, para que a mesma possa girar livremente quando apoiada, permitindo o alcance dos jatos de água por completo na lanterna. Para a disposição da estrutura do chassi, foram consideradas as posições assumidas pelas bandejas das lanternas.

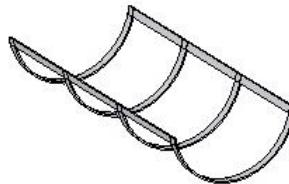


FIGURA 5.9 – Chassi.

A partir do leiaute do chassi, os tubos foram então posicionadas na parte posterior do mesmo, de tal forma que os bicos não interferissem no movimento de giro da lanterna (FIG. 5.10).

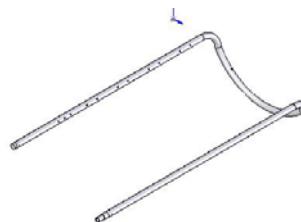


FIGURA 5.10 – Leiaute dos tubos.

### **5.1.3.2. Leiaute da interface tubo-bico**

O projeto da interface tubo-bico foi tratado seguindo-se princípios, regras e recomendações de DFMA (*Design for Manufacture and Assembly - Projeto para Manufatura e Montagem*) (Back e Forcellini, 2003a). Havia duas alternativas: a) utilizar uma porca soldada ao tubo para aumentar o comprimento de rosca para poder se aparafusar o bico e b) fazer a rosca diretamente no tubo.

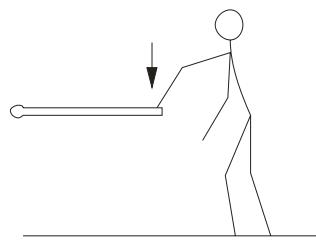
A alternativa a) implicaria em um componente a mais (porca) e dois processos adicionais (usinar a porca para de obter os jatos em ângulo para o atendimento das funções de limpar as partes inferior e superior da bandeja e soldar a porca no tubo).

Como o tubo escolhido possui 2 mm de parede, não houve necessidade de se utilizar qualquer comprimento adicional para a rosca. O projeto foi portanto desenvolvido de acordo com a alternativa b), com a rosca diretamente no tubo.

### **5.1.3.3. Leiaute de outros portadores de efeito físico**

Os leiautes dos demais portadores de efeito físico foram adaptados da melhor maneira possível ao leiaute definido para os principais portadores de efeito físico.

O dispositivo de fixação da alavanca à embarcação e o seu comprimento devem ser ajustáveis para poder se adaptar à diferentes embarcações. Além disso, para se determinar o comprimento da alavanca, foi seguida a recomendação de Provenza (1978), de acordo com a FIG. 5.11.

**Alavanca horizontal**

normal: 18 kg  
máximo: 70 kg  
curso: 20 cm

FIGURA 5.11 – Esforço nas alavancas de comando (Provenza, 1978).

Assim, a alavanca apresentou o leiaute da FIG. 5.12.

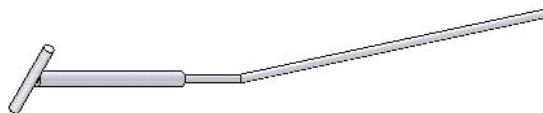


FIGURA 5.12 – Leiaute da alavanca.

O gancho foi projetado para manter a lanterna na posição adequada para limpeza, conforme o projeto dos tubos e dos bicos. O comprimento do gancho deve ser suficiente para manter a lanterna centralizada no protótipo e posicionar corretamente as bandejas em relação aos bicos. Ele não pode estar fixado em um ponto do protótipo que esteja muito elevado em relação ao nível na água, para facilitar o içamento da lanterna. Por fim, o raio da ponta do gancho deve ser grande o suficiente para manter a lanterna na posição adequada de limpeza, mas pequeno para facilitar a entrada da lanterna. O leiaute do gancho projetado encontra-se na FIG. 5.13.

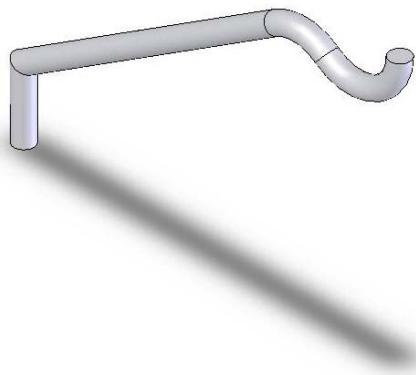


FIGURA 5.13 – Leiaute do gancho.

## 5.2. Projeto Detalhado

### 5.2.1. Preparar documento para fabricação do protótipo

Definido o leiaute do protótipo, o próximo passo consiste em preparar a documentação necessária para que o protótipo possa ser fabricado. Essa documentação é composta pelos desenhos detalhados de todas as partes a ser fabricadas e se encontram no APÊNDICE 8.

## 5.3. Construção do Protótipo

Com a conclusão da fase de projeto, inicia-se a fase de construção e montagem do protótipo. Estes trabalhos foram realizados junto à oficina mecânica do NeDIP, com a colaboração dos Laboratórios de Soldagem, Conformação Mecânica e Usinagem e Comando Numérico, todos pertencentes ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

De acordo com Ulrich e Eppinger (1995) apud Reis (2003), um protótipo é uma aproximação do produto ao longo de uma ou mais dimensões de interesse. Alguns autores classificam protótipo de acordo com os objetivos que se buscam com a construção do mesmo. Segundo Reis (2003), quanto ao grau de realização física, há o protótipo físico, ou seja, artefato tangível criado para se aproximarem das características do produto, e o protótipo analítico, que representa o produto de forma não tangível, muitas vezes matematicamente. Quanto ao grau de abrangência, há o protótipo comprehensivo, que representa todas as características do produto e o protótipo focado, que representa apenas um, ou poucos atributos do produto. Visando atender os objetivos propostos, optou-se pela construção de um protótipo físico-comprehensivo.

O primeiro passo para a construção do protótipo foi a compra dos materiais. O QUADRO 5.4 apresenta a lista dos materiais utilizados, juntamente com seus custos.

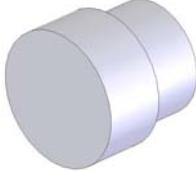
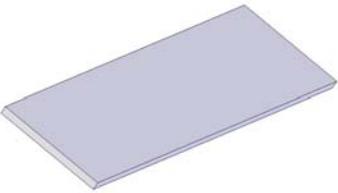
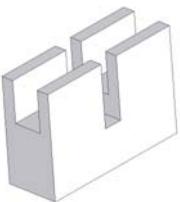
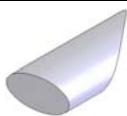
QUADRO 5.4 – Lista de material para a fabricação do protótipo.

DESCRÍÇÃO	QUANTIDADE	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
TUBO INOX-304 7/8" X 1,5 MM 6,10M	4,5	MT	37,38	168,21
BARRA CHATA INOX 3/16X1" 1,000KG/M	4,0	KG	24,69	98,76
BARRA CHATA INOX 1/8X1" 0,920KG/M	0,5	KG	24,69	13,57
VERGALHÃO REDONDO INOX 1/2" 1,000KG/M	0,7	KG	28,9	20,23
VERGALHAO REDONDO INOX 3/4" 1,000KG/M	0,1	KG	26,77	2,677
PARAF SEXT LATAO 1/4" X 1"	37	PC	0,99	36,63
PARAF A.A. CAB PANE 6,3 X 25	4	PC	0,36	1,44
TOTAL:				341,52

O QUADRO 5.5 apresenta os processos, ferramentas, dispositivos, instrumentos de medição e maquinários utilizados para a fabricação das peças. A ordem de apresentação dos recursos indica a seqüência em que foram utilizados.

QUADRO 5.5 – Recursos e seqüência de processos utilizados para a fabricação do protótipo.

DESENHO	PEÇA	QTDE	RECURSOS E SEQUÊNCIA DE FABRICAÇÃO continua
	Tubo I	1	<p>Serra de corte, calandra, riscador, martelo, punção de bico, furadeira, mandril, goniômetro, calços em ângulo, broca helicoidal, escravador, jogo de machos, cossinete, paquímetro, fita métrica.</p> <p>Seqüência:</p> <p>Serrar o tubo no comprimento, calandrar a ponta, traçar as posições dos furos, furar e rosscar.</p>
	Tubo II	1	<p>Serra de corte, calandra, riscador, martelo, punção de bico, furadeira, mandril, goniômetro, calços em ângulo, broca helicoidal, escravador, jogo de machos, cossinete, paquímetro, fita métrica.</p> <p>Seqüência:</p> <p>Serrar o tubo no comprimento, calandrar a ponta, traçar as posições dos furos, furar e rosscar.</p>
	Tubo III	1	<p>Serra de corte, calandra, riscador, martelo, punção de bico, furadeira, mandril, goniômetro, calços em ângulo, broca helicoidal, escravador, jogo de machos, cossinete, paquímetro, fita métrica.</p> <p>Serrar o tubo no comprimento, calandrar o raio, traçar as posições dos furos, furar e rosscar.</p>
	Bico I	35	<p>Torno, ferramenta de sangrar, ferramenta de facear, broca de centro, broca helicoidal, escravador, paquímetro.</p> <p>Seqüência:</p> <p>Sangrar no comprimento, facear, fazer furo de centro, furar, escarear, virar a peça e escarear.</p>
	Bico II	2	<p>Torno, ferramenta de sangrar, ferramenta de facear, broca de centro, broca helicoidal, escravador, arco de serra, lima, paquímetro.</p> <p>Seqüência:</p> <p>Sangrar no comprimento, facear, fazer furo de centro, furar, escarear, virar a peça, escarear e fazer o rasgo.</p>
	Entrada da mangueira	1	<p>Torno, ferramenta de desbastar, ferramenta de facear, broca de centro, broca helicoidal, ferramenta de sangrar, paquímetro.</p> <p>Seqüência:</p> <p>Facear, desbastar no diâmetro, fazer o rebaixo, fazer furo de centro, furar, sangrar, virar a peça, facear no comprimento, fazer o rebaixo e fazer as ranhuras para fixação da mangueira.</p>

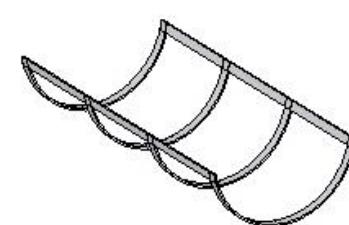
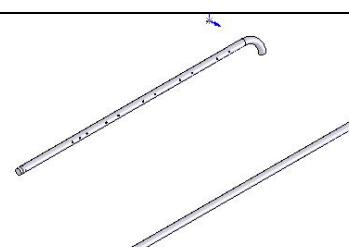
DESENHO	PEÇA	QTDE	RECURSOS E SEQÜÊNCIA DE FABRICAÇÃO continua
	Tampão	1	Torno, ferramenta de desbastar, ferramenta de facear, ferramenta de sangrar, paquímetro. Seqüência: Facear, desbastar no diâmetro, fazer o rebaixo, sangrar, virar a peça e facear no comprimento.
	Gancho	1	Serra de corte, dispositivo para dobrar, paquímetro, fita métrica. Seqüência: Serrar no comprimento, dobrar a ponta inferior e fazer o raio da ponta superior.
	Eixo da articulação	1	Serra de corte, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.
	Corpo da articulação	1	Serra de corte, lima, furadeira, punção, martelo, broca de centro, broca helicoidal, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento, rebarbar e furar.
	Base do apoio da articulação	1	Serra de corte, lima, furadeira, punção, martelo, broca de centro, broca helicoidal, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento, rebarbar e furar.
	Corpo do apoio da articulação	1	Fresadora, fresa de topo, paquímetro. Seqüência: Fresar nas medidas externas, abrir rasgo transversal e abrir rasgo longitudinal.
	Base do chassi	4	Serra de corte, calandra, paquímetro, fita métrica. Seqüência: Serrar no comprimento, rebarbar e calandrar.
	Lateral do chassi	2	Serra de corte, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.
	Extensor do chassi	2	Serra de corte, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.

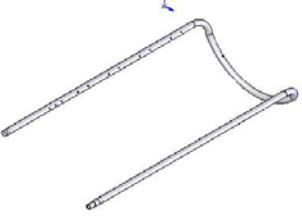
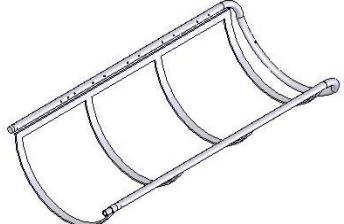
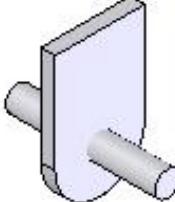
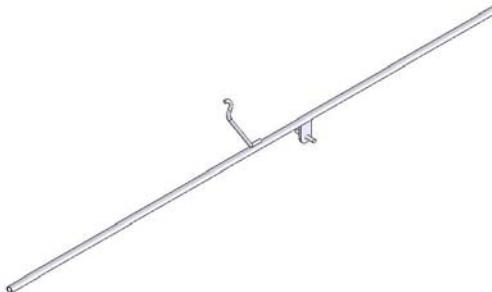
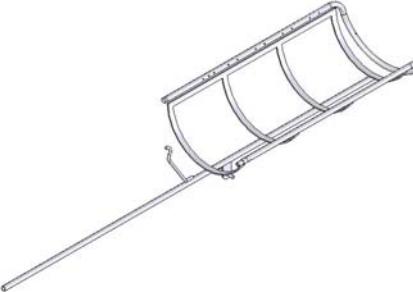
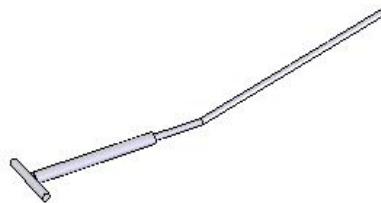
DESENHO	PEÇA	QTDE	RECURSOS E SEQÜÊNCIA DE FABRICAÇÃO Conclusão
	Alavanca	1	Serra de corte, paquímetro, fita métrica. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.
	Eixo da extensão da alavanca	1	Serra de corte, paquímetro, fita métrica. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.
	Ponta superior da extensão da alavanca	1	Serra de corte, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.
	Ponta inferior da extensão da alavanca	1	Serra de corte, paquímetro. Seqüência: Serrar no comprimento e rebarbar.

Todas as peças atenderam à especificação de projeto referente à utilização de “processos usuais”. Atentando-se ainda à especificação de projeto “componentes padronizados”, os bicos foram usinados a partir de parafuso de cabeça sextavada M6 de latão. Esses parafusos são normalizados e se encontram facilmente no mercado.

Com as peças em mãos, partiu-se para a montagem final do conjunto, seguindo-se a seqüência estabelecida no QUADRO 5.6.

QUADRO 5.6 – Seqüência de montagem do conjunto.

DESENHO	CONJUNTO	PEÇAS	SEQÜÊNCIA DE MONTAGEM continua
	Chassi	Lateral e base	Soldar as peças.
	Terminais dos tubos	Tampão Entrada da mangueira Tubo I Tubo II	Soldar o tampão na extremidade reta do Tubo I e a Entrada da mangueira na extremidade reta no Tubo II.

DESENHO	CONJUNTO	PEÇAS	SEQÜÊNCIA DE MONTAGEM continua
	Conjunto dos tubos	Tubo I Tubo II Tubo III	Posicionar os tubos no Chassi e soldar os tubos.
	Conjunto dos tubos com chassi	Tubo I Tubo II Tubo III Extensor do chassi	Posicionar os tubos no Chassi, soldar os extensores e os tubos no chassi.
	Conjunto da articulação	Articulação	Soldar as duas peças da articulação conforme o desenho.
	Conjunto da alavanca	Conjunto da articulação Gancho Alavanca	Soldar o gancho e o conjunto da articulação na alavanca.
	Chassi com conjunto da alavanca	Chassi Conjunto dos tubos Conjunto da alavanca	Soldar o conjunto da alavanca com o chassi e conjunto dos tubos.
	Extensão da alavanca	Eixo Ponta superior Ponta inferior	Soldar a ponta superior com a ponta inferior e soldar essa montagem com o eixo.

DESENHO	CONJUNTO	PEÇAS	SEQÜÊNCIA DE MONTAGEM conclusão
	Chassi com conjunto e extensão da alavanca	Chassi Conjunto dos tubos Conjunto da alavanca Extensão da alavanca	Encaixar o chassi e o conjunto da alavanca com a extensão da alavanca.
	Apoio da articulação	Base Corpo	Soldar o corpo na base.
	Embarcação	Apoio da articulação	Montar o apoio da articulação na borda da embarcação.

Após a fabricação e a montagem de todas as peças, obteve-se o conjunto completo do protótipo, que pode ser observado na FIG. 5.14.

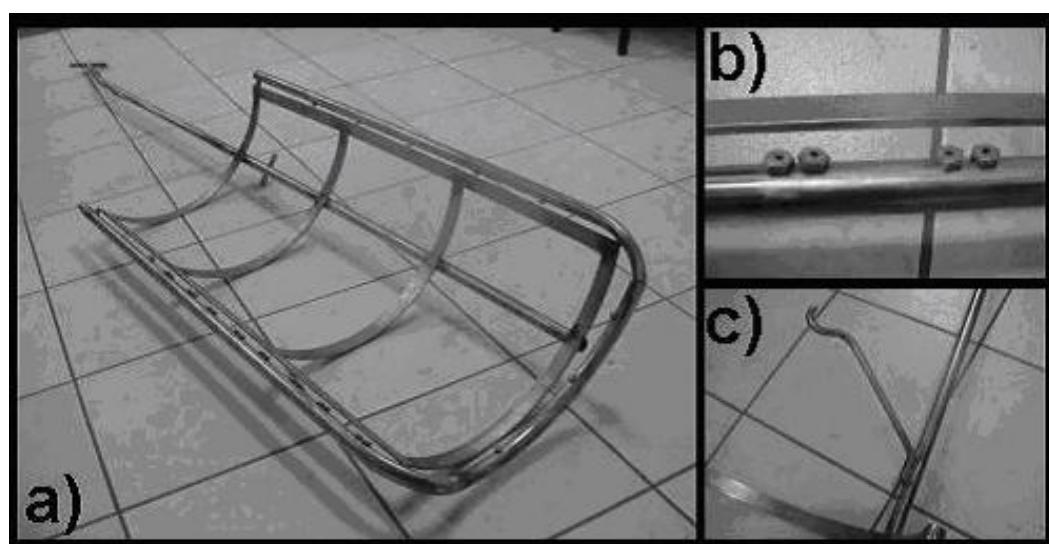


FIGURA 5.14 – Protótipo de lavação de lanternas. a) conjunto, b) detalhe dos bicos e c) gancho.

#### 5.4. Esquema de funcionamento do protótipo

A FIG. 5.15 ilustra o esquema de funcionamento do protótipo. O conjunto completo do protótipo foi fixado à embarcação, uma mangueira foi utilizada para conectar o protótipo à bomba 2 (ANEXO 2) e uma outra mangueira foi conectada à bomba para captar água do mar, utilizando como fonte de potência um motor de combustão interna de dois tempos à gasolina acoplado à bomba.

