

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**ANÁLISE DE ENSAIOS POR LÍQUIDOS PENETRANTES A BORDO  
DE NAVIOS MERCANTES**

**Por: Josué Silva de Albuquerque**

**Orientador**

**Prof. PIRES**

**Rio de Janeiro**

**2011**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO**  
**ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA**  
**MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**ANÁLISE POR LÍQUIDOS PENETRANTES A BORDO DE NAVIOS**  
**MERCANTES**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Josué silva de Albuquerque.

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA -  
CIAGA  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA  
MERCANTE - EFOMM**

**AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_

Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e deram total apoio às minhas decisões, aos amigos que aqui fiz e que me ajudaram bastante e aos meus professores que me deram totais condições para que eu conseguisse chegar até aqui.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus pais Aldenise da Silva Campos e José Guedes de Albuquerque por todo amor e incentivo e empenho como pais e amigos na busca dos meus objetivos.

Dedico também a todos os meus amigos e professores que sempre me incentivaram e apoiaram na conclusão desse trabalho e tornaram esse três anos de curso muito mais agradáveis.

## RESUMO

O homem na segunda guerra mundial percebeu a necessidade de descobrir o real motivo de algumas peças de suas máquinas alcançarem a fadiga mesmo após uma inspeção visual rigorosa. Dessa procura por resposta veio o desenvolvimento de métodos de se detectar as discontinuidades das superfícies dos materiais que o olho humano sozinho não era capaz de prover. Fatos este que deram de respostas a diversas duvidas e entidades preocupadas em aumentar a utilização dos materiais que compõem as peças de suas máquinas. Neste trabalho há apresentação desses ensaios e suas aplicações e métodos diversos de remoção e revelação das discontinuidades.

Os ensaios evoluíram depois do interesse da indústria em reduzir seus custos com manutenção de suas máquinas em poderem calcular o tempo Máximo de vida útil do material. O uso dos ensaios gerou a criação de uma instituição responsável por inspecionar os tipos de ensaios a serem executados pelos utilizadores na intenção de precaver os trabalhadores com relação do ponto de vista patológico gerando assim a instituição não só responsável pelos ensaios como até do paradigma ambiental e social de forma a preservar ambos.

Palavras chaves: prevenção – maximização – segurança- detecção.

## **ABSTRACT**

The man in World War II saw the need to discover the real reason some parts of your machine to reach fatigue even after a thorough visual inspection. The answer came looking for the development of methods to detect the discontinuities of the surfaces of materials that the human eye alone was not capable of providing. Facts that gave this response to various entities concerned with doubt and increasing the use of materials that make up parts of their machines.

This paper is presentations of these test and their various applications and methods of removal and discontinuities of revelation. The test evolved after the interest of industry to reduce their maintenance costs of their machines in order to calculate the maximum useful life of the material. The use of the test led to the creation of an institution responsible for inspecting the types of test to be run by users in an attempt to prevent the workers about the pathological point of view thus creating not only the institution responsible for test as to the environmental paradigm and social order to preserve both.

Keyword: prevention-maximization-security-detection.

## Lista de figuras

| N°       | TÍTULO   | PÁGINA |
|----------|--|--------|
| <b>1</b> | Aplicação do pincel em água _____                                    | 18     |
| <b>2</b> | Remoção com pano _____   | 19     |
| <b>3</b> | Remoção com spray em água _____                                      | 20     |
| <b>4</b> | Aplicação do revelador por pulverização com pistola de pintura _____ | 21     |
| <b>5</b> | Penetrante tipo II A, II C e II B ou D _____                         | 24     |
| <b>6</b> | Registro dos resultados _____  | 26     |



# SUMÁRIO

## INTRODUÇÃO

### 1-Apresentação dos tipos de ensaios

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1.1-Histórico        | 13 |
| 1.2-Abende           | 13 |
| 1.3-Abendi           | 14 |
| 1.4-Tipos de ensaios | 14 |

