

**UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA**

**SINETE DE MERGULHO
ATÉ 90 METROS DE PROFUNDIDADE**

SANTOS/SP, 2006

**UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA**

**SINETE DE MERGULHO
ATÉ 90 METROS DE PROFUNDIDADE**

Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia

Industrial Mecânica, sob a orientação do

Prof Engenheiro Valmir Demarchi

Componentes do Grupo:

Aguinaldo Azevedo

Aaron Curcio Cosme

James Cruz Tavares

Valni Angelino Lopes

Adilson Dama

Marcelo Leal

Coordenador: Carlos Alberto Amaral Moino

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
AGRADECIMENTO

Agradecemos especialmente aos nossos pais e esposas que nos acompanharam durante nossos anos de estudo do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Santa Cecília, sempre nos apoiando e incentivando.

Um agradecimento também aos nossos amigos , Professores e técnicos da Engenharia Mecânica que muito colaboram para a elaboração desse Trabalho de Graduação Interdisciplinar.

E finalmente ao Sr. Ismar Medeiros Fonseca e Marcio Gualberto Nogueira da empresa “Tec Sub” que contribuíram enriquecendo nossos conhecimentos sobre SINETE DE MERGULHO.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
1.0 – INTRODUÇÃO.....	8
1.1.1 - OBJETIVO.....	8
1.1.2 - HISTÓRIA DO MERGULHO E SINETE.....	8
1.1.3 - DEFINIÇÕES PRELIMINARES DE UM SINETE.....	10
1.1.4 - REQUISITOS BÁSICOS PARA SINO ABERTO (SINETE) E CESTA PARA MERGULHO ATÉ 50 METROS.....	10
1.1.5 – REQUISITOS BÁSICOS SINO ABERTO (SINETE) PARA MERGULHO ATÉ 90 METROS.....	15
1.1.6 – DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE PARA SINO ABERTO (SINETE) DE MERGULHO.....	16
2.0 - ACESSÓRIOS DO SINETE DE MERGULHO.....	17
3.0 – PROJETO DO SINETE.....	21
4.0 - MEMORIAL DE CÁLCULO.....	21
4.1 - CÁLCULO DA CALOTA DO SINETE.....	21
4.2 - CÁLCULO ANEL DO SINETE.....	23
4.3 - CÁLCULO DA CHAPA CALANDRADA.....	25
4.4 - CÁLCULO DA CHAPA DO PISO	26
4.5 – CÁLCULO TOTAL DO SINETE.....	28
4.6 – CÁLCULO DA ESPESSURA DO SINETE.....	28

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

5.0 – ESTUDOS REALIZADOS COM MS SOLID Works.....	30
6.0 – ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DO SINETE.....	33
7.0 - ENSAIO MECÂNICO NÃO DESTRUTIVO.....	34
7.1 - LÍQUIDO PENETRANTE.....	34
8 – CONCLUSÃO.....	38
9 – BIBLIOGRAFIA.....	39
ANEXO 1	
ANEXO 2	

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	PRIMEIRO SINETE DE MERGULHO.....	8
FIGURA 2 -	SINO DE MERGULHO.....	9
FIGURA 3 -	PRIMEIRA ROUPA DE MERGULHO.....	9
FIGURA 4 -	SINETE DE MERGULHO.....	17
FIGURA 5 -	MALETA DE INSTRUMENTAÇÃO.....	17
FIGURA 6 -	RADIO COMUNICADOR.....	17
FIGURA 7 -	CÂMERA E LANTERNA.....	17
FIGURA 8 -	MONITOR E GRAVADOR DVD.....	19
FIGURA 9 -	UMBILICAL DE MERGULHO.....	19
FIGURA 10 -	MEDIDOR DE CORRENTEZA.....	20
FIGURA 11 -	CAPUZ “KMB” E “KMB 28”.....	20
FIGURA 12 -	SINETE.....	21
FIGURA 13 -	CALOTA DO SINETE.....	21
FIGURA 14 -	AREA DA CALOTA.....	22
FIGURA 15 -	ANELA DA CALOTA.....	23
FIGURA 16 -	LATERAL DO SINETE.....	25
FIGURA 17 -	PISO DO SINETE.....	27
FIGURA 18 -	SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE CARGA.....	29
FIGURA 19 -	ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO (1º ESTUDO).....	30
FIGURA 20 -	ANALISE DESLOCAMENTO (1º ESTUDO).....	31

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

FIGURA 21 - ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO (2º ESTUDO).....	32
FIGURA 22 - ANALISE DESLOCAMENTO (2º ESTUDO).....	32
FIGURA 23 – CORTE DA CALOTA.....	33
FIGURA 24 – CORTE DO ANEL DA CALOTA.....	33
FIGURA 25 – PONTEAMENTO DAS LATERAIS CALANDRADAS.....	34
FIGURA 26 – FIXAÇÃO DO CONJUNTO AO PISO.....	34
FIGURA 27 – UNIÃO DA LATERAL COM O NEL DA CALOTA.....	35
FIGURA 27A – INÍCIO DO ENSAIO.....	36
FIGURA 28 – APLICAÇÃO DOREVELADOR.....	36
FIGURA 29 – FALHAS SUPERFICIAIS.....	36
FIGURA 30 – SINETE APROVADO POR LAUDO.....	37
FIGURA 31 – SINETE PRONTO.....	37

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
1.0 – INTRODUÇÃO.

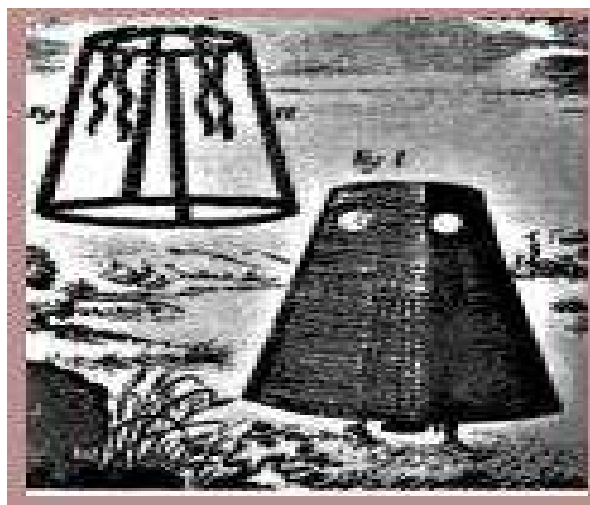
1.1.1 - OBJETIVO.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar e estudar um Sinete de Mergulho, para assim desenvolver um projeto capaz de fornecer dados e embasamento teórico necessário para a construção do mesmo.