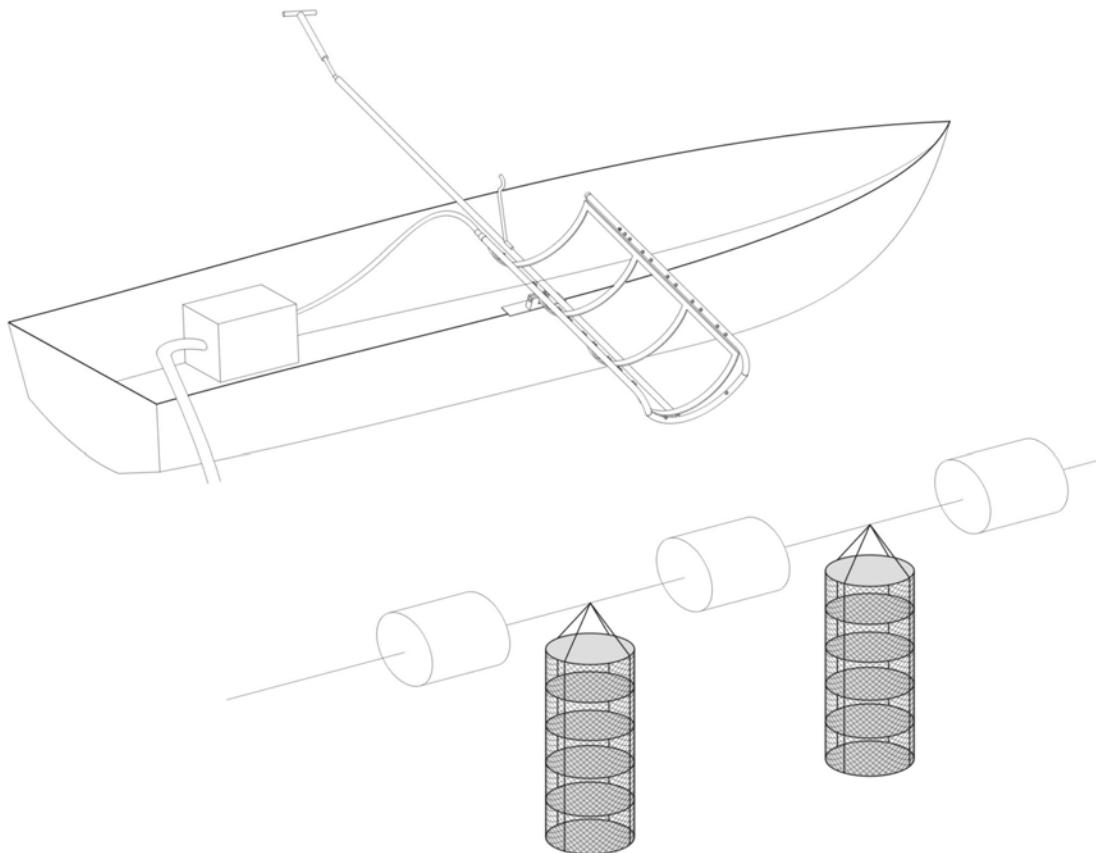


FIGURA 5.15 – Esquema de funcionamento do protótipo.

Para se realizar a lavação das lanternas, deve-se proceder da seguinte maneira:

- Aproximar-se do espinhel com o protótipo fixo à embarcação;
- Com o protótipo na posição vertical, içar a lanterna até poder fixar sua corda no gancho do protótipo;
- Fixar a alavanca do protótipo à embarcação;
- Ligar o motor da bomba, para que a mesma possa captar água do mar e bombeiar para o protótipo.

#### 5.5. Estimativa de custo do protótipo

Para se determinar o custo total do protótipo foi considerada uma estimativa baseada na experiência de especialistas em fabricação. Estimou-se o custo homem/ hora/ máquina para os processos envolvidos na fabricação e montagem na faixa de R\$ 40,00 a R\$50,00. Sendo necessário aproximadamente dez horas, obteve o custo de produção de R\$500,00. Para completar, outros custos também foram incluídos, como custo de transporte, depreciação de equipamentos, insumos, etc. Esses custos, assim como o custo total estimado do protótipo, podem ser observados na TABELA 5.4.

TABELA 5.4 – Custo total do protótipo.

TIPO DE CUSTO	VALOR (R\$)
Material	341,52
Homem/hora/máquina	500,00
Outros	159,00
Bomba	600,00
Total	1.600,00

## 5.6. Considerações finais

Na fase de Projeto Preliminar a concepção escolhida na fase anterior do projeto foi detalhada até se chegar ao leiaute definitivo do protótipo. No Projeto Detalhado, interface entre o projeto e a produção, foram preparados os desenhos técnicos necessários para se realizar a fabricação e a montagem do protótipo. Com os desenhos e a lista de material em mãos, iniciou-se a construção do protótipo, transformando todas as informações obtidas durante o processo de projeto em um protótipo físico-compreensivo. Após a montagem do conjunto, partiu-se para o planejamento, execução e discussão dos resultados do teste do protótipo.

# CAPÍTULO 6: TESTES DO PROTÓTIPO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

## 6.1. Introdução

Os testes do protótipo foram realizados no LMM, utilizando-se do cultivo de ostras disponíveis para experimentos. O objetivo principal foi avaliar o funcionamento do protótipo e o atendimento das principais especificações do projeto relacionadas ao uso, que são: (1) praticidade de uso e (11) retirada do *fouling*<sup>8</sup>.

Para ambas as especificações, foram feitas comparações entre o processo de lavação da forma como ele é realizado atualmente (com a máquina WAP<sup>9</sup>), nomeado de processo I e o processo proposto com a utilização do protótipo, processo II. Para se medir a praticidade de uso foram comparados os tempos gastos e para se medir a retirada de *fouling* foram comparados os pesos do *fouling* retirados das lanternas.

## 6.2. Testes do protótipo

### 6.2.1. Praticidade de uso

Para se comparar a praticidade de uso, foi determinado o tempo total necessário para se realizar a lavação de um lote de lanternas, a partir da medição individual do tempo de cada etapa do processo de lavação. Para determinação no tamanho do lote para o processo I, partiu-se do requisito de projeto relacionado à utilização de embarcações médias, que possuem capacidade para transportar até 500 kg. Considerando-se o peso de 40 kg por lanterna e adicionando-se o peso equivalente a dois operadores na embarcação, seria possível transportar até 10 lanternas de cada vez. Com o tempo necessário para a lavação de 10 lanternas, foi calculado o tempo que seria necessário para se lavar um espinhel completo, o que corresponde a 90 lanternas. As etapas dos processos I e II de lavação de lanternas e seus tempos individuais e totais podem ser vistos no QUADRO 6.1.

Algumas ressalvas devem ser feitas a respeito dos processos de lavação:

- A fim de simplificar os processos, algumas etapas irrelevantes não foram incluídas, como, por exemplo, tempo para levar o carrinho auxiliar da garagem até a praia, carregar o carrinho com lanterna, transportar o carrinho com lanterna da praia até o varal, etc.
- No processo I não foi considerado o tempo que seria necessário para o descanso dos operadores. Essa inclusão aumentaria ainda mais o tempo total para a lavação sem o protótipo, o que tornaria os resultados obtidos com a lavação com o protótipo ainda mais atrativos.

<sup>8</sup> Os números entre parênteses se referem à ordem de importância das especificações de projeto.

<sup>9</sup> WAP é uma máquina utilizada para pressurizar água a alta pressão.

- Semelhantemente ao processo I, no processo II também não foi incluído o tempo de descanso. Entretanto, os operadores teriam um intervalo de cinco minutos de descanso entre cada lanterna lavada, tempo esse corresponde ao intervalo em que o protótipo realiza a tarefa de lavação.
- Para o processo I não foi considerado o tempo de castigo, que em média varia em torno de doze horas. Isso inviabilizaria a comparação com o tempo do processo II, pois os tempos medidos estariam em ordem de grandezas muito diferentes.
- O mar encontrava-se em condições um pouco inadequadas para o trabalho no dia em que foram tomados os tempos relativos ao processo II. Dessa forma, esses tempos medidos podem ser considerados como pessimistas, tendendo a melhorar se medidos novamente em condições adequadas. Isso, mais uma vez, tornaria os resultados obtidos com a lavação com o protótipo ainda mais atrativos.

QUADRO 6.1 – Etapas e tempos dos processos (a) sem protótipo e (b) com protótipo.

PROCESSO I (SEM PROTÓTIPO)			PROCESSO II (COM PROTÓTIPO)		
Processo de lavação	Tempo médio/ lanterna (s)	Tempo estimado/ espinhel (s)	Processo de lavação	Tempo médio/ lanterna (s)	Tempo estimado/ espinhel (s)
barco (garagem ► praia)	36,0	36,0	barco (garagem ► praia)	36,0	36,0
wap (garagem ► praia)	120,0	120,0	protótipo (garagem ► praia)	120,0	120,0
barco (praia ► espinhel)	140,0	1260,0	barco (praia ► espinhel)	140,0	140,0
lanterna (espinhel ► barco)	69,4	6243,8	lanterna (içamento)	9,2	828,0
barco (espinhel ► praia)	164,0	1476,0	lanterna (lavar)	300,0	27000,0
lanterna (barco ► varal)	22,5	2025,0	lanterna (protótipo ► mar)	4,3	387,0
lanterna (pendurar)	25,3	2272,5	ir para próxima lanterna	15,7	1413,0
lanterna (lavar)	305,0	27450,0	barco (espinhel ► praia)	170,0	170,0
lanterna (despendurar)	28,1	2531,3	barco (praia ► garagem)	36,0	36,0
lanterna (varal ► barco)	22,5	2025,0	protótipo (praia ► garagem)	120,0	120,0
barco (praia ► espinhel)	170,0	1530,0			Total: 8h 24min
lanterna (barco ► espinhel)	30,0	2700,0			
barco (espinhel ► praia)	170,0	170,0			
barco (praia ► garagem)	36,0	36,0			
wap (praia ► garagem)	120,0	120,0			
		Total: 13h 54min			

Algumas destas etapas foram ilustradas na FIG. 6.1.



FIGURA 6.1 – Etapas do processo de lavação com protótipo: a) içamento e b) lavação.

### 6.2.2. Retirada do *fouling*

A maneira mais prática de se medir a retirada de *fouling* seria simplesmente comparando-se visualmente as lanternas antes e após serem lavadas pelo protótipo, conforme pode-se observar na FIG. 6.2.



FIGURA 6.2 – Comparação qualitativa: (a) antes e (b) após lavação.

No entanto, comparações qualitativas são difíceis de ser avaliadas. Assim, optou-se pela mensuração do peso do *fouling* retirado das lanternas em cada processo. As seis lanternas foram bem limpas e as ostras nelas contidas foram, além de limpas, raspadas, de tal forma que poderia-se dizer que não havia *fouling* algum nas lanternas. Após 18 dias submersas, as lanternas foram retiradas da água e pesadas antes e após a lavação, obtendo-se os dados da TABELA 6.1.

Tabela 6.1 – Comparação de peso nas lanternas antes e após a lavação com os processos I e II.

LOTE I – WAP			LOTE II – PROTÓTIPO		
Peso (kg)			Peso (kg)		
antes	depois	fouling	antes	depois	fouling
22,4	20,8	1,6	21,9	20,6	1,3
18,4	17,4	1,0	20,8	20,2	0,6
19,1	18,8	0,3	19,5	19,0	0,5
Média = 0,97			Média = 0,80		
Dp = 0,65			Dp = 0,44		

A fim de se comparar os dois tratamentos, foi realizado um teste-t estatístico. As hipóteses estabelecidas foram:

$$H_0 = \text{médias iguais}$$

$$H_1 = \text{médias diferentes}$$

Para uma confiança de 95%, obteve-se o valor de  $t = 0,73$ , menor, portanto, que  $t_a = 2,77$ . Conclui-se assim que a hipótese  $H_0$  é verdadeira, ou seja, não existe diferença entre as médias.

### 6.3. Discussão dos resultados

Os objetivos almejados com a lavação utilizando-se o protótipo foram atendidos com sucesso, tanto em relação à praticidade de uso, quanto à retirada do *fouling*. Conforme pode-se observar na FIG. 6.3, a utilização do protótipo implicou em uma redução de 39,5% do tempo total para lavação de um espinhel.

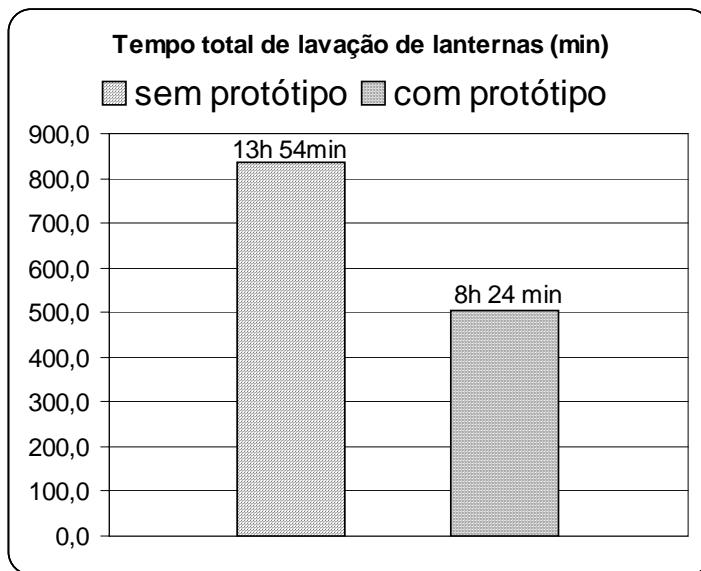


FIGURA 6.3 – Comparação dos tempos totais de lavação sem protótipo e com protótipo.

Quanto à retirada do *fouling*, a taxa de remoção foi de 82,5%. Essa medida foi feita supondo-se que a lavação com o processo I retirou 100% do *fouling* (Fig. 6.4). Este resultado atingiu satisfatoriamente a especificação do projeto (80% de retirada de *fouling*), mesmo tendo utilizado nos teste lanternas que permaneceram submersas por um período de 18 dias, acima do ideal recomendado pelo LMM para freqüência de manejo. Seguindo-se as recomendações do LMM, há de se esperar resultados ainda melhores de retirada de *fouling*.

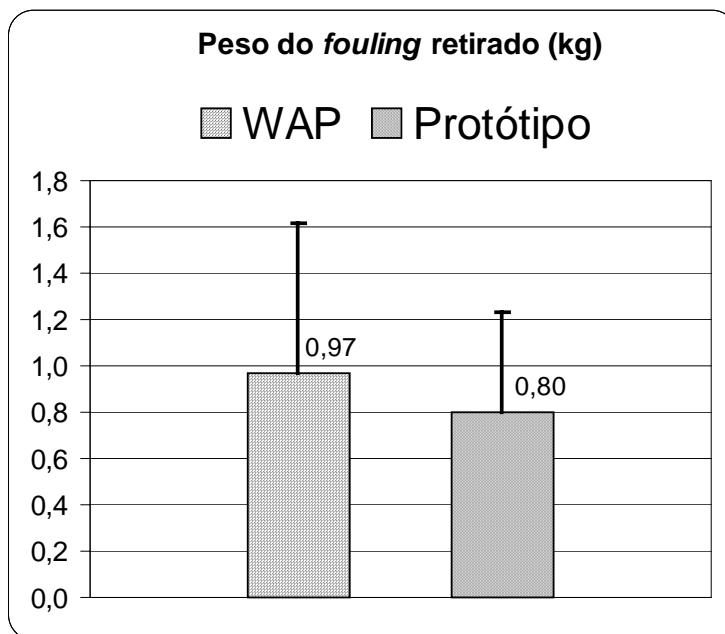


FIGURA 6.4 – Comparação dos pesos do *fouling* retirado pelos processos I e II.

#### 6.4. Considerações finais

Devido à praticidade de uso, a lavação de lanternas com o protótipo desenvolvido gera um ganho de tempo em relação ao processo de lavação atualmente realizado, o que permite que lavações com periodicidades menores e mais freqüentes sejam feitas. Isso reduz o acúmulo de *fouling* nas lanternas, possibilitando a retirada do mesmo com lavações simples e rápidas. Assim, as lanternas praticamente não precisam ser limpas, pois elas simplesmente são mantidas limpas ao longo de todo tempo de cultivo.

# Capítulo 7: CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As conclusões finais do trabalho serão apresentadas tendo em vistas os objetivos geral e específicos determinados e o atendimento das contribuições propostas, ambos no Capítulo 1. Finalizando, foram feitas algumas sugestões para trabalhos futuros, considerando-se as limitações, dificuldades, resultados obtidos e conclusões finais.

## 7.1. Atendimento ao objetivo geral

O objetivo geral foi atingido, através do desenvolvimento de um sistema novo na forma de um protótipo para a mecanização da tarefa de lavação de lanternas utilizadas no cultivo de ostras, que possibilitou a lavação em menores períodos de tempo. A melhor solução encontrada foi aquela que melhor atende às especificações de projeto, o que pode ser visto nos QUADROS 7.1 a 7.3. O protótipo desenvolvido adaptou-se ainda às condições sociais, culturais e ambientais brasileiras, respectivamente devido à sua simplicidade e baixo custo, individualidade de uso e praticidade de uso para facilitar a retirada do tipo de *fouling* encontrado no Brasil.

Os objetivos específicos foram atendidos pela simples aplicação da metodologia proposta, conforme será tratado em um tópico exclusivo sobre o assunto neste capítulo.

O tópico sobre as considerações finais concluiu o trabalho com observações referentes às contribuições inicialmente propostas.

## 7.2. Atendimento às especificações do projeto

Os QUADROS 7.1 a 7.3 apresentam as especificações do projeto estabelecidas na fase do Projeto Informacional, comparando-se os valores metas de cada especificação com os valores alcançados com o protótipo desenvolvido.

QUADRO 7.1 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – primeira parte.

REQUISITO	VALOR META	VALOR ALCANÇADO continua
1. Praticidade de uso	Tempo inferior ao processo atual = 13h 54min	8h 24min, com uma redução de 39,5% do tempo total do processo de lavação de lanternas.

REQUISITO	VALOR META	VALOR ALCANÇADO conclusão
2. Preço de venda	< R\$ 2.000	Baseado na margem de lucro que se deseja obter, a partir do custo total do protótipo de R\$ 1.000,00.
3. Adaptável à média das embarcações	Sim ou não	Adaptável.
4. Custo de material	< R\$ 200,00	R\$ 341,52. Especificação não atingida.
5. Reduzir acúmulo de resíduos	95%	Conforme o experimento de lavação de lanternas realizado (ver Apêndice 1), quanto menor o intervalo entre as lavações, menor o acúmulo. Portanto o atendimento desta especificação depende da periodicidade de lavação.
6. Custo de produção	Não medido para protótipo	Estimado em R\$ 500,00.
7. Não desestabilizar embarcação	> 10 cm	O protótipo não causou desestabilidade na embarcação.
8. Peso	< 15 kg	8,3 kg
9. Danificação das ostras	< 10%	Embora não se tenha medido esta especificação, ressalta-se mais uma vez que a praticidade se uso deverá permitir lavações mais freqüentes, utilizando-se baixa pressão de água. Conseqüentemente as ostras deverão ser pouco danificadas.
10. Força para retirada do <i>fouling</i>	Recomendação para trabalhos futuros	Recomendação para trabalhos futuros

QUADRO 7.2 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – segunda parte.