### 2- Ensaio por líquido penetrante

|  |    |
|--|----|
| 2.1- Definição                                       | 16 |
| 2.2- Preparação e limpeza da superfície              | 16 |
| 2.3- Aplicações do líquido penetrante                | 18 |
| 2.4- Tempo de penetração                             | 18 |
| 2.5- Remoções do excesso                             | 19 |
| 2.6- Limpeza   | 20 |
| 2.7- Revelação                                       | 20 |
| 2.7.1-Classificação das revelações                   | 21 |
| 2.8-Inspeção   | 22 |
| 2.9- Iluminação                                      | 22 |
| 2.10- Tipos de líquidos penetrantes                  | 23 |
| 2.10.1-Pós-emulsificáveis                            | 24 |
| 2.10.2-Removíveis por solventes                      | 25 |
| 2.10.3-Penetrantes fluorescentes laváveis com água   | 25 |
| 2.10.4- Penetrantes fluorescentes pós-emulsificáveis | 25 |
| 2.11-Registros de resultados                         | 26 |
| 2.12- Avaliações das continuidades                   | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 2.13-Objetivo                             | 27 |
| 2.14-Aplicações industriais e finalidades | 28 |
| 2.15-Vantagens e limitações               | 28 |
| Considerações finais                      | 30 |
| Referencias bibliográficas                | 31 |

## **ABREVIACÕES UTILIZADAS**

1. ABENDE- Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos
2. ABENDI- Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção
3. END- Ensaio não destrutivos

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como finalidade de dissertar sobre o emprego das análises e ensaios por líquidos penetrantes e suas aplicações na detecção de descontinuidades superficiais e apresentar seus órgãos responsáveis e suas aplicações.

Começaremos com a ABENDI (antes chamada de ABENDE possuía esta sigla porque tratava apenas de ensaios não destrutivo e atualmente possui uma engenharia de inspeção.) que é uma instituição responsável por difundir as técnicas de ensaios não destrutivos e inspeções. É uma entidade técnico-científica, sem fins lucrativos, de direito privado, com sede em São Paulo, fundada em Março de 1979.

Suas ações impactam diretamente na segurança e saúde do trabalhador e na preservação do meio ambiente. Através de suas ações em prol do desenvolvimento e da gestão de tecnologia.

Dissertaremos também da preparação das superfícies e dos métodos de limpeza da superfície do material e do tempo de penetração do líquido.

# CAPÍTULO I

## APRESENTAÇÃO DOS TIPOS DE ENSAIOS

### 1.1 - Histórico

O ensaio por líquidos penetrantes é um método usado para detecção de descontinuidades essencialmente superficiais, e ainda que estejam abertos na superfície do material. Esse método teve seu início antes da segunda guerra mundial, principalmente pelas indústrias ferroviárias nos ensaio para inspeção de eixos, porém impulsionaram-se em 1942, nos EUA quando foi desenvolvido o método de penetrantes fluorescentes. Esses ensaios foram adotados pelas indústrias aeronáuticas, que adotavam o ensaio por partículas magnéticas, que trabalhavam com ligas não ferrosas.

Houve também o surgimento do método de óleo e giz que consistia em lavar a peça com solda caustica ou água fervente. Após mergulhavam-se a peça, por várias horas ou até dias, em uma solução de óleo e querosene, em seguida as peças eram secas e pintadas com álcool e giz moído depois as peças eram marteladas e a mistura de óleo e querosene saía das descontinuidades manchando a pintura branca e indicando os pontos que a peça poderia se romper quando fosse colocada em uso. Este método era um avanço da época, mas ainda deixava muito a desejar por conta de não se saber ao certo a decomposição do giz e do óleo. O método foi se desenvolvendo, através da pesquisa e do aprimoramento de novos produtos utilizados nos ensaios, até o seu estágio atual.

### 1.2 – Abende

É uma associação responsável por realizar ensaios não destrutivos no Brasil completou 30 anos no dia 26 de março de 2009, atualmente essa instituição realiza inspeções além, de ensaios não destrutivos assim tendo a sigla alterada para ABENDI.

### **1.3 - Abendi**

É uma entidade técnico-científica, sem fins lucrativos, de direito privado, com sede em São Paulo, fundada em Março de 1979, com a finalidade de difundir as técnicas de END e Inspeção, através de ações voltadas ao aprimoramento da tecnologia e, conseqüentemente, do pessoal e das empresas envolvidas no tema.

A associação, através de seu trabalho de articulação entre indústrias, instituições de ensino, de pesquisas e profissionais, contribui de forma significativa para a exportação de bens e serviços nacionais. Suas ações impactam diretamente na segurança e saúde do trabalhador e na preservação do meio ambiente.

### **1.4 - TIPOS DE ENSAIOS**

**ENSAIOS MECÂNICOS:** são procedimentos padronizados que compreendem testes cálculos, gráficos e consultas a tabelas, tudo isso em conformidade com normas técnicas. Realizar um ensaio consiste em submeter um objeto já fabricado ou um material que vai ser processado industrialmente a situações que simulam os esforços que eles vão sofrer nas condições reais de uso, chegando a limites extremos de solicitação.