1.1.2 - HISTÓRIA DO MERGULHO E SINETE

O mergulho é uma atividade humana de origem tão remota que existem provas que datam do ano 2.000 a.C. , encontradas no Peru durante séculos tentou-se diferentes formas de equipamentos para realização de mergulhos.

Utilizava-se na Grécia, uma aparato para submergir e permanecer debaixo d'água, conhecida como "Lebeta", que era o primitivo sino de mergulho. Aristóteles menciona em seus escritos sobre a "Lebeta", da seguinte forma: "Se trata de uma espécie de sino cheio de ar, colocado em posição invertida, de forma cônica, em cujo interior uma vez submergida colocasse a cabeça e a parte superior do corpo do mergulhador." Na figura 1 pode-se observar perfeitamente a concepção deste engenho.



SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA

FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Figura 1-Primeiro sinete de mergulho

Como mostra a figura 1, na parte superior esquerda, se vê a armação de suporte da campana, no qual se apoiava os ombros do mergulhador por meio de duas cordas, dando plena liberdade de movimento nos braços; na parte dianteira havia duas aberturas de observação. O ar de seu interior se comprimia com a água, porque sempre estava sujeita à pressão ambiente, ainda que o maior problema dos sinos de então era que não podia ser renovado o ar, com a concentração interior do gás carbônico limitando em muito a autonomia no mergulho.

O irlandês **Sparling** introduziu a novidade de que os tripulantes poderiam movimentar o sino à vontade, mas o que realmente aperfeiçoou o sino com fundamentos modernos foi o engenheiro inglês **John Smeaton** (1724/1792), que idealizou renovar o ar em seu interior por meio de uma bomba pneumática. A incorporação deste método para o suprimento de ar deu lugar à criação de novos desenhos de equipamentos de mergulho (figura 2).



Figura 2- Sino de mergulho

Em 1823 foi inventado um traje de mergulho que recebia ar da superfície por meio de uma mangueira de couro e uma draga, para recuperar os tesouros (figura 3).

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

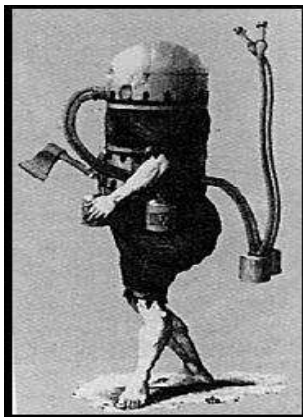


Figura 3 - Primeira roupa de mergulho

Em 1837 o inglês Siebe revolucionou os sistemas de mergulho existentes ao desenhar uma roupa de mergulho fechada, exceto nas mãos, na qual o mergulhador ficava protegido do frio e dos contatos com fundo marinho, e o ar era suprido da superfície por uma mangueira, mediante uma bomba.

Mais de um século depois um Engenheiro e um oficial da Marinha de Guerra francesa, Cousteau, construíram o que seria o equipamento autônomo para respiração subaquática, com o complemento de nadadeiras, o que permitia ao homem nadar em qualquer direção.

Atualmente, em grande parte estimulado pelo desenvolvimento e incentivo das explorações submarinas petrolíferas, os meios técnicos em forma de equipamentos de mergulho, instalações, equipamentos eletrônicos, câmaras de compressão e descompressão, assim como navios de apoio na superfície, são cada vez mais complexos e exigem um pessoal cada vez melhor preparado [1].

1.1.3 - DEFINIÇÕES PRELIMINARES DE UM SINETE

Mergulho com Sino Aberto (Sinete): campânula com a parte inferior aberta e provida de estrado, de modo a abrigar e permitir o transporte de no mínimo dois mergulhadores da superfície ao local de trabalho.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Deve possuir sistema próprio de comunicação, suprimento de gases de emergência e vigias que permitam a observação de seu exterior. É permitido em mergulhos de até 90 metros.

A seguir serão relacionados requisitos básicos a serem seguidos para construção de um sinete de mergulho de 50m e 90m de profundidade[2]

1.1.4 - REQUISITOS BÁSICOS PARA SINO ABERTO (SINETE) E CESTA PARA MERGULHO ATÉ 50 METROS

Os requisitos abaixo serão aplicados aos sinos abertos (sinetes) para mergulho e às cestas de mergulho que fizerem parte efetiva do sistema de mergulho, entendendo como tal aquelas dotadas de umbilicais próprios (cabo de vida) para os mergulhadores, alimentados por um umbilical principal vindo da superfície. Esses requisitos não se aplicam às cestas de acesso que forem utilizadas apenas para transporte de mergulhadores.

Os sinetes e as cestas de mergulho deverão ser dimensionados de modo a acomodar pelo menos dois mergulhadores sem restringir seus movimentos essenciais à segurança. Deverão também ser dotados de proteção sobre cabeça e guarda corpo lateral[2].

a) Painel de Controle de Superfície

- Dispositivo para controle de profundidade do sino ou da cesta de mergulho e dos mergulhadores, independentes;
- Entrada de alimentação de ar principal e de emergência independentes;
- Manômetro de pressão do suprimento de ar comprimido;
- Dispositivo para comunicação entre a superfície e a bolha do sino e cada um dos mergulhadores (anexo 1) .

b) Umbilical do Sino ou da Cesta de mergulho (comprimento máximo 100m).

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

- Mangueiras independentes sem emendas para alimentação de ar comprimido para o sino e para os mergulhadores com diâmetro mínimo de 1/2 polegada;
- Mangueira sem emenda do pneufatômetro (para medida da profundidade) do sino e dos mergulhadores independentes, com diâmetro mínimo de 1/8 polegada,
- Linha de vida sem emenda com carga de trabalho suficiente para trazer o sino até a superfície sem contudo ter que retirá-lo da água;
- Cabo para comunicações blindado;
- Dotado de válvula de retenção junto a bolha do sino, que previna a despressurização súbita do sino em caso do rompimento do umbilical. O umbilical dos mergulhadores deverá partir do Sino Aberto (sinete) ou da Cesta de Mergulho, podendo ser alimentado a partir do suprimento da superfície através do umbilical do sino e das ampolas de suprimento de emergência (anexo 1).

c) Umbilical dos Mergulhadores.