REQUISITO	VALOR META	VALOR ALCANÇADO
11. Retirar <i>fouling</i>	> 80%	82,5% do <i>fouling</i> foi retirado.
12. Resistência à corrosão	> 3 anos	Medido somente após decorridos três anos de funcionamento do protótipo ou quando o processo de corrosão se iniciar. Como o protótipo foi 90 % fabricado em aço inox, espera-se alcançar a meta.
13. Resistência à água salina	> 3 anos	Medido somente após decorridos três anos de funcionamento do protótipo ou quando o processo de corrosão se iniciar. Como o protótipo foi 90 % fabricado em aço inox, espera-se alcançar a meta.
14. Custo de operação	Medido somente com sistema em funcionamento	Medido somente com sistema em funcionamento.
15. Ser à prova de água	100%	100%
16. Custo de manutenção	Medido somente com sistema em funcionamento	Medido somente com sistema em funcionamento
17. Integridade física do operador	100%	O projeto da alavancaria para auxiliar no processo de içamento de lanternas garantiu o atendimento desta especificação.
18. Tamanho	> 1,0 m	O comprimento do protótipo permite que sejam manejadas lanternas de até 5 andares. O protótipo pode facilmente ser alterado para se manejar lanternas de 6 ou mais andares. No entanto, devido às restrições de projeto relacionadas ao uso de embarcações médias, esta alteração estaria comprometida.
19. Manutenção simples	Manutenção caseira	A ausência de movimento relativo entre partes, partes rotatórias ou deslizantes garante a facilidade e simplicidade de manutenção.

QUADRO 7.3 – Valores metas e alcançados das especificações do projeto – terceira parte.

REQUISITO	VALOR META	VALOR ALCANÇADO
20. Nº de componentes	Quanto menor, melhor.	A aplicação de técnicas de DFMA no projeto foi de grande auxílio no atendimento desta especificação.
21. Transportabilidade	> 5 m/s	Devido ao baixo peso, o protótipo pode facilmente ser transportado por uma pessoa a uma velocidade normal.
22. Material atóxico	100%	Nenhum material tóxico foi utilizado na fabricação do protótipo.
23. Componentes padronizados	> 70%	Todos os componentes utilizados são padronizados e se encontram facilmente no mercado.
24. Processos usuais	> 80%	Todos os processos utilizados na fabricação e montagem do protótipo foram processos comuns.
25. Interface simples	0% palavras	0% palavras.
26. Vida útil	Medido somente com sistema em funcionamento	Medido somente com sistema em funcionamento.
27. Limites de contaminantes	Anexo 1 (CONAMA, 1986)	Nenhuma substância proibida pela resolução do CONAMA foi utilizada.
28. Taxa de falhas	< 1 vez/dia	Medido somente com sistema em funcionamento.
29. Força de acionamento	< 70 kg	O projeto da alavancaria para auxiliar no processo de içamento de lanternas garantiu o atendimento desta especificação.
30. Materiais recicláveis	>50%	Especificação atendida.

### 7.3. Aplicação da metodologia de projeto

Os objetivos específicos foram atendidos simplesmente aplicando-se a metodologia de projeto. Durante a fase de Projeto Informacional, foi possível identificar os clientes envolvidos no projeto e suas reais necessidades. Seguindo-se a aplicação da metodologia, foi estabelecido um quadro de especificações de projeto correspondentes às necessidades dos clientes anteriormente identificadas. No Projeto Conceitual foi gerado um conceito que atendeu a quase todas as especificações de projeto e a todas as funções determinadas na estrutura funcional do produto. No Projeto Preliminar foi possível concluir o projeto e iniciar a construção do protótipo, embora algumas análises como tensões, deformações, fadiga e métodos de otimização não foram utilizadas, devido a limitações do escopo do trabalho.

A necessidade de se trabalhar em equipe ficou evidente neste trabalho, assim como sugere a metodologia em diversos pontos. Assim, o trabalho teria apresentado resultados ainda melhores de tivesse sido desenvolvido em um ambiente que contasse com especialistas das diversas áreas envolvidas, como por exemplo, análise estrutural, dimensionamento de tubulações, simulações de escoamento de fluidos, etc. Ao responsável pela aplicação da metodologia cabe o papel de servir como gerente de projeto, definindo os recursos necessários para o desenvolvimento nas diversas etapas do trabalho.

Apesar destas limitações, a aplicação da metodologia de projeto é altamente recomendável como um importante guia para projetistas inexperientes.

## 7.4. Considerações finais

O protótipo desenvolvido foi o fruto de uma pesquisa realizada para tentar resolver um problema real e embora não tenha atingido plenamente todas as especificações do projeto, representou um avanço em termos do problema hoje enfrentado.

O atendimento de uma das principais especificações do projeto, a retirada do *fouling*, na fronteira do valor meta, na verdade se deve a periodicidade com que as lavações são realizadas. Desde que haja uma mudança no comportamento dos ostreicultores, que devem passar a realizar manejos com periodicidades menores,, seguindo-se as recomendações do LMM, há de se esperar resultados ainda melhores de retirada de *fouling*. O ganho de tempo proporcionado pelo protótipo desenvolvido permite que lavações mais freqüentes sejam realizadas.

Assim, com o uso desta nova tecnologia desenvolvida pode-se obter um impacto positivo na ostreicultura, promovendo a melhoria das condições do trabalho cotidiano dos ostreicultores, redução dos impactos ambientais negativos e o aumento da produtividade nas fazendas marinhas.

O protótipo desenvolvido pode colaborar com as condições do trabalho cotidiano dos produtores de ostra, reduzindo drasticamente a sobrecarga de esforços físicos a qual os ostreicultores são submetidos, devidos principalmente ao alívio de peso relativo ao *fouling* que uma lavação periódica pode proporcionar. Uma outra contribuição é a redução de matéria orgânica em decomposição acumulada em lanternas que não são lavadas periodicamente, reduzindo, consequentemente a fetidez nas fazendas marinhas. Com o protótipo, as lanternas serão mantidas, na medida do possível, sempre limpas.

Para o meio ambiente, a utilização do protótipo pode reduzir os resíduos que eram acumulados nas lanternas e deixados na praia após a lavação. Com a lavação feita no mar, o pouco resíduo acumulado nas lanternas permanece no seu local de origem.

A mecanização pode implicar numa redução do tempo para a realização do trabalho que vinha sendo realizado manualmente. Conseqüentemente é possível a utilização da mão-de-obra ociosa em outras atividades, como por exemplo, o cultivo de vieiras ou ainda uma expansão do cultivo de mexilhões ou do próprio cultivo de ostras, sem a necessidade de contratação de mão-de-obra adicional.

Portanto, acredita-se que a continuidade da pesquisa nessa área, partindo do protótipo aqui apresentado, pode levar ao desenvolvimento de um produto comercial promissor, que possa realizar com sucesso a lavação de lanternas do cultivo de ostras.

## 7.5. Sugestões para trabalhos futuros

Devido principalmente a limitações de tempo e escopo do trabalho, algumas atividades não puderam ser concretizadas e são então aqui sugeridas para trabalhos futuros:

- Na pesquisa por princípios de solução foram identificadas soluções que poderiam ser promissoras, desde que seus efeitos sobre as ostras sejam conhecidos. Assim, sugere-se que sejam realizados testes para verificar o efeito do laser, do plasma e do ultra-som nas ostras.
- Transformar o deslocamento barco-espinhel em sistema contínuo. Ou seja, no método de lavação de lanternas proposto com o protótipo, primeiro ergue-se o espinhel, apóia-se-o na embarcação, lava-se a lanterna e então parte-se para a próxima bóia, manualmente, precisando-se de duas pessoas para isso, uma em cada ponta do espinhel, no ponto onde ele é fixado no barco. Assim, desloca-se o barco em relação ao espinhel. A

sugestão seria desenvolver um sistema para automatizar esse movimento, o que implicaria em uma redução de 50% no custo de operação do protótipo, pois seria necessária somente uma pessoa para realizar todo o processo de lavação de lanternas.

- Realizar um teste de lavação semelhante ao realizado (ver Apêndice 1), porém com o protótipo. A hipótese estabelecida é que as ostras lavadas semanalmente não ficariam tanto tempo fora da água, não sofrendo tanto estresse, o que poderia provocar uma queda na taxa de mortalidade.
- Realizar testes de lavação utilizando-se o protótipo apenas para o içamento das lanternas e os próprios equipamentos pressurizadores de água (WAP) utilizados atualmente pelos ostreicultores para se realizar a lavação das lanternas, tanto com o protótipo como com o equipamento para lavação embarcados.
- Montar uma bancada de testes para se medir a pressão ideal de lavação de lanternas e ostras em função periodicidade de limpeza. Ou seja, em ostras lavadas semanalmente o *fouling* pode ser mais facilmente removido do que em ostras lavadas a cada quinze ou trinta dias. Assim, seria possível desenvolver um protótipo adequado para diferentes necessidades de produtores. Poder-se-ia ainda utilizar protótipos com diferentes especificações quanto à pressão de limpeza para diferentes épocas do ano, visto que a ocorrência de *fouling* é muito maior no verão do que no inverno.
- Realizar simulações e cálculos estruturais no protótipo, visando reduzir ao máximo a perda de carga do sistema e racionalização de material, com consequentes melhorias no desempenho funcional e custos.
- Procurar reduzir o custo de material.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENDE, L. Sistematização das fases de projeto preliminar e detalhado do desenvolvimento de produtos e sua aplicação no projeto de um multicultor modular. 2003. 293 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ARMINGAUD, I. Documents sur les laveurs. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <fsantana@nedip.ufsc.br> em: 12 ago. 2004.
- BACK, N.; FORCELLINI, F.A. Projeto Conceitual. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Apostila de aula.
- BACK, N.; FORCELLINI, F.A. Projeto para Manufatura. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003a. Apostila de aula.
- BERLINER, S. [Consultor em processos ultrassonicos]. Changing materials with high-intensity sound. Disponível em: <<http://berliner-ultrasonics.home.att.net/index.html>>. Acesso em: 13 ago. 2004.
- CAMACHO, A.P.; CASASBELLAS; M.A.C. Cultivo de Bivalbos en Batea. Tema 13. Galicia: Xunta de Galicia, 1991.
- CARDS, Aquaculture Products Ltd. Antifoulant net treatment. Disponível em: <[http://www.cardsaqua.com/examples/ex3/sv\\_net\\_antifol.php](http://www.cardsaqua.com/examples/ex3/sv_net_antifol.php)>. Acesso em: 20 mar. 2004.
- CARVALHO FILHO, J. Aqüicultura Mundial: FAO divulga suas estatísticas de 1994. Panorama da aqüicultura, Rio de Janeiro, v. 2, n.4, p. 10 – 11, 1997.
- CHAKRABARTI, A.; BLIGH, T.P. A scheme for functional reasoning in conceptual design. Design Studies, [S.N.: s.n.], v. 22, n.6, p. 493-517, 2001.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 020 de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas de todo território nacional e os limites de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/020-86.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2004.
- COOPER, M. Laser cleaning for historic buildings. Disponível em: <[http://www.ihbc.org.uk/context\\_archive/72/laser/cleaning.html](http://www.ihbc.org.uk/context_archive/72/laser/cleaning.html)>. Acesso em: 01 set. 2004.
- CSIRO. New smart material beats aquaculture fouling. Built Environment & Manufacturing. Online magazine, v. 29. Disponível em: <<http://www.cmit.csiro.au/innovation/2003-02/oysters.cfm>>. Acesso em: 19 mar. 2004.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Fishery information: data and statistics unit: overview of fish production, utilization, consumption and trade based on 2002 data. 2004. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/fi/stat/overview/overview.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2004.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Recent Trends in Global Fishery Production. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/FIELD/006/AD743E/AD743E00.HTM>>. Acesso em: 18 mar. 2004a.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Statistical Database 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/statist/statist.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2005.
- FERREIRA, M. G. G. Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual. 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

- FONSECA, A.J.H. Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional. 2000. 180 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FOX, R. W.; McDONALD, A.T. Introdução à mecânica dos fluidos. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. p. 253-325.
- HUBKA, V. Theorie der Kontruktionsprozesse. Berlin: Springer, 1976. 209 p.
- IBBOTSON, D.P. Desenvolvimento de poliquetas espionídeos em ostras *Crassostrea gigas* e no plâncton da Praia da Ponta do Sambaqui. 2002. 71 f.. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- KEGEL, B; SCHMID, H. Low-pressure plasma cleaning of metallic surfaces on industrial scale. Surface and Coatings Technology, [S.N.: s.n.], v. 112, n. 1-3, p. 63-66, 1999.
- KOLLER, R. Konstruktionslehre für den Maschinenbau. 2 ed. Berlin: Springer, 1985. p. 269-307.
- LEXIKON INFORMÁTICA. Dicionário Aurélio eletrônico 3.0. Rio de Janeiro, 1999.
- LODEIROSA, C; GARCIA, N. The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves. Aquaculture 231. p. 293 – 298. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 mar. 2004.
- MANZONI, G. Ostras: Aspectos bioecológicos e técnica de cultivo. Itajaí: CGMA, 2001. 30 p.
- MARIBONDO, J. F. Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares. 2000. 277 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MASTRONARDI, R.J. Developing product requirements through the voice of the customer and their link to product development : a Mustang study. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e Administração) – Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- MENEGATTI, F.A. Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para a agricultura de precisão. 2004. 268 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MERCADO DA PESCA. Histórico do cultivo de moluscos bivalves no Brasil. Disponível em: <[http://www.mercadodapesca.com.br/cadeias\\_moluscos.php?pag=historico](http://www.mercadodapesca.com.br/cadeias_moluscos.php?pag=historico)>. Acesso em: 11 abr. 2004.
- MILLER, D. S. Internal flow systems. [S.I.]: BRHA Fluid Engineering, 1978. p. 270.
- NOVAES, A.L.T. Desenvolvimento de um sistema para lavação e classificação de ostras. 2002. 26 f.. Projeto de Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Trabalho não publicado.
- OGLIARI, A. Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados. 1999. 349 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PAHL, G.; BEITZ, W. Engineering design: a systematic approach. 2. ed. London: Springer, 1996. 544 p.
- PAULEY, G.B.; VAN DER RAAY, B.; TROUTT, D. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest) - Pacific Oyster. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82 (11.85). U.S. Army Corps of Engineers. TR EL-82.4. 28p. 1988.
- PIT, J.H.; SOUTHGATE, P.C. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture? Aquaculture International 11, Holanda, p. 545-555, 2003.
- PROVENZA, Francesco. Projetista de máquinas. 6. ed. São Paulo: Pro-Tec, 1978. 439 p.
- REIS, A.V. Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas. 2003. 156 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

- REIS, A.V.;MENEGATTI, F.A.;FORCELLINI, F.A. O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 06 - 08 out. 2003a, Gramado.
- ROSS, K.A.; THORPE, J.P.; BRAND, A.R. Biological control of fouling in suspended scallop cultivation. Aquaculture 229, p. 99 – 116. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 mar. 2004.
- ROTH, K. Konstruieren mit Konstruktions-katalogen: Systematisierung und zweckmassige Aulfbereitung... Berlin: Springer, 1982. 475 p.
- SANTANA, F.E.; FORCELLINI, F.A.;DIAS, A. Sistematização da aquisição de requisitos para a mecanização da maricultura. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 3., Belém, 2004.
- SCALICE, R.K. Desenvolvimento de uma família de produtos modulares para o cultivo e beneficiamento de mexilhões. 2003. 252 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVEIRA JR., N. O perigo das tintas anti-incrustação para a maricultura. Disponível em: <<http://www.ostras-gigas.com.br/paginas/tbt.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2004.
- SUGINO CORP. Technical advice: submerged washing. Disponível em: <[http://www.sugino.com/u\\_menu/menu\\_index/yoto/idx\\_parts\\_wash.html](http://www.sugino.com/u_menu/menu_index/yoto/idx_parts_wash.html)>. Acesso em: 18 ago. 2004.
- VINATEA ARANA, L. Fundamentos de aquicultura. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 348 p.

## BIBLIOGRAFIA

- BURDIC, W.S. Underwater acoustic system analysis. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1991. p. 57-90.
- LUCKENBACH, M.W.; O'BEIRN, F.X.; TAYLOR, J. An introduction to culturing oysters in Virginia. School of Marine Science Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary. 1999.
- NEPTUNE, Y.M.B. O ouriço-do-mar, *Lytechinus variegatus* (LAMARK) como controlador biológico do "biofouling" e do poliqueta *Polydora websteri* (HARTMAN) em cultivos de *Crassostrea gigas* (THUNBERG, 1793) no sul do Brasil. 1999. 84 f.. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SHIUH-KUANG YANG, S.K.; HUANG, Y.C. Biological effect of paramecium in diffused ultrasonic fields. Ultrasonics, [S.I.: s.n.], v.39, n.7, p. 525–531, 2002.
- MACKENZIE JR., C.; WAKIDA-KUSUNOKI, A. The oyster industry of eastern Mexico. Marine Fisheries Review, Summer 1997.
- VERDÚ; M.A. La Acuicultura en el Mundo. Galicia: Xunta de Galicia. 1991. Tema 19.
- VINATEA ARANA, L. Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 310 p.
- WALNE, P.R. Cultivo de Moluscos Bivalvos: 50 años de experiência em Conwy. Zaragoza: Ed. Acribia, 198-206 p.

## APÊNDICES

## **APÊNDICE 1:** Experimento de lavação de lanternas

### Objetivo

Determinar a influência da periodicidade de lavação de lanternas no acúmulo de *fouling*.

### Preparação inicial

Para iniciar o experimento foi colhida uma amostra de ostras, com a qual foi realizada a biometria para se determinar as características iniciais das amostras. Na biometria foram avaliados: peso e tamanho da concha (altura, largura e profundidade), peso total e peso da carne fresca (viva) e seca. Os resultados da biometria inicial se encontram na TABELA AP1.1.

TABELA AP1.1 – Biometria inicial.

MEDIDAS	MÉDIA	DP
Altura da concha (mm)	80,23	7,63
Largura da concha (mm)	45,72	5,62
Profundidade da concha (mm)	24,89	3,77
Peso total da ostra(g)	39,7	9,36
Peso da carne fresca (g)	8,0	2,31
Peso da carne seca (g)	1,76	0,63
Peso da concha (g)	19,81	5,07
Índice de condicionamento (IC)	90,91	28,49
% carne fresca	20,3	3,67

Em cada andar das lanternas foram colocadas 60 ostras, num total de 2880 animais. Então as lanternas foram colocadas na água, iniciando-se o experimento.

### Acompanhamento

Durante os quatro meses de realização do experimento, os lotes de lanternas foram lavados de acordo com período determinado:

- d) Lote I: lavação a cada 7 dias;
- e) Lote II: lavação a cada 14 dias;
- f) Lote III: lavação a cada 28 dias;
- g) Lote IV: também chamado de Lote Controle, foi lavado somente ao final do experimento.

## Resultados

TABELA AP1.2 – Resultados do experimento.