**ENSAIOS DE TRAÇÃO:** Consiste na aplicação de uma carga de tração crescente, em uma única direção, em um dado corpo de prova, previamente preparado e normatizado, até a ruptura do mesmo. Neste ensaio deseja-se medir a variação no comprimento em função da carga aplicada. Muitos dados técnicos são obtidos com este ensaio e é um dos mais utilizados no mundo metal-mecânico, os principais dados obtidos neste ensaio são Limite de Resistência à Tração, Limite de escoamento, Módulo de Elasticidade, Módulo de Resiliência, Módulo de Tenacidade, Ductilidade, Coeficiente de Encruamento e Coeficiente de Resistência.

**ENSAIOS DE COMPRESSÃO:** Consiste na aplicação de uma carga compressiva, em uma única direção, em um dado corpo de prova, previamente preparado e normatizado. Deseja-se determinar a deformação linear obtida. Quando um material é submetido ao ensaio de compressão, a relação entre tensão e deformação é semelhante às obtidas no ensaio de tração.

**ENSAIOS DE DUREZA:** Consiste na impressão de uma pequena marca feita na superfície do material, com a ajuda de uma ponte de penetração, que pode ser uma esfera de aço e/ou uma ponta de diamante. A dureza do material (metal) é diretamente relacionada à marca deixada nesta superfície, com a característica da marca e da carga aplicada. Ensaio de Torção Consiste na aplicação de carga rotativa em um corpo de prova, normalmente cilíndrico. Mede-se o ângulo de deformação em função do momento torço aplicado.

**ENSAIOS DESTRUTIVOS:** São aqueles que deixam algum sinal na peça ou corpo de prova submetido ao ensaio, mesmo que estes não fiquem inutilizados. Exemplos: tração, compressão, cisalhamento, dobramento, flexão, embotamento, torção, dureza, fluência, fadiga e impacto.

É por meio dos ensaios mecânicos que se verifica se os materiais apresentam as propriedades que os tornarão adequados ao seu uso. Dessa forma, tem-se o controle de qualidade do produto, garantindo assim confiabilidade e segurança para o cliente.

**ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:** qualquer tipo de ensaio praticado a um material que não altere de forma permanente suas propriedades físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais. Os ensaios não destrutivos implicam um dano imperceptível ou nulo. Representam um conjunto amplo de técnicas de análise utilizadas na ciência e na indústria para avaliar as propriedades de um material, componente ou sistema.

## **CAPITULO II**

### **ENSAIOS POR LÍQUIDOS PENETRANTES**

#### **2.1- Definição**

Ensaio mecânico dos materiais são processos padronizados que compreendem cálculo, gráficos e consultas a tabelas. Tudo isso em conformidade com as normas técnicas. Realizar um ensaio consiste em submeter um objeto já fabricado ou um material que vai ser processado industrialmente a situações que simulem os esforços que eles vão sofrer nas condições reais de uso. Chegando a limites extremos de solicitação.

Hoje em dia, o ensaio por líquidos penetrantes, além de ser aplicado em peças de metais não ferrosos, também é utilizado para outros tipos de materiais sólidos, como metais ferrosos, cerâmicas vitrificadas, vidros, plásticos e outros que não sejam porosos. Sua finalidade é detectar descontinuidades abertas na superfície das peças, como trincas, poros, dobras, que não sejam visíveis a olho nu. O ensaio consiste em aplicar um líquido penetrante sobre a superfície a ser ensaiada. Após remover o excesso da superfície, faz-se sair da descontinuidade o líquido penetrante retido, utilizando-se para isso um revelador. A imagem da descontinuidade, ou seja, o líquido penetrante contrastando com o revelador ficam então visíveis.

#### **2.2- Preparação e limpeza da superfície**

A limpeza da superfície a ser ensaiada é fundamental para a revelação precisa e confiável das descontinuidades porventura existentes na superfície de ensaio.