- Em situação normal os umbilicais dos mergulhadores alimentados a partir do sino aberto (sinete) (ou da cesta de mergulho) deverão ter comprimento que permita ao mergulhador percorrer uma distância de 33 metros entre o sino (ou da cesta de mergulho) e o local de efetivo trabalho, sendo que o umbilical do mergulhador de emergência deverá ser 3 metros maior do que os demais. Os cabos de comunicação deverão ser blindados .
- Em situações especiais, a distância percorrida pelo mergulhador entre o sino aberto (sinete) (ou a cesta de mergulho) e o local de efetivo trabalho poderá ser de até 60 metros, desde que sejam atendidas as seguintes exigências:
 1. não houver outra alternativa para a realização da operação e ouvidos o supervisor do mergulho, o comandante da embarcação de apoio ou o responsável pela plataforma de mergulho sobre a segurança da operação;
 2. A profundidade máxima seja igual ou menor que 30 metros;

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

3. O percurso entre o sino de mergulho e o local de trabalho for previamente inspecionado por uma câmara de TV submarina;
4. For estendido um cabo guia entre o sino aberto (sinete) ou a cesta de mergulho antes do início efetivo do trabalho, sempre que não houver visibilidade entre o local de trabalho e o sino de mergulho e não houver um veículo de controle remoto acompanhando o mergulhador;
5. Forem utilizados garrafas individuais de emergência suficientes para 4 (quatro) minutos considerando-se um consumo mínimo de 40 litros por minuto na profundidade da operação;
6. Comprimento do umbilical do mergulhador reserva deverá ser três (3) metros maior do que o umbilical do mergulhador principal.
7. Em instalações existentes cuja distância a ser percorrida pelo mergulhador, entre o sino aberto (mergulho) e o local efetivo do trabalho, seja superior a sessenta (60) metros e que não seja possível mudança da localização dessas instalações, a fim de reduzir a distância em questão, os seguintes procedimentos deverão ser atendidos;
8. Distância não poderá exceder a 90m;
9. Deverá ser realizado por uma dupla de mergulhadores;
10. O segundo mergulhador deverá estar posicionado, aproximadamente, na metade do percurso, guiando o umbilical do mergulhador principal.

d) Suprimento de ar comprimido para o sino.

- O suprimento principal de ar comprimido para o sino de mergulho (ou cesta de mergulho) deverá ser efetuado através do umbilical principal do sino especificado na alínea anterior. A pressão desse suprimento deverá ser de 14,2 kgf/cm² e a vazão de 246 L/min medidos na pressão atmosférica por mergulhador; Em adição à alimentação de ar comprimido recebida da superfície através do umbilical, o sino aberto (sinete) para mergulho deverá ser dotado de

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

cilindros de emergência totalizando pelo menos 14 m³ de suprimento. O sino aberto (sinete) deverá ser dotado de um pequeno manifolde. Esse manifolde deverá ser utilizado para receber o suprimento de ar principal e o suprimento de reserva instalado no próprio sino, através de arranjo que permita a substituição das fontes de alimentação, sem interrupção do suprimento. O mergulho deverá ser conduzido com a utilização do fornecimento de ar principal. Durante todo mergulho o suprimento de reserva deverá ser mantido conectado ao manifolde, com pressão ajustada através do emprego de válvula reguladora, interceptado apenas por uma válvula de abertura com ¼ de volta.

e) Sistema de Lançamento e Recolhimento (Pórtico) do Sino Aberto para mergulho (Sinete)

- Possuir projeto, fabricação e construção da estrutura de lançamento de acordo com as normas aplicáveis e ser certificado para transporte humano, por Sociedade Classificadora credenciada ;
- Dispor de dois meios de recolhimento do sino, sendo um principal e outro de emergência, independente;
- Possuir certificados de teste de ruptura dos respectivos fabricantes para os cabos de aço dos guinchos cargas de trabalho compatíveis com o peso do sino aberto (sinete) para mergulho, considerando as cargas estáticas e dinâmicas e o fator de segurança para transporte humano. Os soquetes desses cabos deverão possuir certificados de teste de carga do respectivo fabricante. O conjunto de cabos e soquetes deverá ser testado a duas vezes e meia a carga de trabalho, sempre que este venha ser reparado ou trocado;
- Empregar cabos do tipo rotativos;
- Ser projetado de modo que seja controlado, em operação normal, apenas pelo sistema de acionamento e não pelo sistema de freios;

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

- Ser dotado de dispositivo de parada automática para o caso de não estar intencionalmente acionado (comando tipo “homem morto”);
- Ser dotado de sistema primário de freio automático capaz de prevenir a queda do sinete em caso de falha do freio principal;
- Ser dotado de dispositivo de freio secundário capaz de prevenir a queda do sinete em caso de falha do freio principal. Esse dispositivo poderá ser manual
- Ser dotado de freio mecânico capaz de suportar uma carga equivalente a 1,25 vezes a carga segura de trabalho do guincho;
- Ser projetado de modo que possa parar e manter-se em posição em caso de perda de energia, se o motor for desconectado, ou desligado;
- Os controles deverão ser instalados ou dotados de recursos que permitam o operador visualizar e controlar a operação de lançamento e recolhimento;
- Ser completamente examinado e ser funcionalmente testado a 1,25 vezes a carga normal de operação, antes da certificação do sistema e após sofrer alteração ou reparo;
- Ser certificado para transporte humano de acordo com as especificações técnicas da Sociedade Classificadora;
- Os cabos de aço e acessórios deverão ser instalados, montados e mantidos de acordo com os critérios de projeto, ser inspecionado visualmente pelo menos a cada seis meses com relação a danos ou deformações e ser examinado e testado de acordo com as normas e padrões aplicáveis;
- Em locais onde o dispositivo de lançamento constante do respectivo Certificado de Segurança não possa ser utilizado, deverá ser previsto a utilização de vigamento, pórticos, olhais e bases para os guinchos, soldados na estrutura do navio ou plataforma. Esse dispositivo alternativo deverá possuir projeto estrutural e de construção certificado por Sociedade Classificadora Reconhecida pela DPC, possibilitar o emprego de dois meios para recolhimento do sinete, bem como, ser vistoriado anualmente pela Sociedade Classificadora.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA

FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

f) Flutuabilidade do Sino Aberto (Sinete).

- O sino aberto (sinete) para mergulho deverá, quando imerso em água salgada, sem os seus ocupantes e sem ferramentas e equipamentos não pertencentes à sua própria estrutura, ter flutuabilidade negativa quando sua bolha estiver completamente desalagada, contudo, poderá dispor de lastro removível que permita assumir flutuabilidade positiva. Caso seja utilizado dispositivo para liberação do lastro o sino aberto (sinete) deverá ser dotado também de dispositivo que previna a sua liberação acidental[2].