MEDIDAS	LOTE I		LOTE II		LOTE III		LOTE IV	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Altura da concha (mm)	80,23	7,82	87,15	9,61	96,38	11,40	107,52	15,47
Largura da concha (mm)	49,40	4,82	50,97	5,90	56,05	6,11	56,25	6,52
Profundidade da concha (mm)	30,73	4,38	31,43	3,30	33,37	4,38	35,22	5,31
Peso total da ostra(g)	101,13	22,34	107,99	24,12	123,33	27,89	131,31	36,75
Peso da carne fresca (g)	9,75	1,98	11,45	2,81	13,41	3,72	14,45	4,73
Peso da carne seca (g)	3,13	1,76	7,37	0,92	3,44	1,76	3,75	2,31
Peso da concha (g)	47,24	9,70	51,88	10,23	58,60	14,67	67,75	15,94
Índice de condicionamento (IC)	63,99	40,87	42,97	13,09	56,42	40,54	54,81	38,81
% carne fresca	9,85	1,81	10,70	1,90	10,86	1,79	12,63	14,52
fouling (g)	22,58	9,70	23,66	10,34	24,17	10,95	23,75	10,03

TABELA AP1.3 – Fouling nas lanternas.

I	psujo (kg)	plimpo (kg)	fouling (kg)	III	psujo (kg)	plimpo (kg)	fouling (kg)	
	6,00	1,90	4,10		7,40	1,90	5,50	
	5,60	1,90	3,70		8,00	1,90	6,10	
	6,50	2,20	4,30		7,80	1,90	5,90	
	4,90	1,90	3,00		7,00	1,90	5,10	
	média	5,75	1,97	3,78	7,55	1,90	5,65	
II	DP	0,68	0,15	0,57	DP	0,44	0,00	0,44
	psujo (kg)	plimpo (kg)	fouling (kg)	IV	psujo (kg)	plimpo (kg)	fouling (kg)	
	6,80	1,90	4,90		9,00	1,90	7,10	
	6,80	2,20	4,60		8,50	1,90	6,60	
	6,70	1,90	4,80		11,00	1,90	9,10	
	6,70	1,90	4,80		9,50	1,90	7,60	
II	média	6,75	1,97	4,78	9,50	1,90	7,60	
	DP	0,06	0,15	0,13	DP	1,08	0,00	1,08

### Análise estatística dos resultados

#### a) Fouling nas ostras

Os valores obtidos a partir do quadro ANOVA foram os seguintes:

$$p = 0,85$$

$$f = 0,25$$

$$df = 224$$

Portanto, como o valor de p foi maior do que 0,05, conclui-se que não houve diferença entre as médias, conforme pode-se observar na FIG. AP1.1.a.

#### b) Fouling nas lanternas

Os valores obtidos a partir do quadro ANOVA foram os seguintes:

$$p = 0,000020$$

$$f = 24,737$$

$$df = 12$$

Portanto, como o valor de  $p$  foi menor do que 0,001, conclui-se que houve diferença entre as médias. A fim de se poder comparar as médias, foi realizado antes o teste de homogeneidade de variância de Bartlet, de onde se concluiu que as variâncias são homogêneas ( $p > 0,05$ ). Com isso, para se comparar as médias pode-se simplesmente compará-las diretamente, observando-se a FIG. AP1.1.b ou utilizar algum teste paramétrico de comparação entre médias, como o teste segundo Tukey, que apresentou os seguintes resultados:

TABELA AP1.4 – Teste de comparação entre médias segundo Tukey.

COMPARAÇÃO ENTRE LOTES	VALORES DE P
I < III	$p < 0,01$
I < IV	$p < 0,01$
II < IV	$p < 0,01$
III < IV	$p < 0,01$
I=II	$p > 0,05$
I=III	$p > 0,05$
II=III	$p > 0,05$

Conclui-se, portanto, que o lote IV apresentou maior presença de *fouling* do que todos os outros lotes e que entre os tratamentos não há diferença estatística.

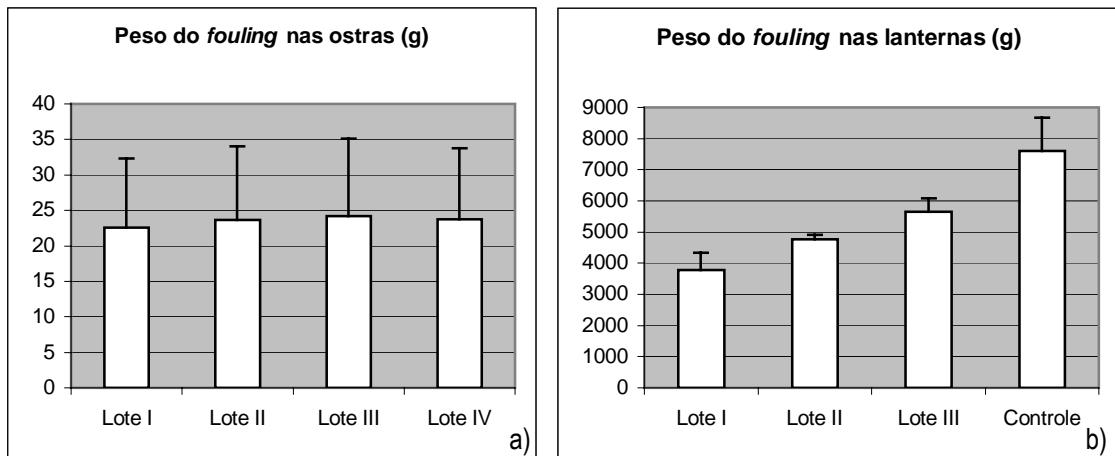


FIGURA AP1.1 – a) *Fouling* nas ostras b) *Fouling* nas lanternas.

### Conclusão

Apesar de o experimento ter sido realizado no inverno, época de menor incidência de *fouling*, pode-se perceber que a periodicidade de lavação influencia o acúmulo de *fouling* nas estruturas no cultivo de ostras. Outros fatores precisam ainda ser melhor analisados para se determinar qual seria a periodicidade ideal para lavação de lanternas, como por exemplo: taxa de mortalidade, índice de condicionamento (IC), etc.

## APÊNDICE 2: Metodologia de projeto

### Processo de desenvolvimento de produto

A maioria dos procedimentos pesquisados, sistematizados e descritos na literatura tem seu enfoque dado ao processo de projeto, que está embutido num processo mais amplo, o processo de desenvolvimento do produto, como mostra de forma resumida a FIG. AP 2.1.

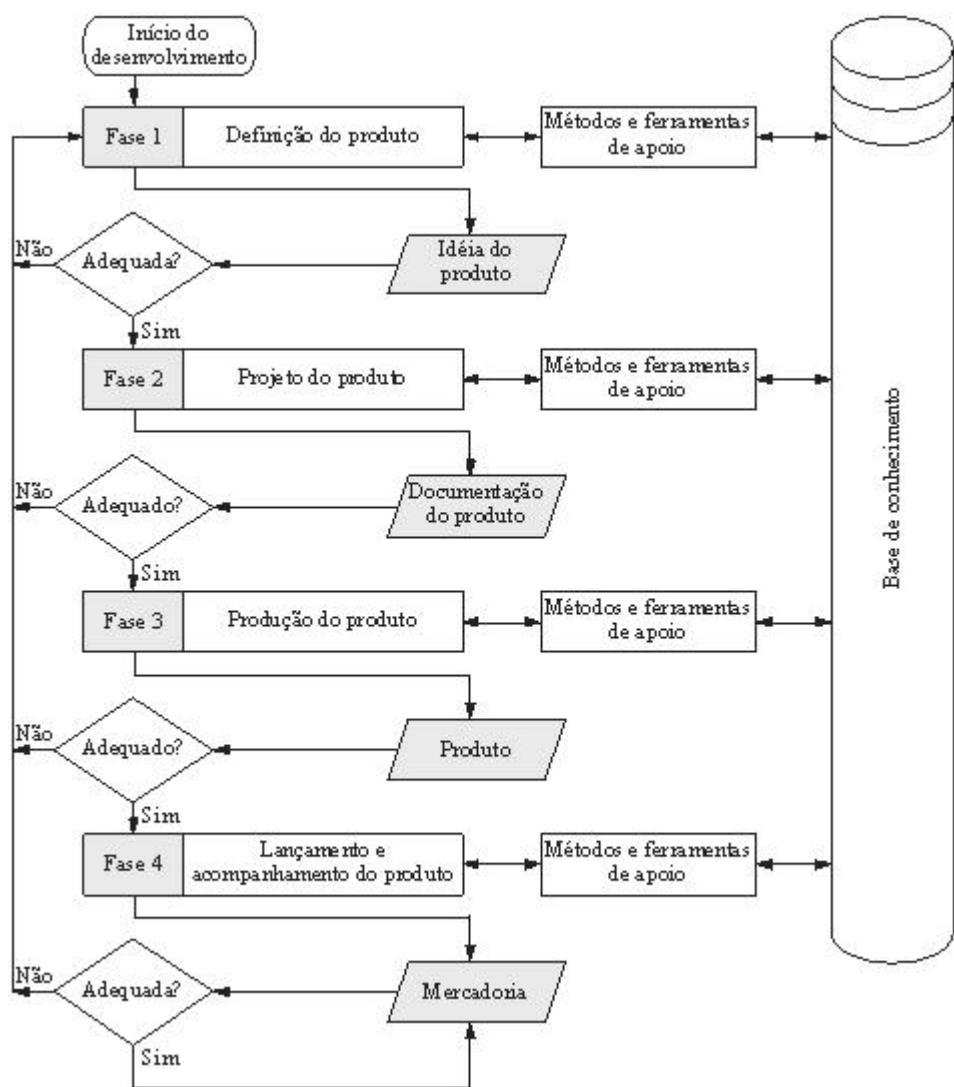


FIGURA AP 2.1 –Processo de desenvolvimento de produtos.

A metodologia prescritiva apresentada neste trabalho tem seu enfoque no processo de projeto do produto. O esforço para se formular um método para o projeto de produtos não é algo novo; já em Reuleaux (1850) apud Hubka (1976) e Rieder (1919) apud Hubka (1976) pode-se encontrar considerações neste sentido. O modelo de projeto de produto proposto utilizado como base metodológica para a solução do problema de projeto abordado nesta dissertação, além de se tratar de um modelo completo, foi utilizado ainda devido aos resultados positivos que vêm sendo verificados nos trabalhos realizados no NeDIP. Nesse modelo, o projeto é subdividido em quatro fases: (a) projeto informacional; (b) projeto conceitual; (c) projeto preliminar e (d) projeto detalhado. Os modelos de produto gerados em cada uma das fases são por ordem: (i) especificações de projeto; (ii) concepção; (iii) leiaute definitivo e (iv) documentação. Na FIG. AP 2.2 pode-se observar o fluxo de informações entre as fases, assim como o resultado obtido em cada uma delas e alguns momentos de tomada de decisão.

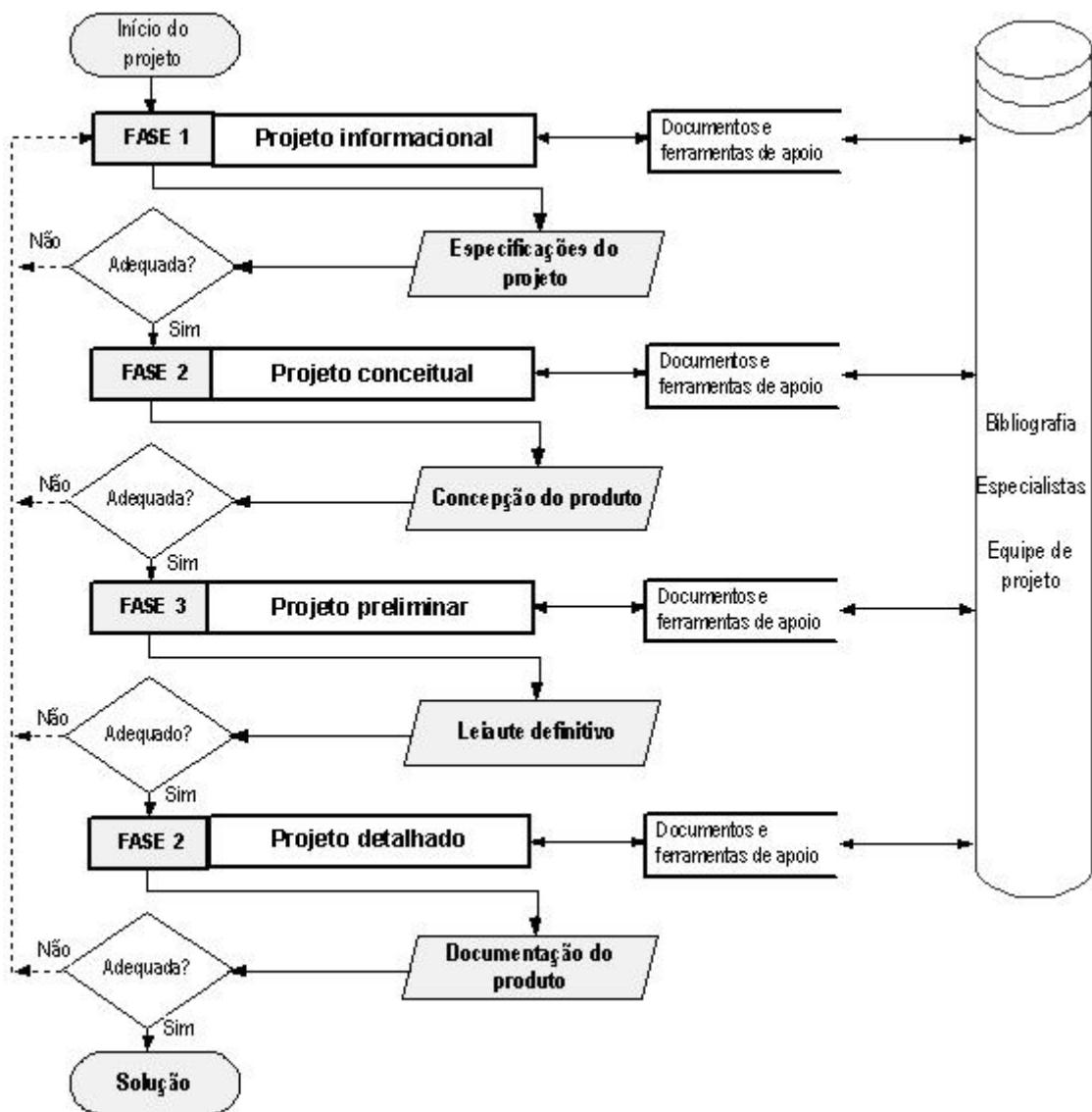


FIGURA AP 2.2 – Modelo de processo de projeto adotado (Reis, 2003).

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos na área de Metodologia de Projeto como, entre outros, Fonseca (2000), que discorreu sobre a fase de Projeto Informacional, Ferreira (1997) e Ogliari (1999), que explanaram a fase de Projeto Conceitual e Arend (2003), que propôs uma sistematização das fases de projeto

preliminar e detalhado. A metodologia desenvolvida nestes e em outros trabalhos vem sendo aplicada para o desenvolvimento de protótipos, o que foi feito, entre outros, por Menegatti (2003), Reis (2003) e Scalice (2003) e será feito neste trabalho. Estes autores, entre outros, além disso, colaboraram de alguma forma para o aprimoramento da metodologia, fazendo algumas modificações de forma a adaptá-la aos seus trabalhos. Isso é possível de ser feito, uma vez que a metodologia não é e não deve ser utilizada como se fosse algo estático, e sim algo que sofre constantes alterações para melhor se ajustarem aos fins a que se destinam. Também neste trabalho algumas modificações foram feitas, visto que a metodologia apresentada pelos autores acima citados tem sido geralmente aplicada para casos de projeto de sistemas já existentes ou projetos inovadores. Porém, este trabalho trata de um projeto criativo. Segundo Maher e Gero (1987) apud Chakrabarti e Bligh (2001), a diferença entre projeto inovador e projeto criativo é que o primeiro é uma adaptação de algum protótipo já existente, enquanto que o segundo é a criação de um protótipo.

Outras modificações feitas na metodologia utilizada neste trabalho em relação à utilizada pelos autores na bibliografia consultada referem-se à diferença entre desenvolver um produto comercial e desenvolver um protótipo. O objetivo deste trabalho, devido à limitação de recursos, não é desenvolver um produto comercial, mas sim um protótipo, com o qual será possível testar os princípios de solução pesquisados e implementá-los na forma de um sistema físico. Desta forma, o processo de projeto de produtos utilizado para o desenvolvimento do protótipo foi resumido em algumas partes. Para as fases de Projeto Informacional e Conceitual, praticamente não houve alterações. Portanto nestas fases o projeto foi executado seguindo-se as mesmas fases que seriam seguidas para o desenvolvimento de um produto comercial. No entanto, as fases finais foram resumidas, unindo-se as fases de Projeto Preliminar, Detalhado e Construção do Protótipo em um capítulo, suprindo-se as etapas referentes ao desenvolvimento de um produto comercial.

## 2.2. Projeto Informacional

O Projeto Informacional é a primeira fase do processo de projeto e uma das mais importantes, pois decisões tomadas durante sua execução refletem no desenvolvimento de todo o trabalho subsequente. Esta fase consiste na análise detalhada do problema de projeto, buscando-se o máximo de informações necessárias ao pleno entendimento do problema. O resultado obtido ao final dessa fase é o Quadro de Especificações do Projeto, que representa os objetivos que o produto deve atender (Roozenburg e Eekels, 1995 apud Reis et al., 2003a), de acordo com os requisitos do projeto e com os requisitos dos clientes. Um resumo desta fase é apresentado na FIG. AP 2.3.