O objetivo da limpeza é remover tinta, camadas protetoras, óxidos, areia, graxa, óleo, poeira ou qualquer resíduo que impeça o penetrante de entrar na descontinuidade. Para



remover esses resíduos sem contaminar a superfície de ensaio utilizam-se solventes, desengraxantes ou outros meios apropriados. A Tabela 1 apresenta alguns contaminantes, descreve seus efeitos e indica possíveis soluções para limpeza e correção da superfície de exame.

| Tabelas 1 – contaminantes e sua remoção   |   |  |
|---|---|--|
| 1) óleo, graxa  | Efeito  | Solução  |
|   | A grande maioria dos lubrificantes apresenta fluorescência sob a luz negra.<br>Esta fluorescência poderá provocar mascaramento ou indicações falsas. Além disso, eles prejudicam a ação do líquido penetrante | Vapor desengraxantes, limpeza alcalina a quente, solvente ou removedor.    |
| 2) carbonos, verniz, terra  | Impedem a entrada do líquido penetrante ou absorvem o mesmo, ocasionando fluorescência ou coloração de fundo. Impedem a ação umectante. Provocam uma “ponte” entre as indicações.                             | Solvente ou solução alcalina, escovamento, vapor, jateamento.              |
| 3) ferrugem, óxido  | Mesmo efeito de 2   | Solução alcalina ou ácida escova manual ou rotativa<br>Vapor<br>Jateamento |
| 4) pintura  | Impede a entrada do líquido penetrante ou a ação umectante. provoca uma “ponte” entre as indicações.  | Solvente removedor de tinta<br>Removedor alcalino<br>Jateamento<br>Queima  |
| 5) água   | Impede a entrada do líquido penetrante ou a ação umectante.   | Ar seco<br>Aquecimento<br>Estufa   |
| 6) ácido ou álcalis   | Impede a entrada do líquido penetrante ou a ação umectante.   | Lavagem com água corrente<br>Neutralizadores                               |
| 7) rugosidade superficial   | Dificulta a limpeza, preparação superficial e a remoção do excesso de líquido penetrante.   | Polimento<br>Usinagem  |
| 8) encobrimento da descontinuidade devido a uma operação de conformação ou jateamento | Pode impedir a entrada do líquido penetrante  | Ataque químico<br>Usinagem   |

### 2.3 - Aplicação do líquido penetrante

Consiste em aplicar, por meio de pincel, imersão, pistola ou spray, um líquido, geralmente de cor vermelha ou fluorescente, capaz de penetrar nas discontinuidades depois de um determinado tempo em contato com a superfície de ensaio.



Aplicação do líquido penetrante com pincel (figura I).

### 2.4 - Tempo de Penetração

É o tempo necessário para que o penetrante entre dentro das discontinuidades. Este tempo varia em função do tipo do penetrante, material a ser ensaiado, temperatura, e deve estar de acordo com a norma aplicável de inspeção do produto a ser ensaiado.

A tabela 2, abaixo, descreve tempos mínimos de penetração apenas para referência, Os tempos de penetração corretos devem estar de acordo com a norma aplicável de fabricação/inspeção do material ensaiado. A título de ilustração podemos citar que o Código ASME Sec.V Art.6 recomenda temperaturas de 10 a 52 °C e o ASTM E-165. Recomenda temperaturas de 10 a 38 oC para penetrantes fluorescentes e de 10 a 52 oC para penetrantes visíveis com luz normal.

| Material  | Forma             | Tipo de Descontinuidade   | Tempo de Espera <sup>A</sup><br>min. |                        |
|---|-------------------|---|--------------------------------------|------------------------|
|   |                   |   | Penetrante <sup>B</sup>              | Revelador <sup>C</sup> |
| Alumínio,<br>Magnésio, aço,<br>bronze, titanium,<br>altas ligas | Fundidos e Soldas | porosidade,<br>trincas, (todas as<br>formas) falta de<br>fusão, gota fria | 5                                    | 7                      |
| Plásticos   | todas as formas   | trincas   | 5                                    | 7                      |
| Vidros  | todas as formas   | trincas   | 5                                    | 7                      |
| Cerâmicas   | todas as formas   | trincas,<br>porosidade  | 5                                    | 7                      |

A - Para temperaturas de 10 a 52 °c

B - O tempo necessário para a penetração deve ser conforme a orientação do fabricante.

C - A revelação se inicia tão logo a cobertura do revelador estiver seca sobre a superfície da peça. O tempo máximo para revelação deve ser não menor que 10 minutos. O máximo tempo permitido para revelação é de 2 horas para reveladores aquosos e 1 hora para reveladores não aquosos.