1.1.5 – REQUISITOS BÁSICOS PARA SINO ABERTO (SINETE) PARA MERGULHO ATÉ 90 METROS.

Os sinetes para mergulho até 90 metros deverão, além dos requisitos estabelecidos no item 1.1.4 atender aos seguintes requisitos adicionais:

1. Quatro ampolas com 40L de volume hidrostático e pressão de trabalho mínima de 150 kgf/cm^2 sendo três para suprimento emergência de HeO_2 e uma para oxigênio, respectivamente, conforme a figura 4.
2. Comprimento do umbilical do sino de 140 metros;
3. Emprego de mistura respiratória entre 16 e 25 % de oxigênio;
4. Distância percorrida pelo mergulhador entre o sino aberto (sinete) (ou a cesta de mergulho) e o local de efetivo trabalho deverá ser de até 33 metros;
5. Sistema de comunicações com distorcedor de voz;
6. Suprimento de mistura respiratória com vazão equivalente a 240 L/min medidos na pressão atmosférica e pressão de $18,3 \text{ kgf/cm}^2$;
7. Umbilical para o sinete separado do umbilical para os mergulhadores[2].

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
1.1.6 –DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE PARA SINO ABERTO (SINETE) DE

MERGULHO

Os sinos abertos (sinetes) de mergulho poderão fazer parte de um sistema de mergulho ou serem certificados isoladamente. No caso do sino aberto (sinete) ser certificado isoladamente será emitida uma Declaração de Conformidade constante que deverá ser acompanhada pelo respectivo relatório de vistoria.

A validade da Declaração de Conformidade para sino aberto (sinete) de mergulho tem validade de cinco anos e deverá ser endossada através da realização de vistorias anuais. As Declarações que não forem endossadas dentro do período previsto para realização das vistorias anuais, perderão a validade[2].

As vistorias previstas são as seguintes:

1. Vistoria inicial realizada antes do início da operação do sino aberto (sinete) de mergulho, a fim de verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos pelas Normas em vigor, naquilo que for aplicável.
2. Vistoria de renovação realizada antes do término do período de cinco anos de validade da Declaração de Conformidade, efetuando as mesmas verificações da Vistoria Inicial. Deverá ser solicitada com antecedência mínima de trinta dias.
3. Vistoria anual realizada anualmente, para endosso da Declaração, dentro de um período de três meses anterior ou posterior a data de aniversário da realização da Vistoria Inicial ou da Vistoria de Renovação[2].

DESENHO ILUSTRATIVO DO SINETE DE MERGULHO ATÉ 90 METROS.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

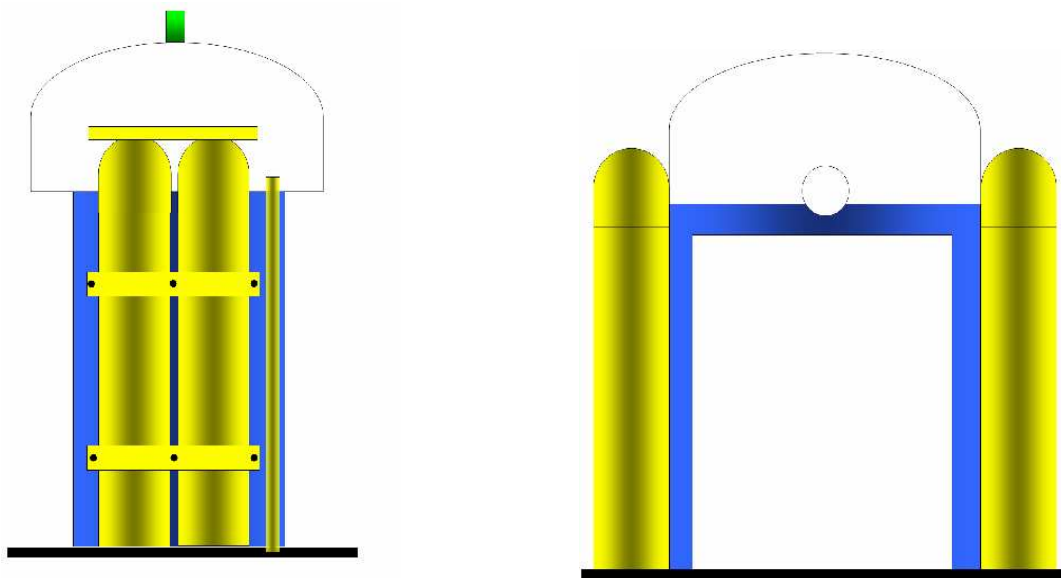


Figura 4 – Sinete de Mergulho

2.0 ACESSÓRIOS DO SINETE DE MERGULHO.

A maleta de instrumentos apresentada na figura 5 informa a equipe de apoio as condições de profundidade, pressão de operação e estabelece a comunicação audiovisual com os mergulhadores durante a execução dos serviços.



SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Figura 5 – Maleta de instrumentação

Na sala de Controle da embarcação existe também o Rádio Comunicador (figura 6) necessário para estabelecer a comunicação entre os mergulhadores.



Figura 6 – Radio comunicador

Na figura 7 é apresentada a Câmera e a Lanterna que ficam acoplada ao interior do Sinete

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 7 – Câmera e lanterna

Para atividade de mergulho com Sinete até 90m é necessário que seja feito o monitoramento audiovisual, conforme demonstra a figura 8, e sua gravação por motivo de segurança dos mergulhadores.



Figura 8 – Monitor e Gravador de DVD

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Toda comunicação e monitoramento do Sinete é estabelecida por meio de cabos, mangueiras de ar respirável, cabo de alimentação e outros acessórios que estão dispostos no Umbilical apresentado na figura 9. (anexo 1)



Figura 9 – Umbilical de mergulho

Na utilização do Sino aberto (Sinete) faz-se necessário o medidor de correnteza (figura10), pois se a correnteza do mar estiver acima de 3 “noz” fica impossibilitado de praticar o mergulho assim cancelando qualquer serviço submerso.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 10 – Medidor de correnteza

A comunicação estabelecida entre a Sala de Controle e o mergulhador é obtido através do Capuz “KMB”, conforme a figura 11



Figura 11 – Capuz de KMB e KMB 28

3.0 - PROJETO DO SINETE.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA

FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

O Sinete para Mergulho (figura 12) até 90m foi desenvolvido, elaborado e calculado utilizando o Sistema Internacional de Medidas [SI] com o auxílio do Programa de Desenho Auto Cad 2006 (anexo 1) e foi realizado dois estudos lineares após a idealização do mesmo com o Solid Works .