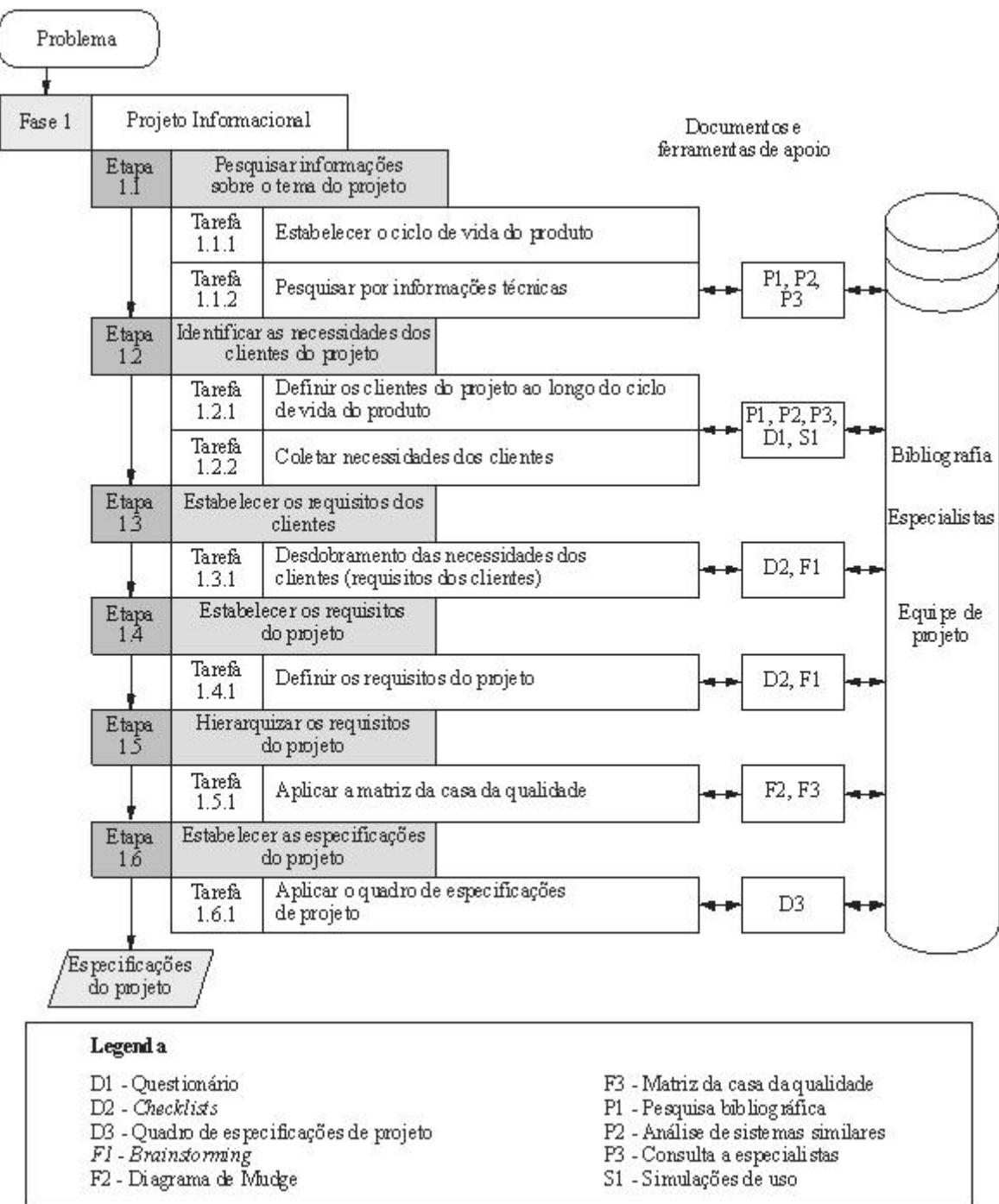


FIGURA AP 2.3 – Etapas do Projeto Informacional.

### 2.3. Projeto Conceitual

No Projeto Conceitual as informações resultantes da fase anterior, as Especificações do Projeto, são transformadas em uma Concepção, onde se pode visualizar pela primeira vez no projeto a forma do produto final. Essa Concepção, resultado final desta fase, é formada por um conjunto de princípios de solução destinados a atender as funções do produto e que, portanto, satisfaz as Especificações do Projeto. Para que isso fosse alcançado, foi seguido o modelo sistemático de Pahl e Beitz (1996), também adotado por Ferreira (1997) em seu estudo sobre o Projeto Conceitual e por Reis (2003) entre outros (FIG. AP 2.4). Assim, o Projeto Conceitual foi basicamente dividido em duas subfases: a análise funcional e a síntese de soluções.

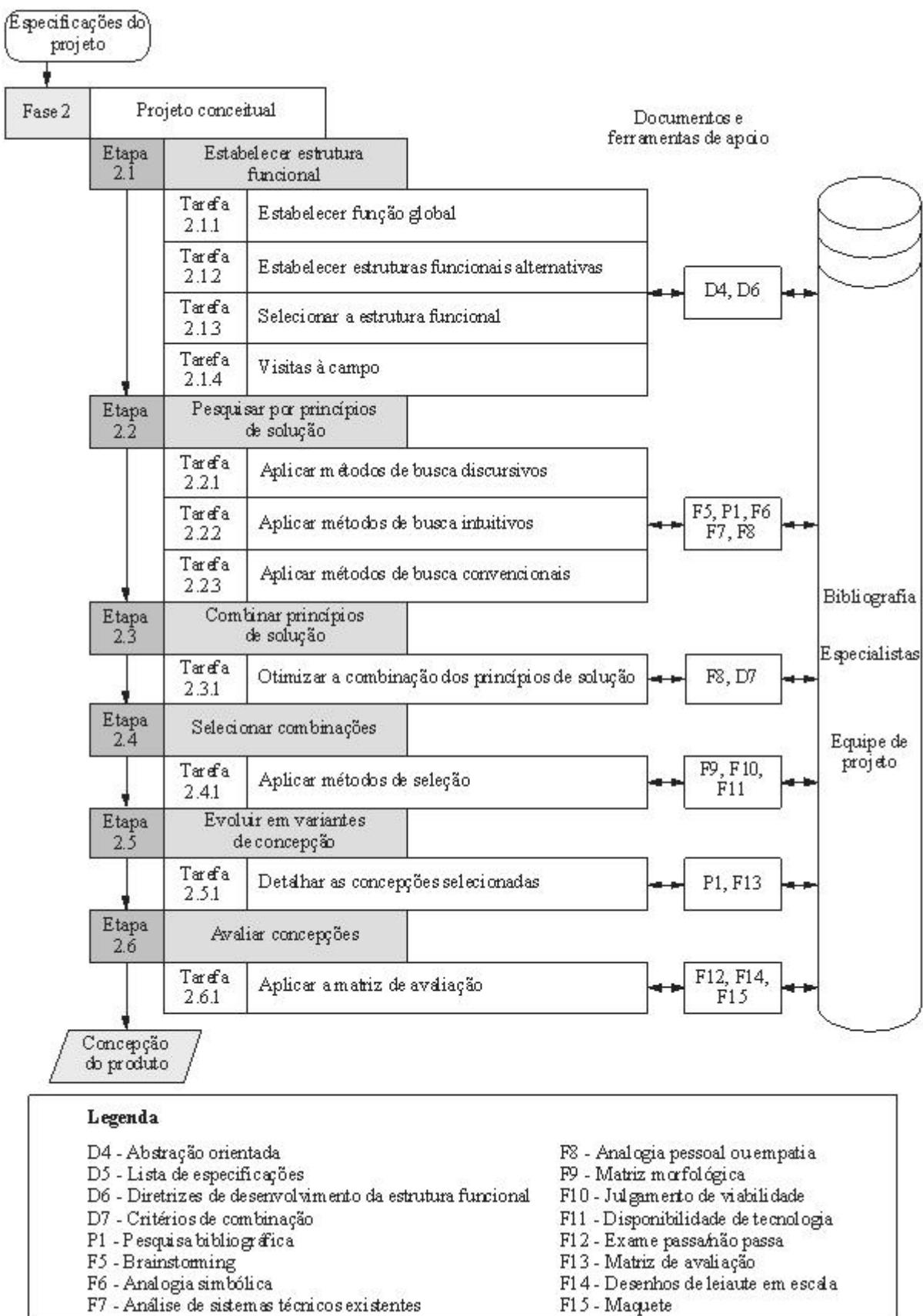


FIGURA AP 2.4 – Etapas do Projeto Conceitual

## 2.4. Projeto Preliminar e Detalhado

O Projeto Preliminar, segundo Pahl e Beitz (1996), é a fase do processo de projeto na qual, partindo da concepção de um produto técnico, o projeto é desenvolvido, de acordo com critérios técnicos e econômicos e à luz de informações adicionais, até o ponto em que o projeto detalhado subsequente possa conduzir diretamente à produção. Os mesmos autores indicam que nem sempre é possível traçar um plano estrito para esta fase, mas propõem alguns passos a serem seguidos. Devido a restrições de escopo do trabalho, algumas etapas do processo proposto por Pahl e Beitz (1996) foram excluídas.

A última fase do processo de projeto é o Projeto Detalhado. Ela deve fornecer toda a documentação necessária para que a equipe de produção possa fabricar o projeto desenvolvido. Nesta fase, alguns autores propõem que sejam planejadas todas as etapas referentes ao lançamento do produto no mercado, como, por exemplo, planejar embalagem, criar materiais de suporte e homologar o produto (Arend, 2003). Devido às limitações da pesquisa, esta fase foi resumida somente à preparação de documentos para a fabricação do protótipo.

Visando atingir os objetivos deste trabalho e tomando-se por base a metodologia proposta por Pahl e Beitz (1996), uma síntese das atividades proposta para as fases de Projeto Preliminar e Detalhado é apresentada na FIG. AP 2.5.

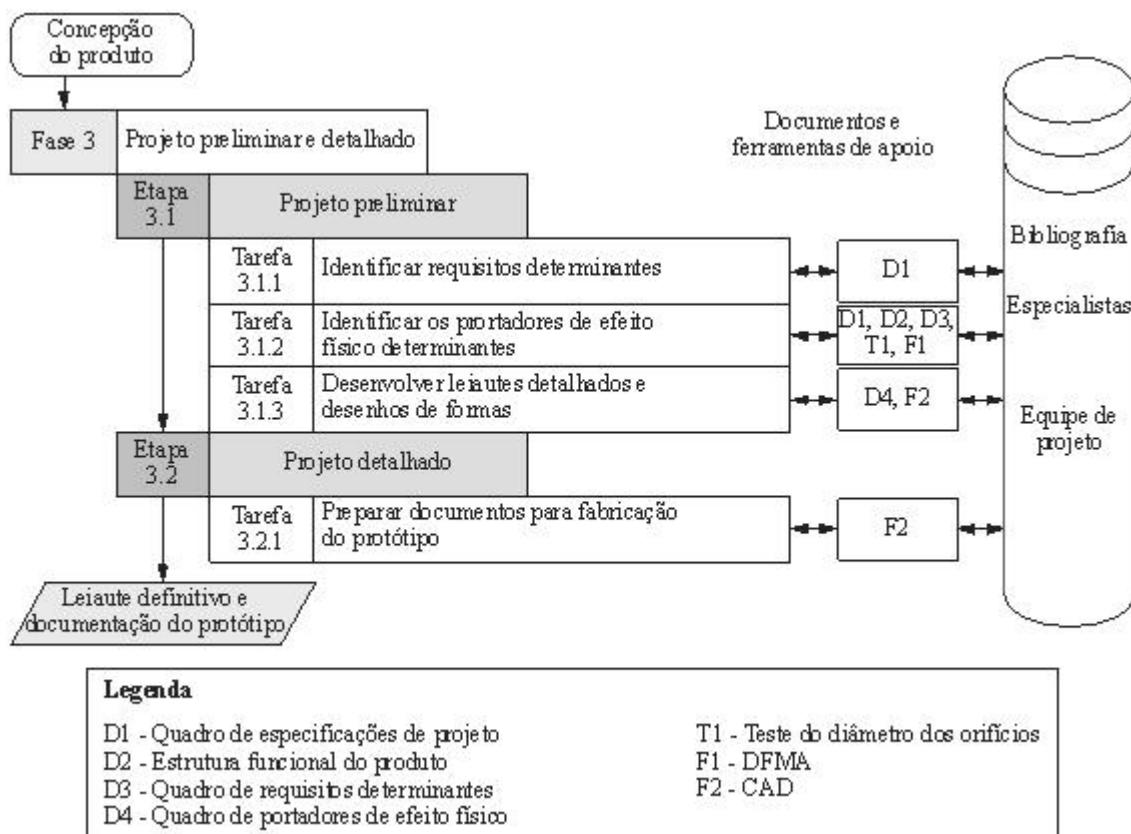


FIGURA AP 2.5 – Etapas do Projeto Preliminar e Detalhado

## APÊNDICE 3: Guia de Entrevista

01- Como você encara a atual situação da mecanização do cultivo de ostras na sua região?

- É de fundamental importância o desenvolvimento de máquinas e equipamentos para auxiliar os produtores no manejo da produção
- O desenvolvimento de máquinas e equipamentos é de importância relativa (importante somente para os grandes produtores)
- O desenvolvimento de máquinas e equipamentos não é importante
- Não sei

02- Você acredita que a mecanização dos cultivos é um fator que interfere no crescimento da sua produção?

- Sim. Por que?
- Não. Por que?
- Não sei

03- Existem outros fatores que interferem no crescimento da sua produção?

- Sim. Quais?
- Não.
- Não sei

04- Que equipamentos são utilizados para a lavação de lanternas? Caso não utilize, pular para questão 9.

05- Você compartilha o uso de equipamentos com outros produtores?

- Sim. Por que?
- Não. Por que?

06- Você utiliza algum equipamento embarcado?

- Sim. Por que?
- Não. Por que?

07- Como é feita a manutenção desses equipamentos?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Pessoalmente. Por que? | <input type="checkbox"/> Terceiros Por que? |
| <input type="checkbox"/> Outra forma. Qual?     |   |

08- Qual foi o custo dele(s)?

- |     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| R\$ | <input type="checkbox"/> não sabe |
|-----|-----------------------------------|

09- Você realiza a lavação de lanternas com ostras dentro? Se não, ir para questão 17.

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Sim. | <input type="checkbox"/> Não. Por que? |
|-------------------------------|--|

10- Você considera a lavação de lanternas com ostras mais difícil do que sem ostras?

- Com ostras. Por que?
- Sem ostras. Por que?
- Ambas. Por que?
- Nenhuma. Por que?

11- Você utiliza alguma técnica para inibir a presença de *fouling* nas lanternas?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Castigo seco. Por que?    | <input type="checkbox"/> Química. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Castigo molhado. Por que? | <input type="checkbox"/> Outra. Qual?      |
| <input type="checkbox"/> Térmica. Por que?         | <input type="checkbox"/> Nenhuma. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Ouriço. Por que?          |  |

12- Com que freqüência é realizada a tarefa de lavação de lanternas em sua fazenda marinha?

	Berçário	Intermediária	Final
Com ostras			
Sem ostras			

13- Como são retiradas as lanternas da água? Quantas pessoas são necessárias para isso?

14- Você utiliza alguma técnica para facilitar a lavação de lanternas?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Química. Por que?          | <input type="checkbox"/> Outras. Por que?  |
| <input type="checkbox"/> Exposição ao Sol. Por que? | <input type="checkbox"/> Nenhuma. Por que? |

15- O que é feito com os resíduos de lavação?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Devolvidos ao mar        | <input type="checkbox"/> Outras formas de coleta |
| <input type="checkbox"/> Recolhidos e armazenados | <input type="checkbox"/> Não há preocupação      |

16- O que você considera como o maior problema ao executar a lavação de lanternas? Dê notas de 1 a 10.

a) Com ostras

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> tempo gasto                  | <input type="checkbox"/> tempo gasto                  |
| <input type="checkbox"/> esforços físicos necessários | <input type="checkbox"/> esforços físicos necessários |
| <input type="checkbox"/> consumo elevado de água      | <input type="checkbox"/> consumo elevado de água      |
| <input type="checkbox"/> stress nas ostras            | <input type="checkbox"/> mal cheiro na fazenda        |
| <input type="checkbox"/> transporte até o rancho      | <input type="checkbox"/> outros. Quais?               |
| <input type="checkbox"/> outros. Quais?               |   |

b) Sem ostras

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> tempo gasto                  | <input type="checkbox"/> tempo gasto                  |
| <input type="checkbox"/> esforços físicos necessários | <input type="checkbox"/> esforços físicos necessários |
| <input type="checkbox"/> consumo elevado de água      | <input type="checkbox"/> consumo elevado de água      |
| <input type="checkbox"/> mal cheiro na fazenda        | <input type="checkbox"/> mal cheiro na fazenda        |
| <input type="checkbox"/> outros. Quais?               | <input type="checkbox"/> outros. Quais?               |

17- Você teria interesse em ter uma máquina para lavar lanternas?

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Sim. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Não. Por que? |

18- Para você é importante que a lavadora possa ser utilizada em diversos locais na fazenda?

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Sim. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Não. Por que? |

19- É interessante para você que a lavadora ocupe pouco espaço?

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Sim. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Não. Por que? |

20- Você gostaria que a lavação de lanternas fosse realizada embarcada?

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Sim. Por que? |
| <input type="checkbox"/> Não. Por que? |

21- Quanto à vida útil, qual é um valor razoável de duração da lavadora?

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 3 anos | <input type="checkbox"/> 10 anos            |
| <input type="checkbox"/> 5 anos | <input type="checkbox"/> outro valor. Qual? |
| <input type="checkbox"/> 8 anos | <input type="checkbox"/> não sabe           |

#### CARACTERÍSTICAS E INFRA-ESTRUTURA DO PRODUTOR

Nome: \_\_\_\_\_ Região: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Número e parentesco das pessoas que trabalham no cultivo:

Outra atividade exercida além do cultivo de ostras:

Trabalha em cooperativas ou sozinho?

Possui treinamento para a atividade?

Número de sementes compradas:

Atual produção:

Número de lanternas no cultivo:

Dispõe de sistema de bombeamento de água:

Embarcação utilizada para o manejo (foto):

Deseja expandir a produção?

Dispõe de área excedente?