## 2.5 - Remoção do excesso de penetrante

Decorrido o tempo mínimo de penetração, deve-se remover o excesso de penetrante, de modo que a superfície de ensaio fique totalmente isenta do líquido - este deve ficar retido somente nas descontinuidades. Esta etapa do ensaio pode ser feita com um pano ou papel seco ou umedecido com solvente: em outros casos, lava-se a peça com água, secando-a posteriormente, ou aplica-se agente pós-emulsificável, fazendo-se depois a lavagem com água. Uma operação de limpeza deficiente pode mascarar os resultados, revelando até descontinuidades inexistentes.



remoção com pano (figuraII).



remoção com spray em água

(figura III).

Os líquidos penetrantes são elaborados de tal maneira que permitem a remoção do excesso com água; esta operação deve ser cuidadosa; se for demorada ou se for empregado jato de água, o líquido pode ser removido do interior das descontinuidades.

## 2.6 - Limpeza

Após a inspeção da peça e a elaboração do relatório de ensaio, ela deve ser devidamente limpa, removendo-se totalmente os resíduos do ensaio; esses resíduos.

Podem prejudicar uma etapa posterior no processo de fabricação do produto ou até o seu próprio uso, caso esteja acabado.

## 2.7 - Revelação

O revelador é aquele talco que suga o penetrante das descontinuidades para revelá-las ao inspetor; além de cumprir esta função, deve ser capaz de formar uma indicação a partir de um pequeno volume de penetrante retido na descontinuidade, e ter capacidade de mostrar separadamente duas ou mais indicações próximas. Para atender a todas estas características, tem de possuir algumas propriedades.

### 2.7.1 - Classificação das revelações

#### - de pó seco

São constituídos de uma mistura fofa de sílica e talco que deve ser mantida seca. São indicados para uso em sistemas estacionários ou automáticos. Vêm caindo em desuso devido à falta de confiabilidade para detectar defeitos pequenos.

#### - revelador aquoso

Neste tipo de revelador, o pó misturado com água pode ser aplicado por imersão, derramamento ou aspersão (borrifamento). Após a aplicação, as peças são secas com secador de cabelo, ou em fornos de secagem.

#### - revelador úmido não aquoso

Neste caso, o talco está misturado com solventes-nafta, álcool ou solventes à base de cloro. Eles são aplicados com aerossol ou pistola de ar comprimido, em superfícies secas. A função principal desse revelador é proporcionar um fundo de contraste branco para os penetrantes visíveis, resultando em alta sensibilidade. Revelador em película. É constituído por uma película adesiva plástica contendo um revelador que traz o líquido penetrante para a superfície. À medida que a película seca forma-se as indicações das discontinuidades. Este método permite que, após o ensaio, possa destacar-se a película da superfície e arquivá-la.



Aplicação do revelador por pulverização com pistola de pintura (figura IV).

## 2.8 - Inspeção

No caso dos líquidos penetrantes visíveis, a inspeção é feita sob luz branca natural ou artificial. O revelador, aplicado à superfície de ensaio, proporciona um fundo branco que contrasta com a indicação da descontinuidade, que geralmente é vermelha e brilhante. Para os líquidos penetrantes fluorescentes, as indicações se tornam visíveis em ambientes escuros, sob a presença de luz negra, e se apresentam numa cor amarelo esverdeado, contra um fundo de contraste entre o violeta e o azul.

Deve ser dado um tempo suficiente para que a peça esteja seca antes de efetuar a inspeção. Logo após o início da secagem, deve-se acompanhar a evolução das indicações no sentido de definir e caracterizar o tipo de descontinuidade e diferenciá-las entre lineares ou arredondadas.

O tempo de revelação é variável de acordo com o tipo da peça, tipo de defeito a ser detectado e temperatura ambiente. As descontinuidades finas e rasas demoram mais tempo para serem observadas, ao contrário daquelas maiores e que rapidamente mancham o revelador.

O tamanho da indicação a ser avaliada, é o tamanho da mancha observada no revelador, após o tempo máximo de avaliação permitida pelo procedimento. Em geral Tempos de avaliação entre 7 a 60 minutos são recomendados.

## 2.9 – Iluminação

Como todos os exames dependem da avaliação visual do operador, o grau de Iluminação utilizada é extremamente importante. Iluminação errada pode induzir a Erro na interpretação. Além disso, uma iluminação adequada diminui a fadiga do Inspetor.

Iluminação com luz natural (branca): A luz branca utilizada é a convencional. Sua fonte pode ser: luz do sol, lâmpada de Filamento, lâmpada fluorescente ou lâmpada a vapor. Dirigindo a luz para a área de Inspeção com o eixo da lâmpada formando aproximadamente 90° em relação a ela é A melhor alternativa. O fundo branco da camada de revelador faz com

que a Indicação se torne escurecida. A intensidade da luz deve ser adequada ao tipo de indicação que se quer ver, sendo ideal acima de 500 Lux (conforme recomendado (pelo Código ASME Sec. V). O instrumento correto para medir a intensidade de Iluminação no local é o luxímetro, que deve estar calibrado na unidade Lux.