Figura 12 – Sinete

4.0 MEMORIAL DE CÁLCULO DO SINETE

4.1 CÁLCULO DA CALOTA DO SINETE

Será calculado para a Calota do Sinete a sua massa, área e volume de ar para a fluabilidade do conjunto, conforme ilustrado na figura 13.



Figura 13 –Calota do Sinete

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

CÁLCULO DA ÁREA DA CALOTA ESFÉRICA

Será demonstrado cálculos para a figura 14

$$SL = 2 \times \pi \times R \times h$$

Equação 4.1

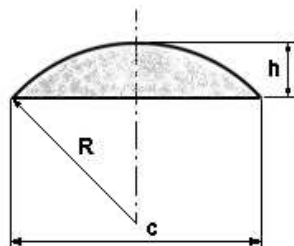


Figura 14 – Área da Calota

Descrições:

- **S_L** - Área lateral do segmento esférico
- **R** - Raio da esfera
- **h** - Altura do segmento esférico

Para nosso caso temos:

Diâmetro da calota.....1250mm

Altura da calota.....290mm

$$SL = 2 \times \pi \times R \times h$$

$$SL = 2 \times \pi \times 0,625 \times 0,290$$

$$SL_1 = 1,183m^2$$

CÁLCULO DA MASSA DA CALOTA

peso específico da chapa 12,7 mm $\lambda_{chapa} = 99,40 \frac{kg}{m^2}$

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
Equação 4.2

$$P = \lambda \times SL$$

$$P = 99,40 \times 1,183$$

$$P_1 = 117,66 \text{ kg}$$

CÁLCULO DO VOLUME DA CALOTA

$$V = \pi \times h \left(\frac{c^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right) \quad \text{Equação 4.3}$$

$$V = \pi \times 0,29 \left(\frac{1,25^2}{8} + \frac{0,29^2}{6} \right)$$

$$V_1 = 0,190 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$V = 0,190 \times 1000$$

$$V_1 = 190 \text{ L}$$

4.2 – CÁLCULO DO ANEL DA CALOTA

CÁLCULO DA ÁREA DO ANEL DA CALOTA

Será demonstrado cálculos para a figura 15

$$SL = 2 \times \pi \times h(R + r) \quad \text{Equação 4.4}$$

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

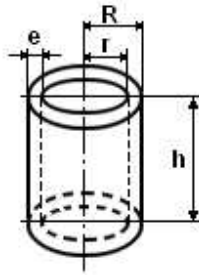


Figura 15 – Anel da Calota

Descrições:

- S_L - Soma das áreas laterais (externa e interna) do anel
- R - Raio Externo do anel
- r - Raio Interno do anel
- h - Altura do anel

Diâmetro do anel.....1250mm

Altura do anel.....130mm

$$SL = 2 \times \pi \times h(R + r)$$

$$SL = 2 \times \pi \times 0,625 \times 0,130$$

$$SL_2 = 0,510m^2$$

CÁLCULO DA MASSA DO ANEL DA CALOTA

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

$$P = \lambda \times SL$$

$$P = 99,40 \times 0,510$$

$$P_2 = 50,69kg$$

CÁLCULO DO VOLUME DO ANEL DA CALOTA

$$V = \pi \times h(R^2 - r^2)$$

Equação 4.5

$$V = \pi \times h(R^2 - r^2)$$

$$1m^3 = 1000L$$

$$V = \pi \times 0,130 \times 0,625^2$$

$$V = 0,159 \times 1000$$

$$V_2 = 0,159m^3$$

$$V_2 = 159L$$

A ÁREA, MASSA E O VOLUME TOTAL DA CALOTA QUE CORRESPONDE O ANEL E SUA RESPECTIVA CALOTA.

$$SL_T = SL_1 + SL_2$$

Equação 4.6

$$P_T = P_1 + P_2$$

Equação 4.7

$$V_T = V_1 + V_2$$

Equação 4.8

$$SL_T = (1,138 + 0,510)m^2$$

$$SL_T = 1,648m^2$$

$$P_T = (117,66 + 50,69)kg$$

$$P_T = 168,35kg$$

$$V_T = (190 + 159)L$$

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

$$V_T = 349L$$

4.3 - CÁLCULO DAS CHAPAS CALANDRADA DO SINETE.



Figura 16 -Lateral do sinete

CÁLCULO DA ÁREA DAS CHAPAS CALANDRADAS

$$A = b \times h$$

Equação 4.11

$$A = b \times h$$

$$A = 0,850 \times 1,60$$

$$A = 1,36m^2$$

COMO SÃO DUAS PEÇAS TEMOS:

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

$$A_{total} = 2 \times A$$

$$A_{total} = 2,72m^2$$

CÁLCULO MASSA DAS LATERAIS

$$P = \lambda \times A$$

$$P = 99,40 \times 2,72$$

$$P = 270,83kg$$

4.4 - CÁLCULO DO PISO DO SINETE

$$A_1 = \pi \times r^2$$

Equação 4.16

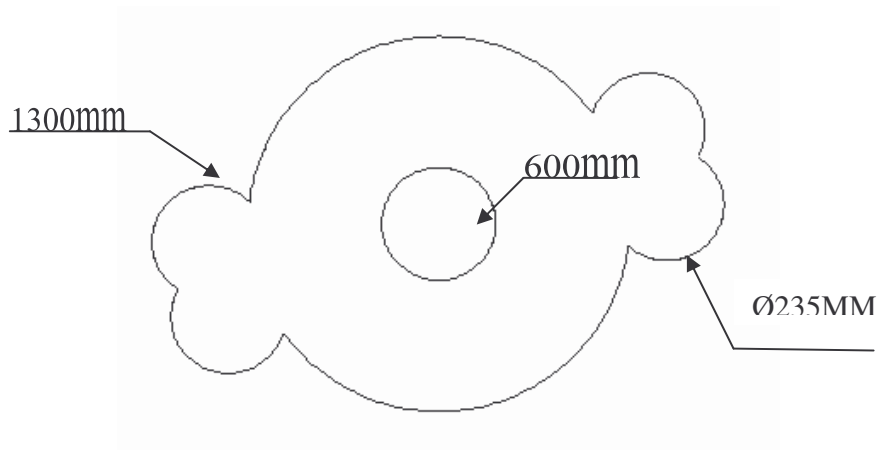


Figura 17 - Piso do Sinete

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

CÁLCULO DA ÁREA DO PISO

CALCULO DAS DUAS ÁREAS:

MENOR

$$A_1 = \pi \times r^2$$

$$A_1 = \pi \times 0,150^2$$

$$A_1 = 0,07065m^2$$

MAIOR

$$A_2 = \pi \times r^2$$

$$A_2 = \pi \times 0,65^2$$

$$A_2 = 1,326m^2$$

DIFERENÇA DE ÁREA

$$A_{total} = A_1 - A_2$$

$$A_{total} = 1,326 - 0,07065$$

$$A_{2total} = 1,25m^2$$

MASSA DO PISO

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Peso específico para chapa de 22,22 mm

$$\lambda_{chapa} = 149,40 \frac{kg}{m^2}$$

$$P = \lambda \times A$$

$$P = 149,40 \times 1,32$$

$$P = 198,2 Kg$$

4.5 – CÁLCULO TOTAL DO SINETE.

$$A_{total} = (1,138 + 0,510 + 0,4319 + 2,72 + 1,304)m^2$$

$$A_{total} = 6,103m^2$$

MASSA TOTAL DO SINETE

$$P_{total} = (117,66 + 50,69 + 270,83 + 198,2)kg$$

$$P_{total} = 637,38kg$$

VOLUME TOTAL DO SINETE (“BOLHA” DE AR)

$$V_{total} = (0,190 + 0,159 + 0,134+)m^3$$

$$V_{total} = 0,483m^3$$

$$1m^3 = 1000L$$

$$V_{total} = 0,483 \times 1000$$

$$V_{total} = 483L$$

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA
4.6 - CÁLCULO DA ESPESSURA DO SINETE

Através dos cálculos obtivemos os seguintes valores:

Peso total do sinete $P_{total} = 637,38kg$. Volume total de ar no interior do Sinete $V_{total} = 483L$

A espessura da chapa foi definida em função do Volume de ar no Interior do Sinete e da relação existente entre flutuabilidade definida por:

Para 1(um) Litro de ar confinado em um reservatório de qualquer forma o mesmo mantém sustentado em água uma quantidade de 1Kg.

Então para o cálculo da espessura da parede temos que observar a importância da massa. Essa massa do conjunto à ser calculado tem que ser maior que a capacidade da bolha sendo ainda, que qualquer objeto ao ser colocada na água tem uma flutuabilidade maior. Portanto para que exista uma flutuabilidade positiva durante o içamento do Sinete pelo conjunto Moto-redutor do Sistema de Elevação de Carga instalado na Embarcação e para que não ocorra um deslocamento positivo sem o controle dos equipamentos citados, conforme a figura 18, o projeto determina que o Sinete tenha um acréscimo de 40% no Peso total. Isso garante a retirada do Sinete com os megulhadores com as devidas paradas para descompressão dos mesmos.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 18 - Sistema de Elevação de Carga

5.0 – ESTUDOS REALIZADOS COM MS SOLIDWORKS

Para o Projeto do Sinete foi desenvolvido no MS Solids dois estudos:

1º Contempla um estudo do Sinete fora d'água (anexo 2)

Esse estudo compreende em uma solicitação de içamento pelo olhal do Sinete com uma força igual ao seu peso sendo que o mesmo esta fixado ao piso, apresentando assim os pontos críticos de deformação e tensão apresentados na figura 19 e 20

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

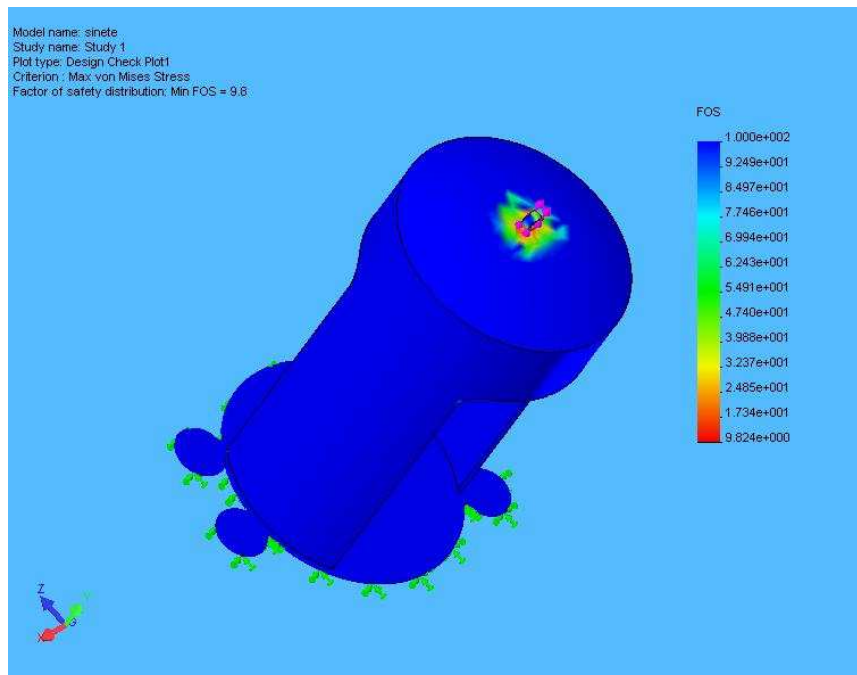


Figura 19 – Análise de Deformação

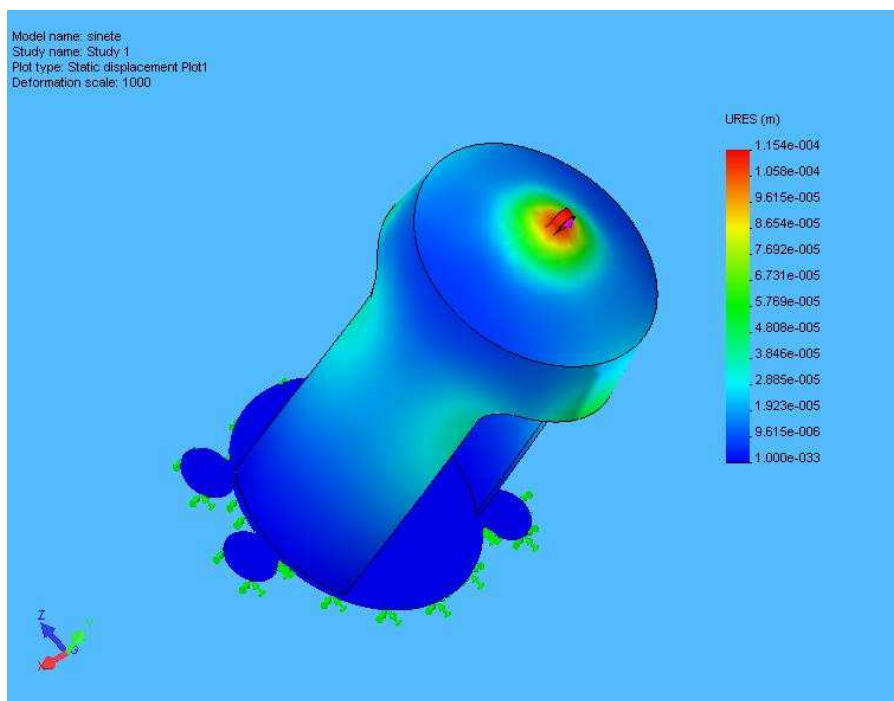


Figura 20 – Análise de Deslocamento.