## APÊNDICE 4: Diagrama de Mudge

Requisitos dos Clientes																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S	%
1	01B	01A	01A	01A	01B	01A	01A	01A	01B	01B	01B	01A	01B	01A	01A	61	28,64
2	02C	04C	02C	02C	02C	02C	08C	09C	10B	11C	12C	13C	02C	02C	7	3,29	
3	04C	05C	06C	07C	08B	09B	10B	11B	12C	13C	14C	15C	03B	3	1,41		
4	04C	04C	04C	04C	04B	04C	10A	11B	04B	04C	04B	04C	04C	04B	20	9,39	
5	05C	05C	08C	09C	10A	11B	05C	05B	05C	15A	05C	9	4,23				
6	06C	08C	06C	10A	11B	06B	06C	06C	06C	06B	06B	12	5,63				
7	08C	09C	10A	11C	07B	07C	07B	07C	07C	07C	07C	10	4,69				
8	08B	10C	11C	08B	08B	08B	08B	08B	08B	08B	08B	25	11,74				
9	10A	11B	12B	13C	09C	09C	09B	11	5,16								
10	10B	10B	10C	10C	10A	10C	10C	10A	10A	10A	10A	50	23,47				
11	11B	11B	11B	11A	11C	11C	11A	11A	11A	11A	11A	35	16,43				
12	12B	12B	12B	12C	12C	12C	12C	12C	12C	12C	12C	13	6,10				
13	13C	13C	13C	13C	13C	13C	13C	13C	13C	13C	13C	6	2,82				
14	15C	14C	14C	14C	14C	14C	14C	14C	14C	14C	14C	2	0,94				
15	15	15B	10	4,69													
16	16	0	0,00														
															213	100,00	

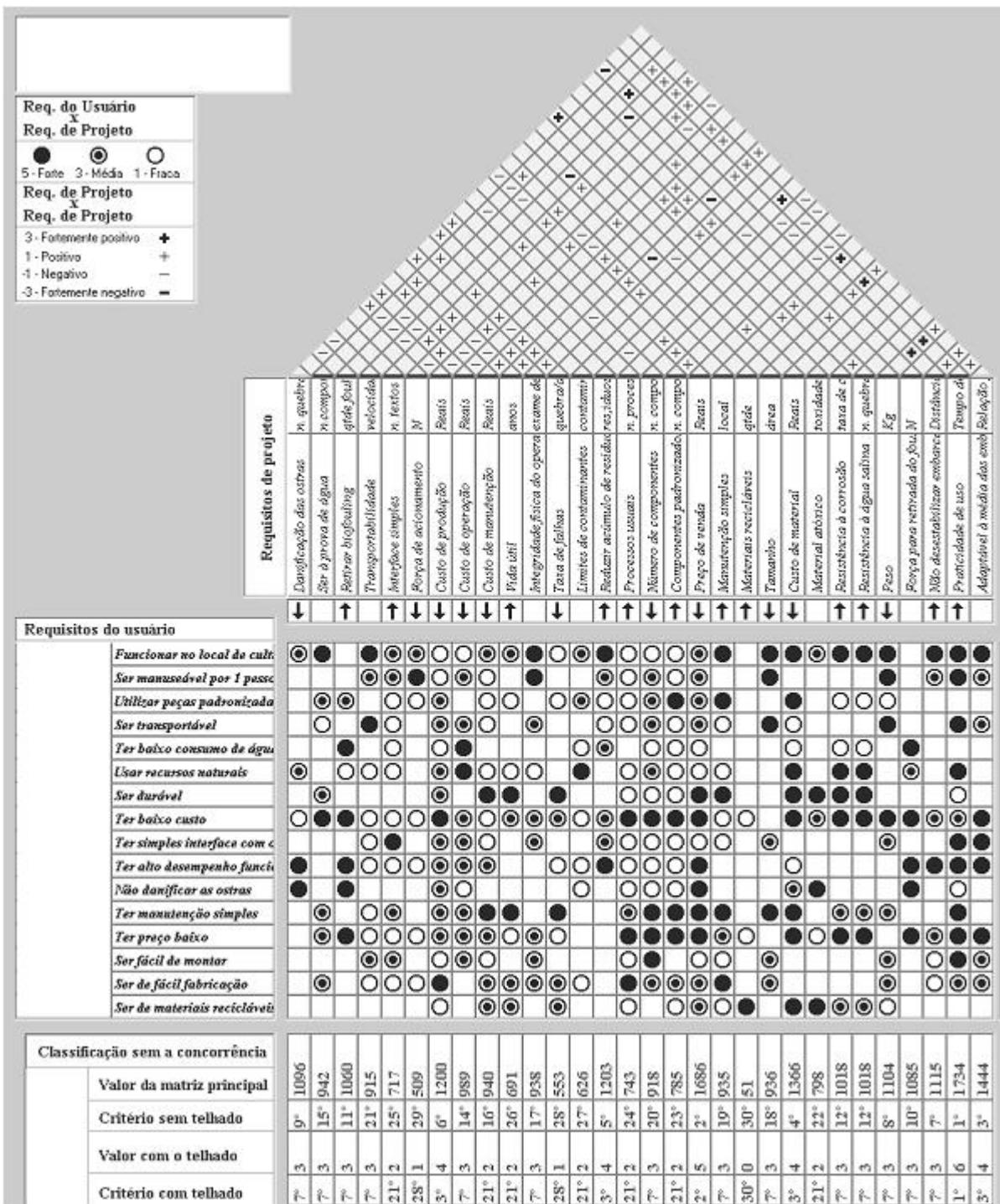
REQUISITOS DOS CLIENTES

- 1 Funcionar no local de cultivo
- 2 Ser manuseável por 1 pessoa
- 3 Utilizar peças padronizadas
- 4 Ser transportável
- 5 Ter baixo consumo de água
- 6 Usar recursos naturais
- 7 Ser durável
- 8 Ter baixo custo
- 9 Ter simples interface com usuário
- 10 Ter alto desempenho funcional
- 11 Não danificar as ostras
- 12 Ter manutenção simples
- 13 Ter preço baixo
- 14 Ser fácil de montar
- 15 Ser de fácil fabricação
- 16 Ser de materiais recicláveis

Ex.: 01B significa que o requisito 01 é "mais importante" do que 02

A - muito mais importante  
B - mais importante  
C - pouco mais importante

## **APÊNDICE 5:** Matriz da casa da qualidade



## APÊNDICE 6: Estrutura Funcional

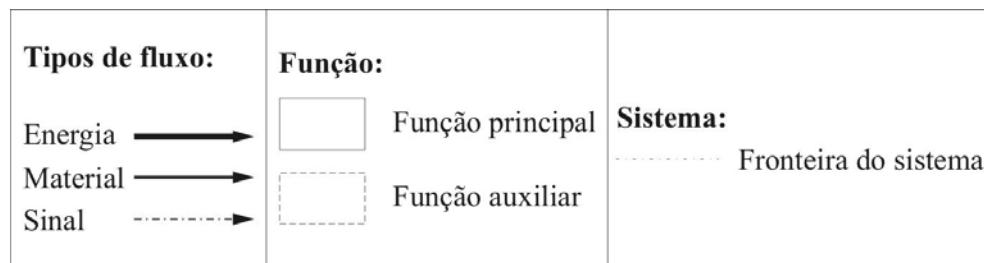


FIGURA AP 6.1 – Símbolos para a elaboração de uma estrutura de funções (Pahl e Beitz, 1996).

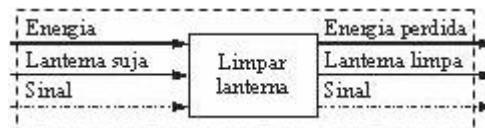


FIGURA AP 6.2 – Nível 0 da estrutura funcional: Função Global.

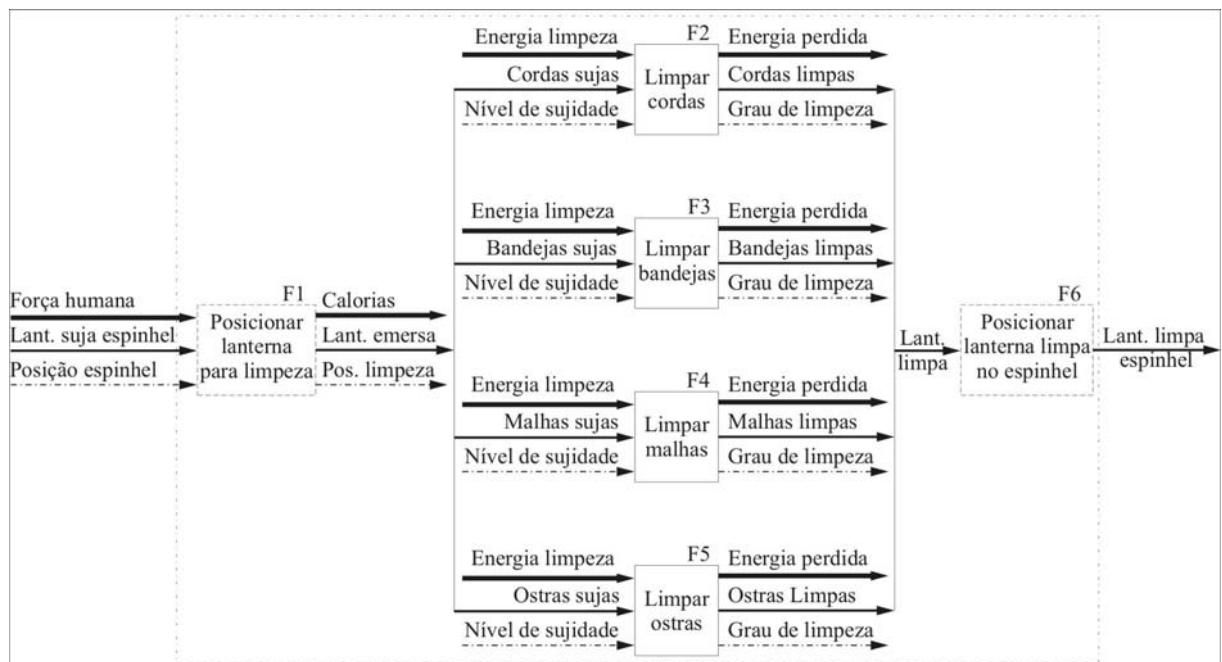


FIGURA AP 6.3 – Nível 1 da estrutura funcional: funções principais e auxiliares.

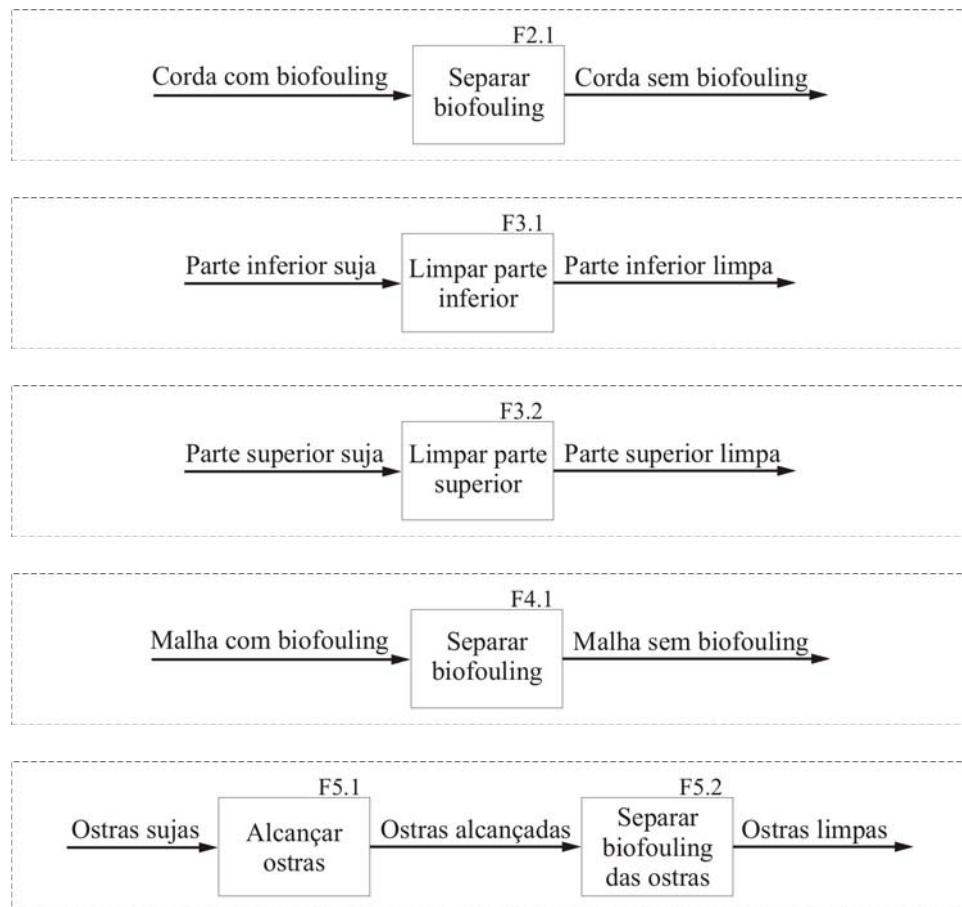


FIGURA AP 6.4 – Nível 2 da estrutura funcional: subfunções e funções elementares.

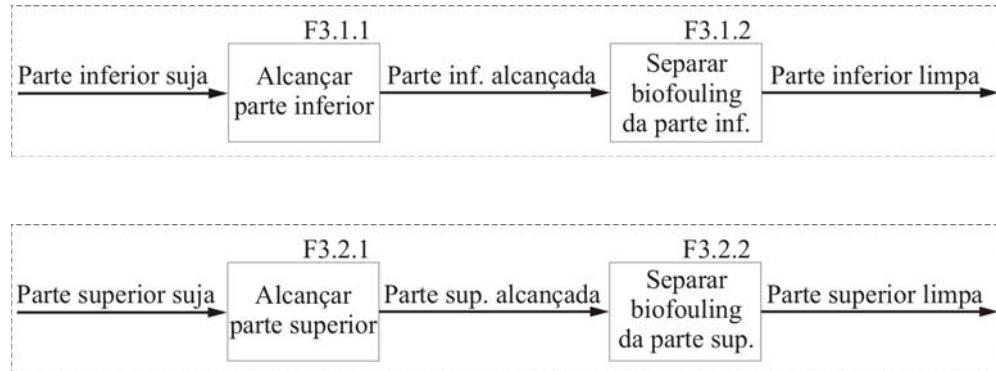
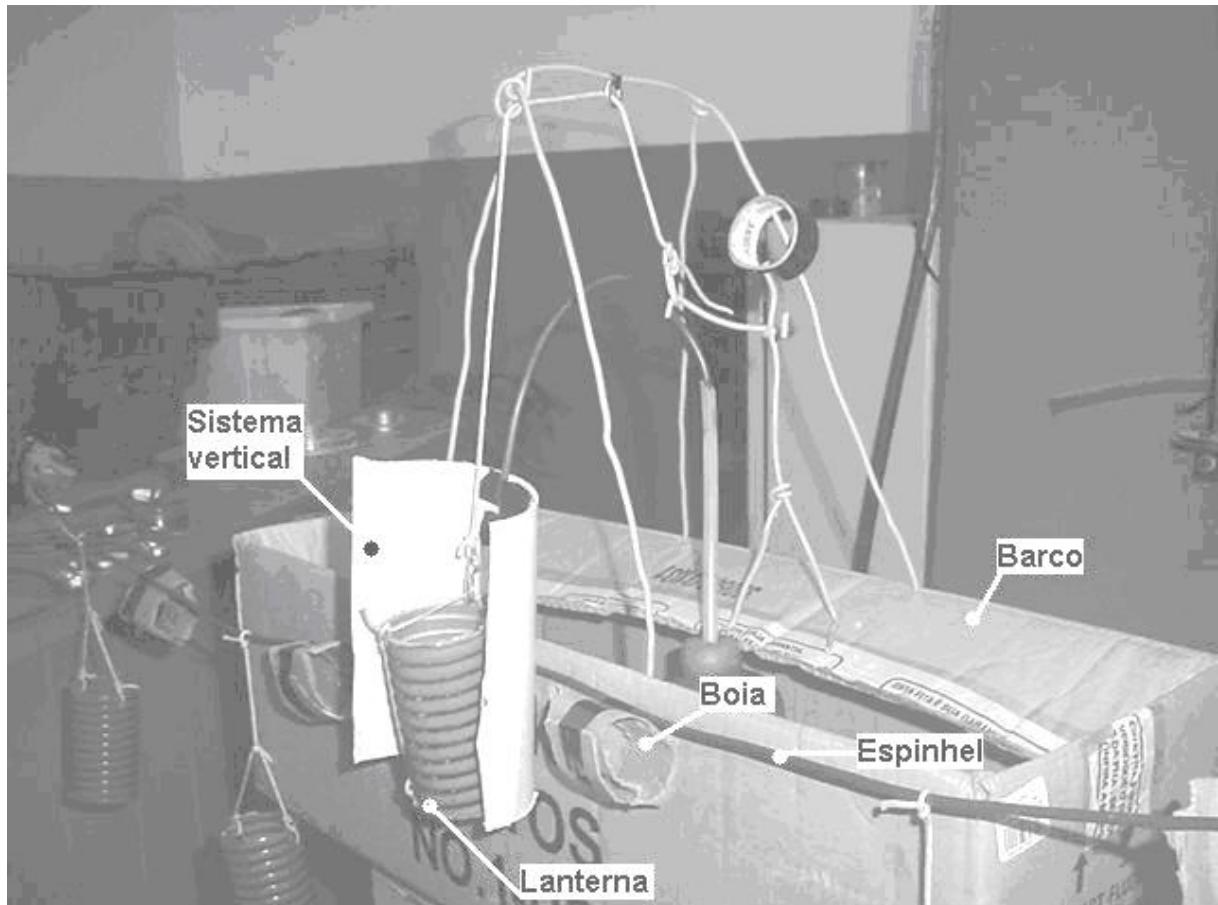
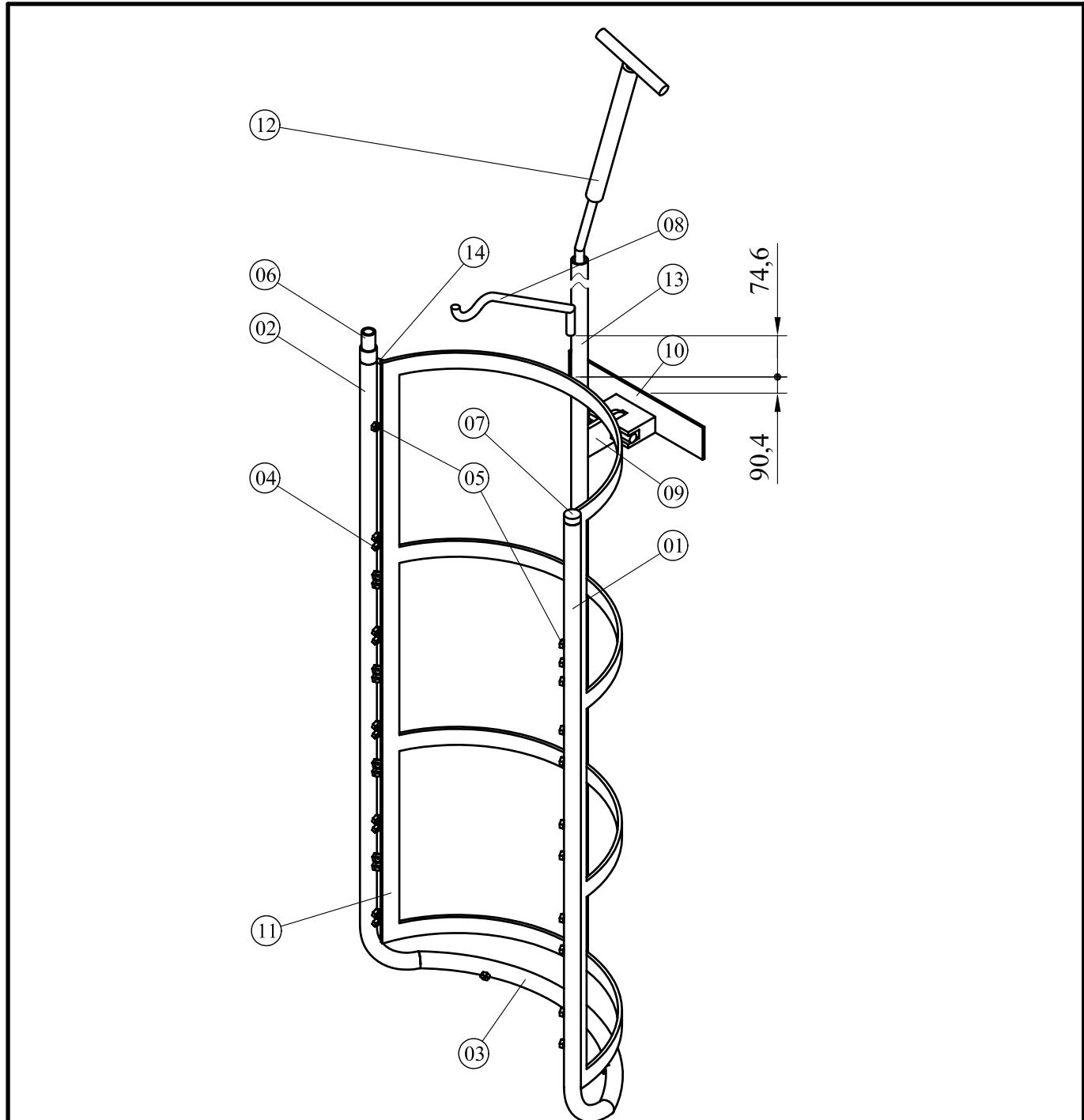


FIGURA AP 6.5 – Nível 3 da estrutura funcional: funções elementares.