Iluminação com Luz ultravioleta (“luz negra”): Podemos definir a luz “negra” como aquela que tem comprimento de onda menor do que o menor comprimento de onda da luz visível. Ela tem a propriedade de causar em certas substâncias o fenômeno da fluorescência. O material fluorescente contido no penetrante tem a propriedade de em absorvendo a luz “negra” emitir energia em comprimentos de onda maiores, na região de luz visível. São usados filtros que eliminam os comprimentos de onda desfavoráveis (luz visível e luz ultravioleta) permitindo somente aqueles de comprimento de onda de 3500 a 4000 Å. A intensidade de luz ultravioleta que se deve ter para uma boa inspeção é de 1000 mW/cm<sup>2</sup>.

## 2.10 - Tipos de líquidos penetrantes

Os líquidos penetrantes são classificados quanto à visibilidade e quanto ao tipo de remoção de excesso. Os líquidos penetrantes devem se analisados quanto aos teores de contaminantes, tais como enxofre, flúor e cloro quando sua aplicação for efetuada em materiais inoxidáveis austeníticos, titânio e ligas a base de níquel. O procedimento e os limites aceitáveis para estas análises devem ser de acordo com a norma aplicável de inspeção do material ensaiado.

| TIPOS<br>quanto à visibilidade | MÉTODOS |                                   |          |
|--------------------------------|---------|-----------------------------------|----------|
|                                | Água    | Pós-Emulsificável                 | Solvente |
| “TIPO I”<br>(Fluorescente)     | A       | B (hidrofílico)<br>D (lipofílico) | C        |
| “TIPO II”<br>(Luz normal)      | A       | -                                 | C        |



Penetrante Tipo II A

Penetrante Tipo II C

Penetrante Tipo II B ou D

(figura V).

Quanto à visibilidade podem ser:

Fluorescentes (método A) Constituídos por substâncias naturalmente fluorescentes são ativados e processados para apresentarem alta fluorescência quando excitados por raios ultravioletas (luz negra).

A luz negra tem a propriedade de causar o fenômeno da fluorescência em certas substâncias. Sua radiação não é visível. É produzida por um arco elétrico que passa pelo vapor de mercúrio. Fluorescência é a capacidade que certas substâncias têm de absorver radiações não visíveis (luz não visível) de uma determinada fonte e convertê-la em radiações visíveis (luz visível).

Visíveis coloridos (método B): esses penetrantes são geralmente de cor vermelha, para que as indicações produzam um bom contraste com o fundo branco do revelador.

### 2.10.1 - Pós-emulsificáveis

Neste caso, os líquidos penetrantes são fabricados de maneira a serem insolúveis em água. A remoção do excesso é facilitada pela adição de um emulsificador, aplicado em separado. Este se combina com o excesso de penetrante, formando uma mistura lavável com água.



Emulsificador é um composto químico complexo que, uma vez misturado ao líquido penetrante à base de óleo, faz com que o penetrante seja lavável pela água. Ele é utilizado na fase de remoção do excesso.

### **2.10.2 - Removíveis por solventes**

Estes tipos de líquidos penetrantes são fabricados de forma a permitir que o excesso seja removido com pano seco, papel-toalha ou qualquer outro material absorvente que não solte fiapo, até que reste uma pequena quantidade de líquido na superfície de ensaio; esta deve ser então removida com um solvente removedor apropriado.

### **2.10.3 - Penetrante fluorescente lavável com água**

Esse método é bom para detectar quase todos os tipos de defeitos, menos arranhaduras ou defeitos rasos. Pode ser utilizado em peças não uniformes e que tenham superfície rugosa; confere boa visibilidade. É um método simples e econômico.

### **2.10.4 - Penetrante fluorescente pós-emulsificável**

É mais brilhante que os demais, tem grande sensibilidade para detectar defeitos muitos pequenos e/ou muito abertos e rasos. É um método muito produtivo, pois requer pouco tempo de penetração e é facilmente lavável, mas é mais caro que os outros.

Penetrante visível (lavável por solvente, em água ou pós-emulsificável) Estes métodos são práticos e portáteis, dispensam o uso de luz negra, mas têm menos sensibilidade para detectar defeitos muito finos; a visualização das indicações é limitada.