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

2 ° Contempla uma solicitação de trabalho à 90 m de profundidade (anexo 2)

Esse estudo contempla a solicitação do Sinete em atividade a 90 m de profundidade com um pressão interna igual a Pressão externa mais 1 atm, tendo seu estado de deformação e deslocamento conforme é demonstrado nas figuras 21 e 22.

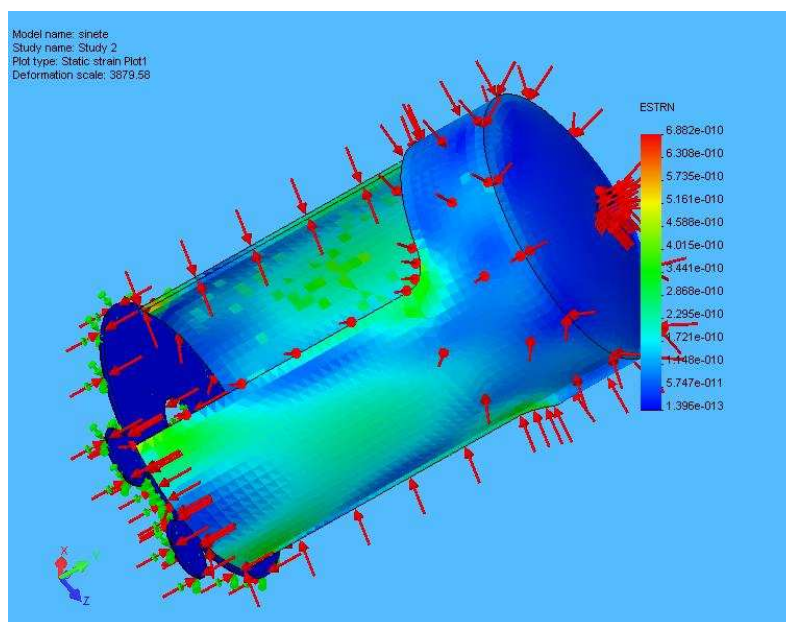


Figura 21– Análise de Deformação

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

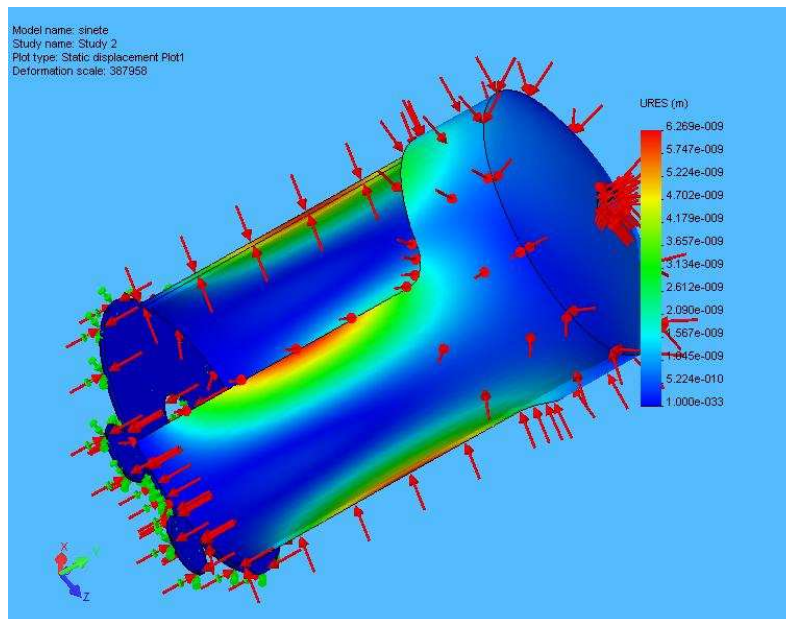


Figura 22 –Análise de Deslocamento

6.0 – ETAPAS PARA CONSTRUÇÃO DO SINETE.

Após a determinação da espessura da chapa é realizado o processo de conformação mecânica da Calota do Sinete. Através da elaboração do projeto foi determinado que a sequência de montagem inicia-se pela Calota (figura 23), soldagem do Anel da Calota (figura 24) , Laterias calandradas (figura 24) e por fim a união dos elementos citados com o piso (figura 25) do Sinete através de Soldagem ao Arco elétrico [4] .

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 23 - Corte na calota



Figura 24 – Corte do Anel da Calota



Figura 25 – Ponteamento das Laterais Calandradas

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 26 – Fixação do conjunto ao Piso

7.0 - ENSAIO MECÂNICO NÃO DESTRUTIVO.

7.1 - LÍQUIDO PENETRANTE

O ensaio por Líquidos Penetrantes é considerado um dos melhores métodos de teste para a detecção de descontinuidades superficiais de materiais isentos de porosidade tais como: metais ferrosos e não ferrosos, alumínio, ligas metálicas, cerâmicas, vidros, certos tipos de plásticos ou materiais organo-sintéticos.

Líquidos penetrantes também são utilizados para a detecção de vazamentos em tubos, tanques, soldas e componentes. O líquido penetrante é aplicado com pincel, pistola, ou com lata de aerossol ou mesmo imersão sobre a superfície a ser ensaiada, conforme figuras 27, 27a, 28 e 29, que então age por um tempo de penetração. Efetua-se a remoção deste penetrante da superfície por meio de lavagem com água ou remoção com solventes. A aplicação de um revelador (talco) irá mostrar a localização das descontinuidades superficiais com precisão e grande simplicidade embora suas dimensões sejam ligeiramente ampliadas.