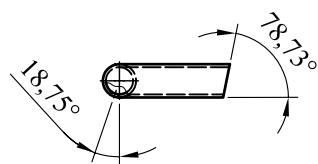
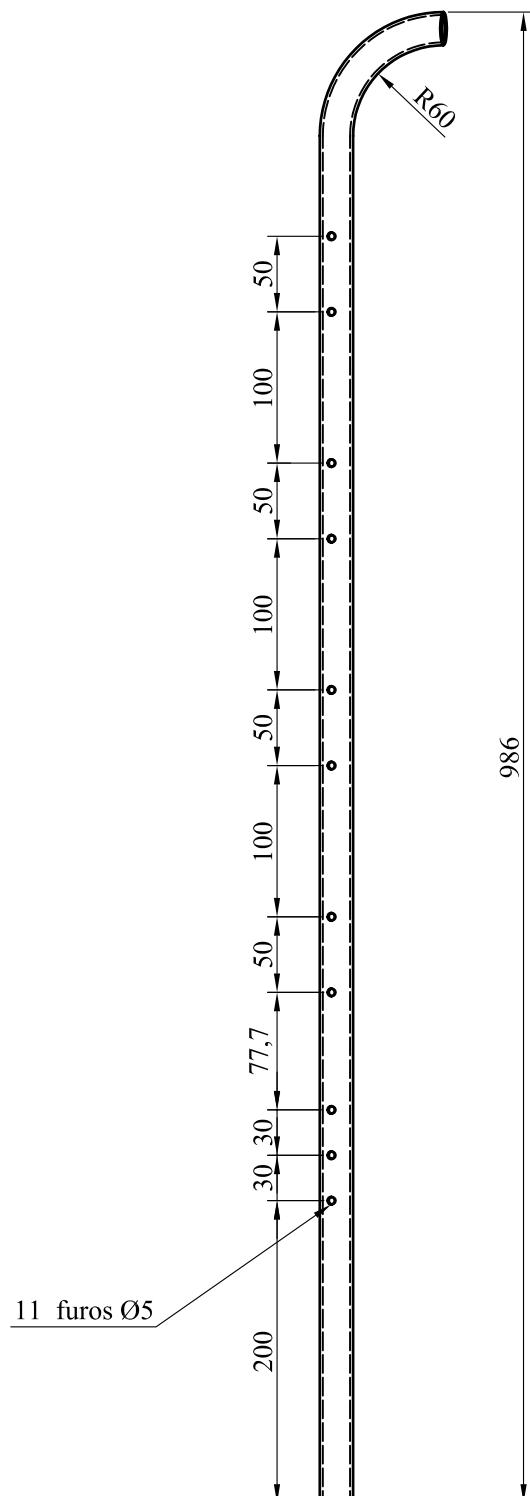
**APÊNDICE 7:** Maquete do sistema de cultivo

**APÊNDICE 8:** Desenhos técnicos do protótipo

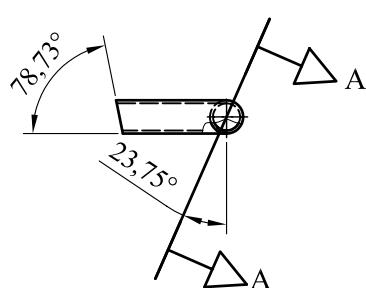
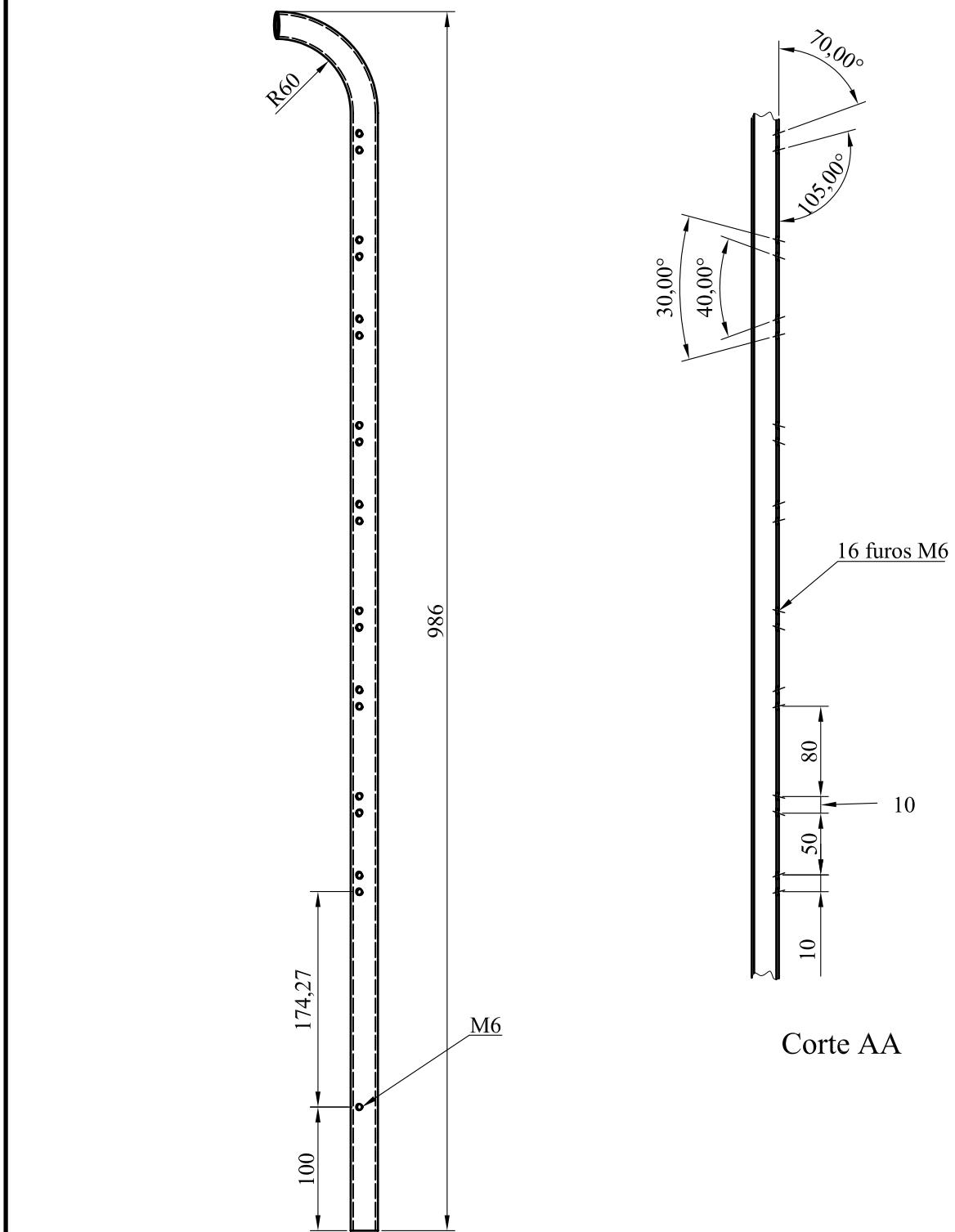


Peça	Descrição	Quant.	Material
14	Barra Ø10 x 30	02	Aço inox
13	Eixo da alavancaria	01	Aço inox
12	Alavancaria	01	Aço inox
11	Chassi	01	Aço inox
10	Apoio da articulação	01	ABNT 1020
09	Articulação	01	ABNT 1020
08	Gancho	01	Aço inox
07	Tampão	01	Aço inox
06	Entrada da mangueira	01	Aço inox
05	Bico II	02	Latão
04	Bico I	20	Latão
03	Tubo III	01	Aço inox
02	Tubo II	01	Aço inox
01	Tubo I	01	Aço inox

Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras	Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Montagem geral</b>	
Rev.:	Escala: 1:25	Data: 02/02/2005
		Desenho N°: 00

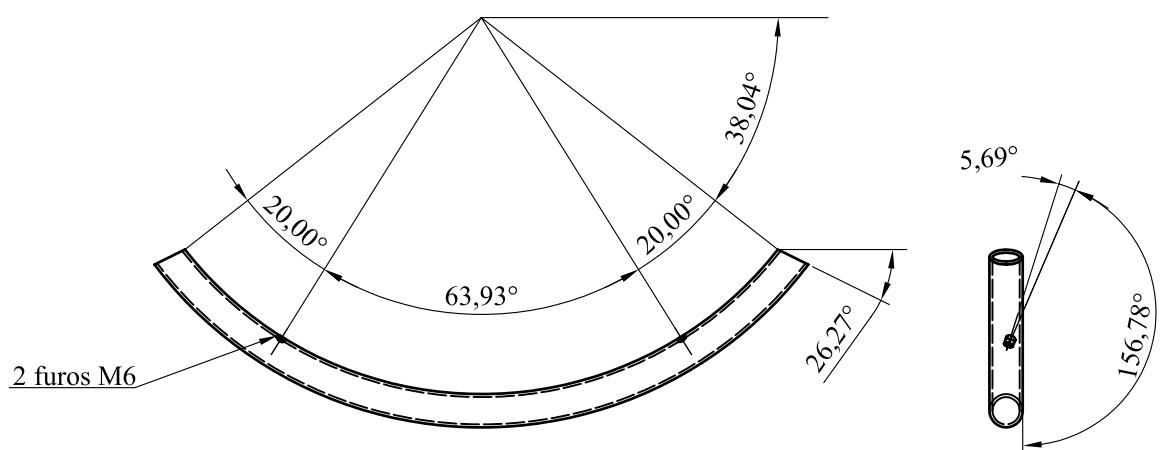


01	Tubo Ø int. 18; Ø est. 22 x 1020	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Tubo I</b>		
Rev.:	Escala: 1:5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 01

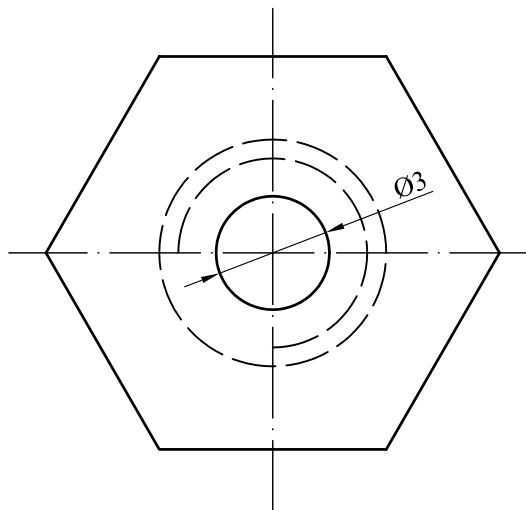
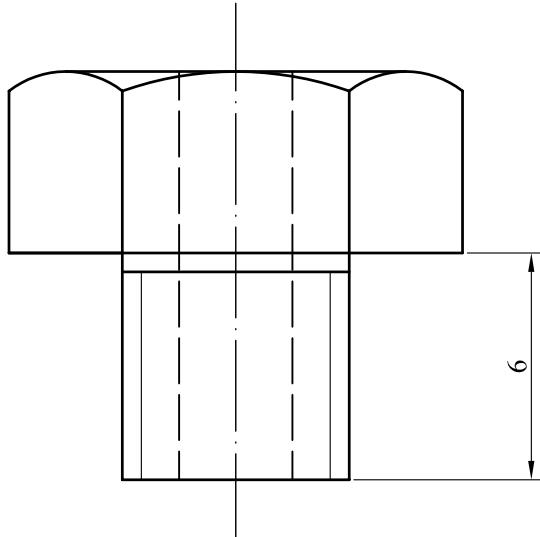


01	Tubo Ø int. 18; Ø ext. 22 x 1020	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto		Desenvolvimento de um sistema para lavagem de lanternas no cultivo de ostras	
		<b>Tubo II</b>	
Rev.:	Escala: 1:5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 02

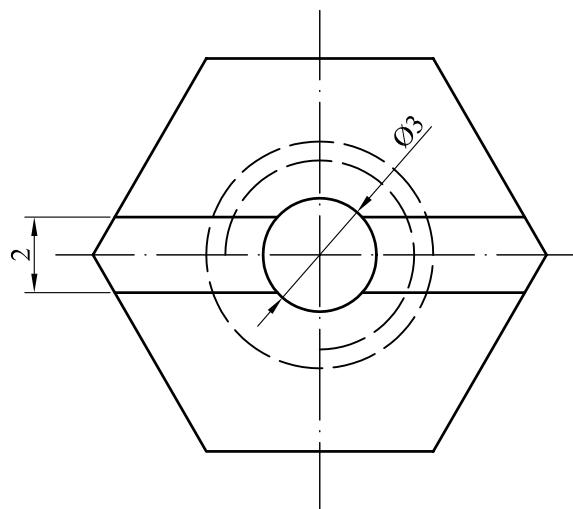
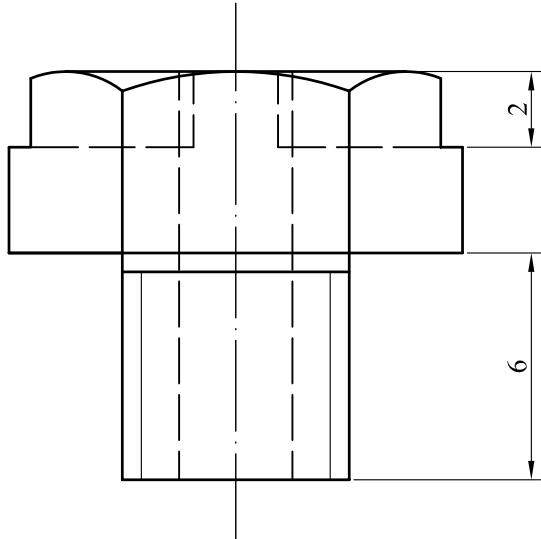
Departamento de  
Engenharia Mecânica  
- UFSC -



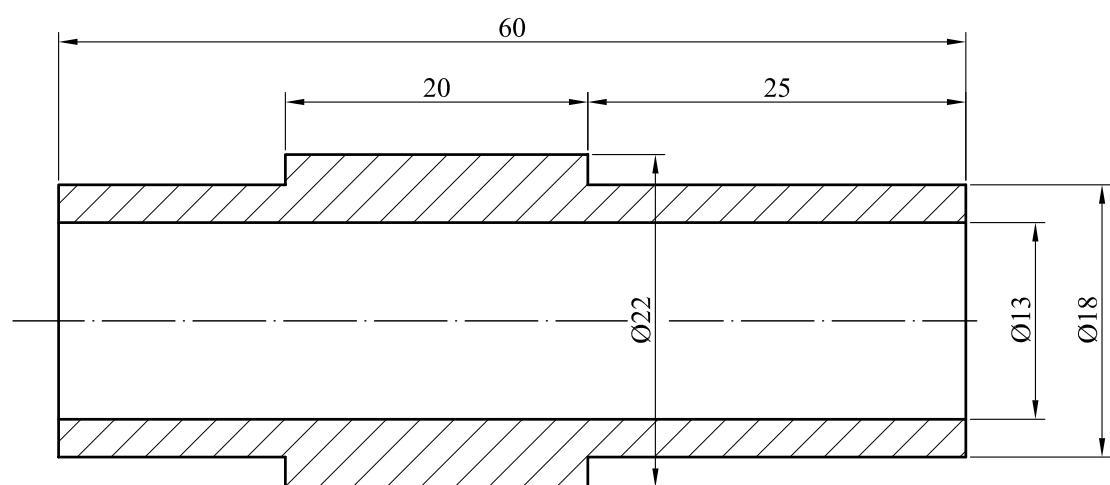
01	Tubo Ø int. 18; Ø ext 22 x 500	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Tubo III</b>		
Rev.:	Escala: 1:5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 03



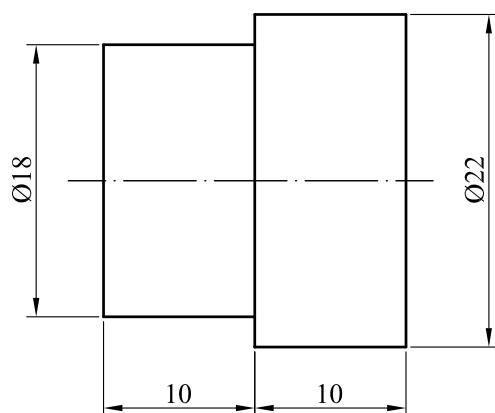
01	Parafuso cabeça sextavada M6	20	Latão
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Bico I</b>		
Rev.:	Escala: 5:1	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 04



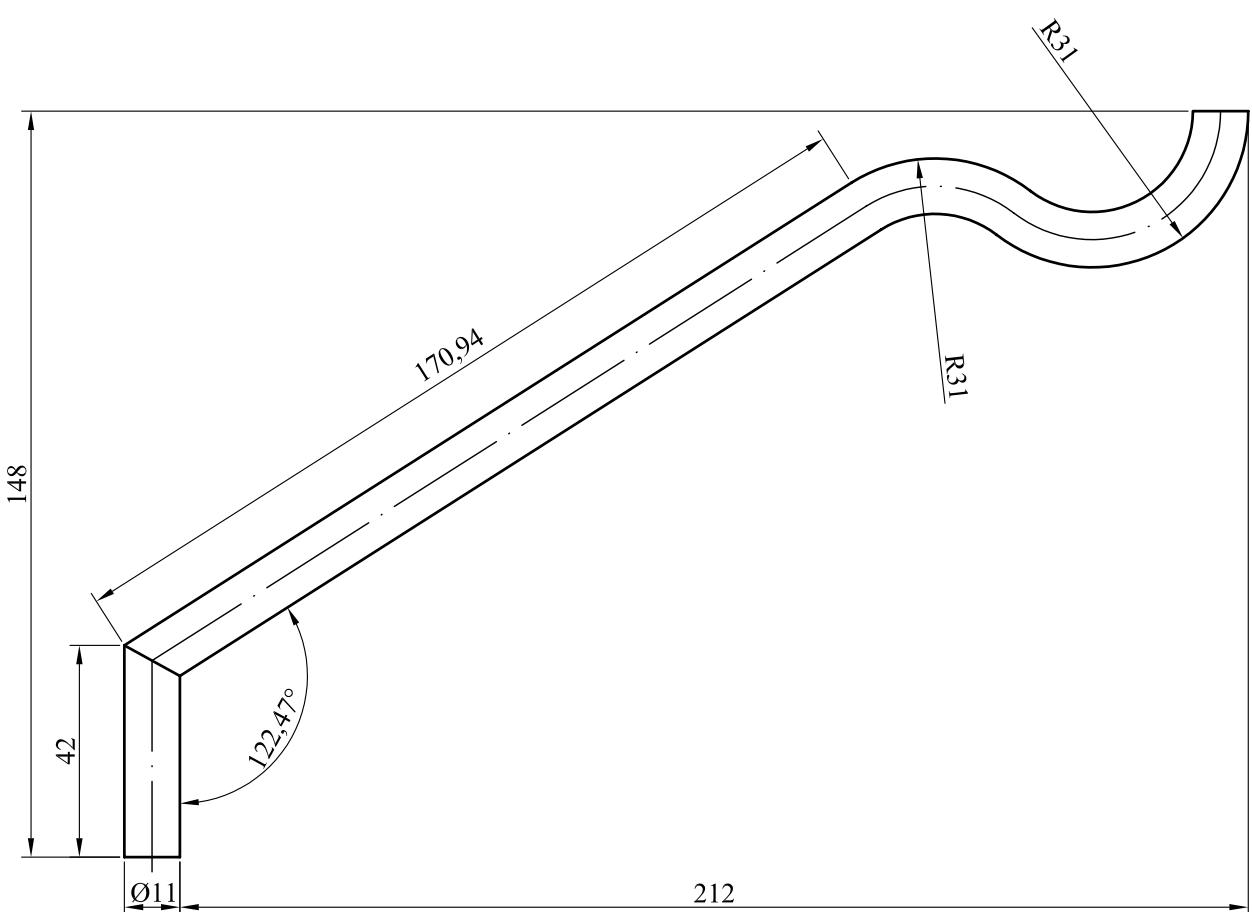
01	Parafuso cabeça sextavada M6	02	Latão
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Bico II</b>		
Rev.:	Escala: 5:1	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 05