As características dos penetrantes sem dúvida nos ajudarão a escolher o método mais adequado para um determinado ensaio, porém o fator mais importante a ser considerado são os requisitos de qualidade que devem constar na especificação do produto.

É com base nestes requisitos que devemos escolher o método. Não se pode simplesmente estabelecer que todas as descontinuidades devem ser detectadas, pois poderíamos escolher um método mais caro que o necessário. Precisamos estar conscientes de que a peça deve estar livre de defeitos que interfiram na utilização do produto, ocasionando

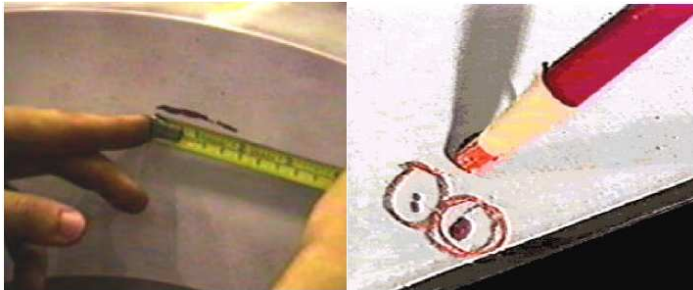
descontinuidades reprováveis. Com base nesses aspectos, um método mais simples e barato pode ser também eficiente para realizar o ensaio.

## 2.11 - Registro de resultados

Ensaio de peças críticas devem ter seu resultado, além dos dados do teste registrados em relatório, a fim de que haja uma rastreabilidade.

Este registro deve ser executado durante o ensaio ou imediatamente depois de concluído o mesmo. O relatório deve conter (em geral):

- a) descrição da peça, desenho, posição, etc., e estágio de fabricação;
- b) variáveis do teste; marca dos produtos, número do lote, temperatura de aplicação, tempo de penetração e avaliação.
- c) resultados do ensaio;
- d) laudo / disposição;
- e) assinatura do inspetor responsável e data.



registro dos resultados(figura

VI).

## 2.12 - Avaliação da descontinuidade

Relembramos o conceito de descontinuidade e defeito: A descontinuidade deve ser analisada à luz de algum padrão de aceitação, caso seja reprovável ela se constituirá em um defeito. Ao se analisar a peça o operador deve ter consciência de que o ensaio foi executado corretamente e as descontinuidades foram verificadas contra o padrão de aceitação pré-estabelecido.

Fatores que afetam as indicações são os fatores que podem afetar a aparência das indicações tornarem o ensaio não confiável.

A fonte mais comum de indicações falsas é a remoção inadequada do excesso de penetrante, o que causa, às vezes, até impossibilidade de avaliação.

No caso dos métodos laváveis com água e pós emulsificável, a lavagem é de fundamental importância. O uso da luz ultravioleta durante o processo de lavagem é recomendado. Após lavagem, existem fontes que podem re-contaminar a peça, tais como:

- a) penetrante nas mãos do inspetor
- b) penetrante que sai das descontinuidades de uma peça e passa para as áreas boas de outra peça (caso de peças pequenas).
- c) penetrante na bancada de inspeção.

Deduz-se facilmente que cuidado no manuseio das peças e principalmente limpeza são necessários para que o ensaio tenha sucesso.

Independente das indicações falsas existe as indicações não relevantes, que o Inspetor deve reconhecer. São indicações de realmente algo que existe no sentido de que elas são causadas por descontinuidades da superfície da peça. A maioria delas é fácil de reconhecer, porque provém diretamente do processo de fabricação. Exemplos destas indicações são:

- pequenas inclusões de areia em fundidos
- marcas de esmerilhamento
- depressões superficiais
- imperfeições de matéria prima

## **2.13 – Objetivo**

O objetivo dos Ensaio por Líquido Penetrante é assegurar a confiabilidade do produto, por meio de Obtenção de uma imagem visual, que revela a descontinuidade na superfície da peça (mancha); Revelação da natureza da descontinuidade sem danificar a peça; separação das peças aceitáveis das não aceitáveis segundo o critério estipulado.

## **2.14 - Aplicações Industriais e finalidade**

Devido às características básicas do Ensaio por Líquido Penetrante, eles podem ser aplicados em grande variedade de produtos metálicos e não metálicos ferrosos e não ferrosos, sejam forjados, fundidos, cerâmicos de alta densidade e etc., desde que não sejam porosos, com resultados técnicos e economicamente satisfatórios na revelação de descontinuidades superficiais, por menores que sejam. Pode ser aplicado durante o processo de fabricação, ao final deste ou durante a manutenção, aqui para detectar as o surgimento das descontinuidades em serviço.