Este método está baseado no fenômeno da capilaridade que é o poder de penetração de um líquido em áreas extremamente pequenas devido a sua baixa tensão superficial. O poder de penetração é uma característica bastante importante uma vez que a sensibilidade do ensaio é

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

enormemente dependente do mesmo. Descontinuidades em materiais fundidos tais como gota fria, trinca de tensão provocados por processos de têmpera ou revenimento, descontinuidades de fabricação ou de processo tais como trincas, costuras, dupla laminação, sobreposição de material (figura 29) ou ainda trincas provocadas pela usinagem, ou fadiga do material ou mesmo corrosão sob tensão, podem ser facilmente detectadas pelo método de Líquido Penetrante , conforme a figura [3].

A figura abaixo demonstra a união da lateral com o anel da Calota do Sinete pelo Processo de Soldagem ao Arco Elétrico. Após a soldagem foi retirado a escória através de uma Escova rotativa afim de preparar a superfície para aplicação do Líquido Penetrante.

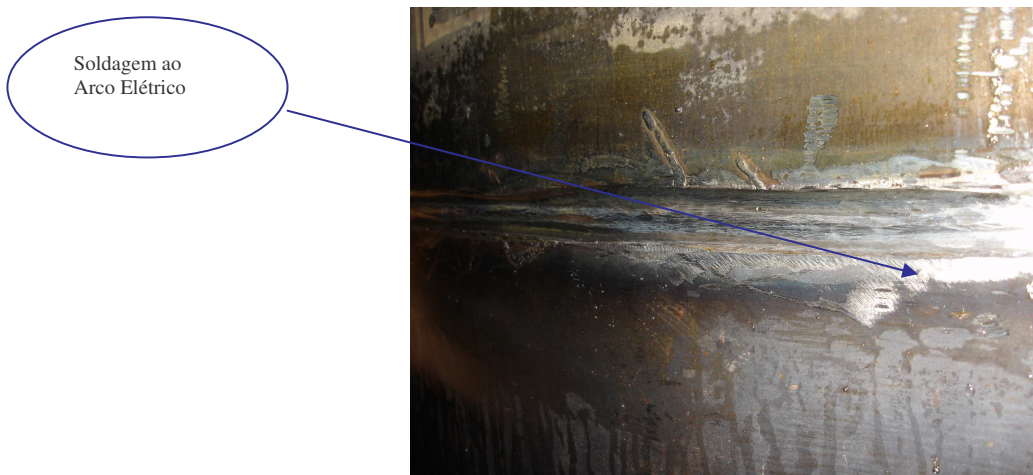


Figura 27 - União da lateral com o Anel da Calota.



SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

Figura 27a – Início do ensaio



Figura 28 – Aplicação do “Revelador”.

A figura 29 acima demonstra a descontinuidade no processo de soldagem durante a execução podendo ser causado por exemplo, por excesso de inclusões ou por variações nos parâmetros de soldagem.

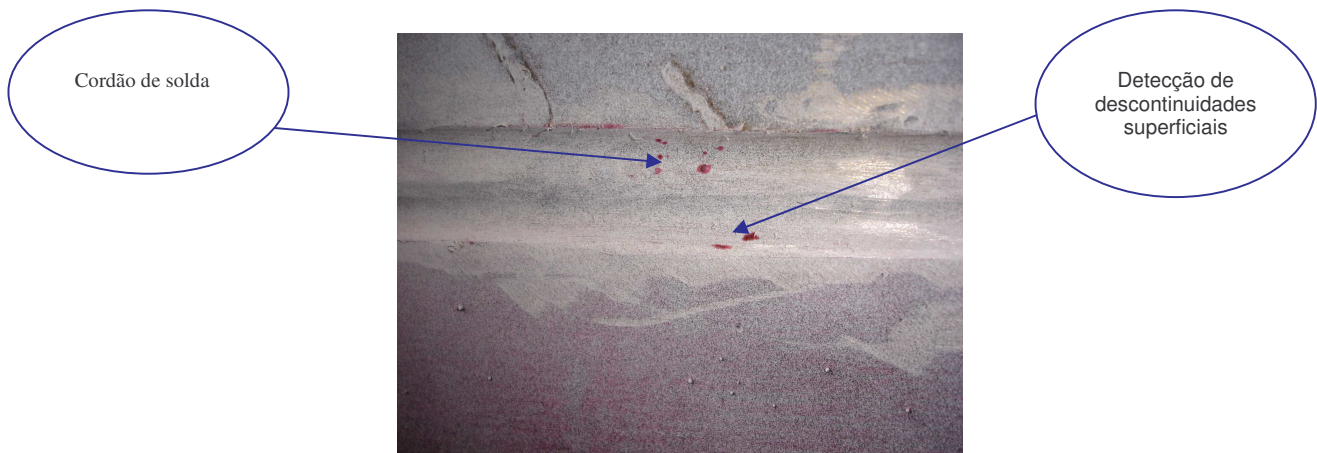


Figura 29 – Falhas Superficiais.

Após a verificação de descontinuidade no passe de raiz e acabamento das soldas do corpo e olhal com a aplicação do produto revelador (figura 30) é realizado uma correção na solda , se necessário, portanto o equipamento recebe um laudo para sua devida operação (anexo 2).

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA
FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA



Figura 30 - Sinete aprovado no teste de solda.

A figura 31, demonstra um Sinete pronto para utilização para Mergulhos de até 90m de profundidade.



Figura 31 - Sinete pronto

SANTOS/SP, 2006

UNIVERSIDADE SANTA CECILIA

FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

8.0 – CONCLUSÃO

Na elaboração deste trabalho encontramos muitos desafios em sua elaboração e concepção do projeto e pesquisa de material técnico e didático, por tratar-se de uma área ainda pouco explorada e quase não divulgada pela Engenharia.

No decorrer da pesquisa, nos deparamos com situações diversas na execução dos trabalhos submersos, vários foram os relatos sobre falta de apoio técnico para melhor compreensão no que se refere à execução das tarefas dentro de condições seguras; pois a área da engenharia está apenas começando a participar dos trabalhos do mergulho comercial raso.

A Engenharia tem muito a pesquisar e evoluir para atuar na área citada, carência de dados e falta de informações técnicas fazem com que os trabalhos sob condições hiperbáricas não sejam tão bem compreendidos pelos profissionais da área. Estamos construindo um Sinete para assim melhorar as futuras pesquisas subaquática já que esse meio de trabalho é pouco explorado em nosso país.

9.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] www.brasilmergulho.com
- [2] www.dpc.mar.mil.br
- [3] www.abende.org.br
- [4] www.infosolda.com.br

SANTOS/SP, 2006