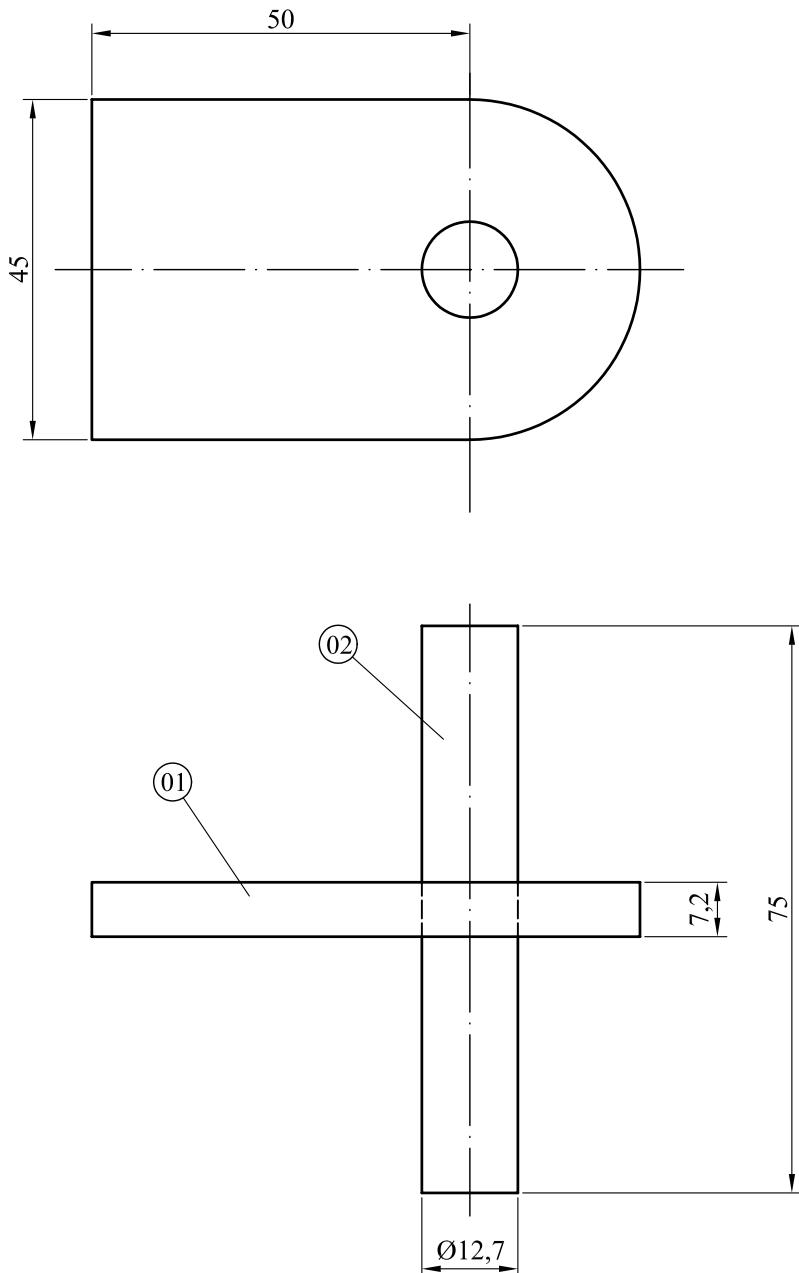
01	Barra Ø22 x 60	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavagem de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Entrada da mangueira</b>		
Rev.:	Escala: 2:1	Data: 03/02/2005	Desenho N°: 06



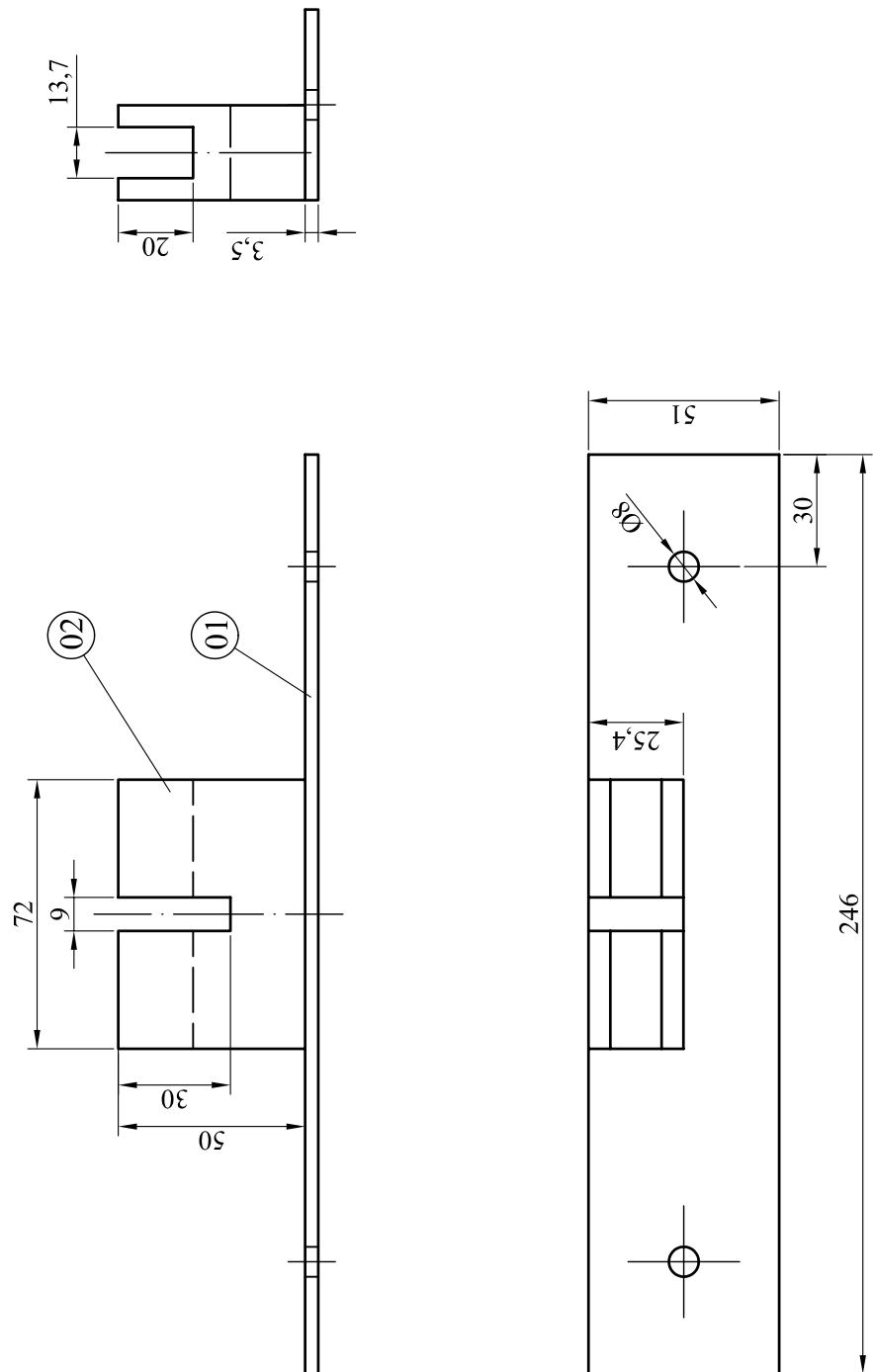
01	Barra Ø 22 x 20	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Tampão</b>		
Rev.:	Escala: 2:1	Data: 03/02/2005	Desenho N°: 07



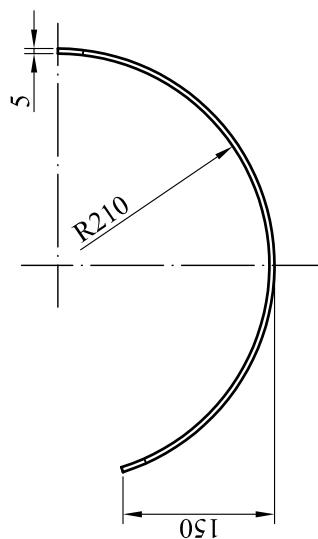
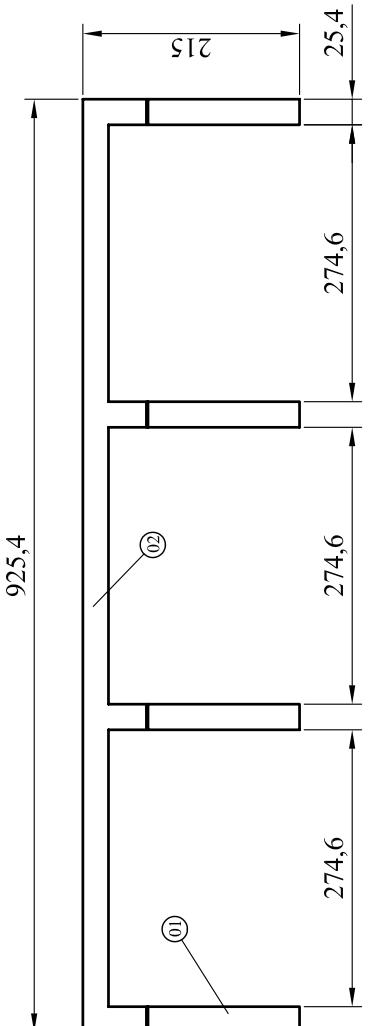
01	Barra Ø 11,7 x 320	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Gancho</b>		
Rev.:	Escala: 1:1,5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 08



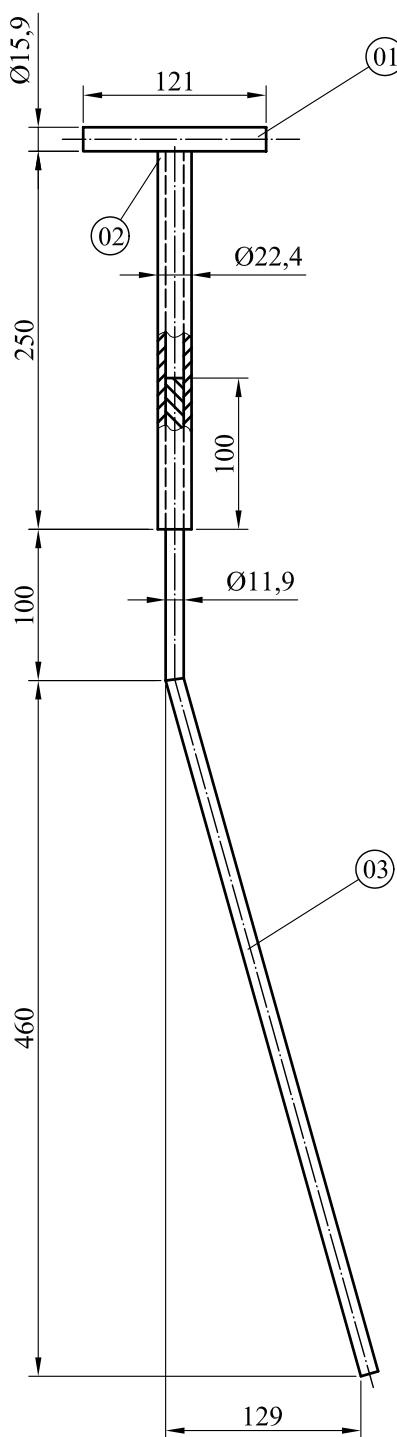
Peça	Descrição	Quant.	Material
02	Barra Ø 12,7 x 75	01	Aço inox
01	Chapa 73 x 7,2 x 45	01	Aço inox
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto		Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras	
		Articulação	
Rev.:	Escala: 1:1	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 09



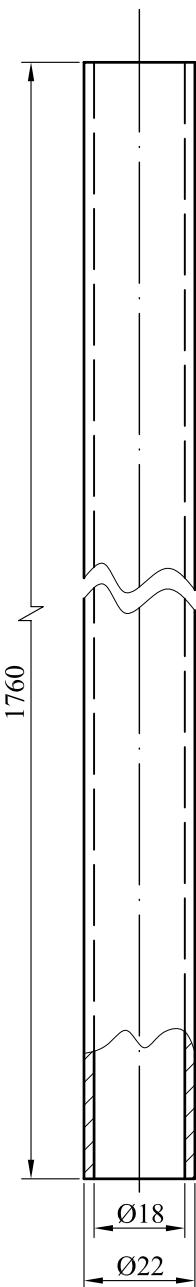
02	Chapa 72 x 50 x 25,4	01	ABNT 1020
01	Chapa 246 x 51 x 3,5	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto		Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras	
Apoio da articulação			Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
Rev.:	Escala: 1:2	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 10



Peça	Descrição	Quant.	Material
02	Chapa 926 x 5 x 25,4	04	Aço inox
01	Chapa 605 x 5 x 25,4	02	Aço inox
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto		Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras	
		Chassi	
Rev.: _____		Data: 02/02/2005	Desenho N°: 11
Escala: 1:7,5		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -	



03	Barra $\varnothing$ 11,9 x 580	01	Aço inox
02	Tubo $\varnothing$ int. 11,9; $\varnothing$ ext. 22,4 x 250	01	ABNT 1020
01	Tubo $\varnothing$ 15,9 x 121	01	ABNT 1020
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Alavanca</b>		
Rev.:	Escala: 1:5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 12



01	Tubo Ø int. 18; Ø ext. 22 x 1760	01	Aço inox
Peça	Descrição	Quant.	Material
Nedip - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto	Desenvolvimento de um sistema para lavação de lanternas no cultivo de ostras		Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC -
	<b>Eixo da alavanca</b>		
Rev.:	Escala: 1:1,5	Data: 02/02/2005	Desenho N°: 13

## **ANEXOS**

**ANEXO 1:** Legislação para a aquicultura**RESOLUÇÃO CONAMA Nº 020, de 18 de junho de 1986**

Estabelece a classificação das águas de todo território nacional e os limites de contaminantes orgânicos e inorgânicos, segundo seus usos. O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984.

**ÁGUAS SALINAS: VI - Classe 5 - águas destinadas:**

- à recreação de contato primário;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Art. 8º - Para as águas de Classe 5 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas crusas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- g) DBO5 dias a 20°C até 5 mg/l O<sub>2</sub> ;
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O<sub>2</sub> ;
- i) pH: 6,5 à 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

TABELA AN 1 - Substâncias potencialmente prejudiciais.

SUBSTÂNCIA	TEORES MÁXIMOS	SUBSTÂNCIA	TEORES MÁXIMOS
Alumínio:	1,5 mg/l Al	Sulfetos com H2S:	0,002 mg/l S
Amônia não ionizável:	0,4 mg/l NH3	Tálio:	0,1 mg/l Tl
Arsênio:	0,05 mg/l As	Urânio Total:	0,5 mg/l U
Bário:	1,0 mg/l Ba	Zinco:	0,17 mg/l Zn
Berílio:	1,5 mg/l Be	Aldrin:	0,003 - ug/1
Boro:	5,0 mg/l B	Clordano:	0,004 ug/1
Cádmio:	0,005 mg/l Cd	DDT:	0,001 ug/1
Chumbo:	0,01 mg/l Ph	Demeton:	0,1 ug/1
Cianetos:	0,005 mg/l CN	Dieldrin:	0,003 ug/1
Cloro residual:	0,01 mg/l Cl	Endossulfan:	0,034 ug/1
Cobre:	0,05 mg/l Cu	Endrin:	0,004 ug/1
Cromo hexavalente:	0,05 mg/l Cr	Epóxido de Heptacloro:	0,001 ug/1
Estanho:	2,0 mg/l Sn	Heptacloro:	0,001 ug/1
Índice de fenóis:	0,001 mg/l C6H5 OH	Metoxicloro:	0,03 ug/1
Ferro:	0,3 mg/l Fe	Lindano (gama - BHC):	0,004 ug/1
Fluoretos:	1,4 mg/l F	Dodecacloro + Nonadoro:	0,001 ug/1
Manganês:	0,1 mg/l Mn	Gution:	0,01 ug/1
Mercúrio:	0,0001 mg/l Hg	Malation:	0,1 ug/1
Níquel:	0,1 mg/l Ni	Toxafeno:	0,005 ug/1
Nitrato:	10,0 mg/1N	Compostos organofosforados e carbonatos totais:	10,0 ug/1 em Paration
Nitrito :	1,0 mg/ N	2,4 - D:	10,0 ug/1
Prata:	0,005 m/l Ag	2, 4, 5 - TP:	10,0 ug/1
Selênio:	0,01 mg/l Se	2, 4, 5 - T:	10,0 ug/1
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l - LAS		

## ANEXO 2: Dados técnicos das bombas

TABELA AN 2.1 – Dados técnicos da bomba STIHL P 840 (bomba 1).

potência	2,5 kw (3,4 DIN-PS)
cilindrada	56 cm <sup>3</sup>
pressão máxima	3,5 bar
peso	7,9 kg
capacidade do tanque de combustível	2,65 litros
sucção máxima	7,0 m
altura máxima de elevação	35 m.c.a.
vazão máxima	30.000 l/h
diâmetro da mangueira de entrada e saída	2"
rotação máxima com carga	7.000 rpm
rotação da marcha lenta	2.000 rpm
preço	R\$ 1200,00

TABELA AN 2.2 – Dados técnicos da bomba MEGATRON BC-91 (bomba 2).

CARACTERÍSTICAS DO MOTOR		CARACTERÍSTICAS DA BOMBA	
Motor: 2 tempos refrigerado a ar		Sucção Dametro	1" bsp
Cilindrada	60 cm <sup>3</sup>	Recalque diâmetro	¾ " bsp
Potência máxima	3,4 HP a 6500 rpm	Pressão maxima	70 mca
Ignição	Eletrônica 12 V	Altura sucção	8 mca
Consumo	1 l/h	Diâmetro do rotor	111 mm
Combustível	Gasolina com óleo 2T (25:1)		
Capacidade do tanque	600 ml		
Óleo indicado	Havoline Super 2T		