## **2.15 - Vantagens e limitações**

É capaz de ensaiar peças de tamanhos e formas variadas bem como pequenas áreas isoladas em uma superfície. É capaz de detectar descontinuidades muito pequenas. É um dos ensaios mais sensíveis para detectar descontinuidades superficiais, Pode ser aplicados em materiais ferrosos, não ferrosos, cerâmicas de alta densidade, desde que não sejam porosos.

É relativamente barato e não requer equipamentos sofisticados. Para pequena quantidade de peças ou pequenas regiões, pode-se utilizar um sistema portátil; O líquido penetrante fornece uma indicação ampliada da descontinuidade, tornando-a mais visível; As descontinuidades detectadas são analisadas quanto à localização, orientação, dimensões, tornando fácil a interpretação e avaliação. As instalações podem ser adaptadas para tamanhos e quantidade de peças; permite automação do sistema. A sensibilidade do ensaio pode ser ajustada, selecionando os materiais e técnicas de ensaio.

As peças devem estar completamente limpas e a entrada das possíveis descontinuidades desobstruídas; Os produtos utilizados no ensaio podem danificar alguns materiais ou ficarem permanentemente retidos em materiais porosos; Alguns produtos

utilizados podem conter enxofre ou compostos halógenos (cloretos, fluoretos, brometos e iodetos). Estes compostos podem causar fragilização ou trincas em aços inoxidáveis austeníticos se não forem completamente removidos antes de tratamentos térmicos ou exposição a altas temperaturas. Podem também causar corrosão em ligas de titânio se não forem completamente removidos após o ensaio e a peça for exposta a altas temperaturas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste trabalho, podemos perceber a melhora significativa da evolução na aplicação, revelação dos ensaios, aplicação do produto e na tranquilidade do usuário em confiar na segurança do líquido para com sua saúde e na detecção das descontinuidades por base da abendi.

Conhecemos os mais diversos métodos de uso dos líquidos e aprendermos a manipulá-los de conformidade com a intenção de detectar as mais imprevisíveis descontinuidades e estimar as possíveis rupturas nas peças tendo em consideração a vida útil do material e os tipos de superfície que esta a ser trabalhada sendo esta determinante do tipo de ação a ser realizada pelo operador.

O uso de líquido penetrante possui boa eficiência, com relativo baixo custo, não requer necessariamente mão de obra especializada e possui vasta aplicação, o que o torna um bom processo a ser escolhido em superfícies em que o ensaio é aplicável. Por essas características, o ensaio utilizando líquidos penetrantes é um atrativo para as indústrias das mais diversas áreas, sendo um dos ensaios mais largamente utilizados. Desde as peças mais baratas da indústria automotiva, até as mais caras utilizadas na indústria aeronáutica são submetidas a esse ensaio para a detecção de falhas.

Então podemos concluir que nos navios mercantes a utilização dos líquidos serviria de grandes ferramentas para os operadores das máquinas de bordo tendo em vista a facilidade que o método proporciona na aplicação em qualquer lugar, ou seja, em instalações, oficinas, ou em campos independentes de disponibilidades de recursos que os métodos necessitam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEITE, Paulo G.P. “Curso de Ensaaios Não Destrutivos”, 8 a. edição , Associação Brasileira de Metais-ABM , 1966.
2. SAKAMOTO, A. "Ensaio por Líquidos Penetrantes", ABENDE.
3. <http://pt.wikipedia.org>; acessado em julho de 2011.
4. <http://pt.scribd.com/doc/46079912/Ensaaios-Destrutivos-e-Nao-Destrutivos>; acessado em julho de 2011.
5. <http://pt.scribd.com/doc/27171516/ENSAIO-POR-LIQUIDO-PENETRANTE>; acessado em junho de 2011.
6. [http://www.abende.org.br/info\\_end\\_oquesao\\_liquido.php?w=1366&h=768](http://www.abende.org.br/info_end_oquesao_liquido.php?w=1366&h=768); acessado em junho de 2011.
7. <http://www.gruporoosevelt.com.br/montagem/liquidos-penetrantes-objetivo/>; acessado em maio de 2011.
8. <http://www.factorrelevante.pt/liquidospenetrantes.html>; acessado em julho de 2011.