

Taubaté, 14/02/14 a 23/09/14

## **TTEM 004/14**

### **APLICAÇÃO DE LÍQUIDO PENETRANTE NO SUPORTE DE FIXAÇÃO DO MOTOR [PYLON] NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA**

#### **NET APPLICATION PENETRANT ENGINE FIXING SUPPORT [PYLON] AVIATION INDUSTRY**

Signatários:

- Jonathan Francis de Amorim Silva <sup>1</sup>
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Este trabalho apresenta a técnica e normas de aplicação de ensaios por líquidos penetrantes aplicada no Suporte de fixação do motor [PYLON] na indústria aeronáutica.

Duração: 7 meses

1 - Auditor de Qualidade na Avianca Linhas Aéreas, Engenheiro de Produção Mecânica pela FISP, e aluno do curso de Especialização em nível de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP)

Palavras chave: Aeronáutica, Ensaio não-destrutivo, Líquido Penetrante, Inspeção.

**Resumo.** A técnica de ensaio não destrutivo por Líquido Penetrante é amplamente conhecida na indústria como um todo. Esta técnica apresenta resultados precisos e é vantajosa em relação a outras técnicas. Assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a respectiva aplicação desta técnica e mostrar um exemplo de sua aplicação. Serão apresentados também os conceitos e as definições referentes à técnica de líquido penetrante, e as conclusões destas aplicações, mostrando a contribuição desta técnica no desenvolvimento da indústria aeronáutica, e na preservação do nível de segurança.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os ensaios não destrutivos são uma forma de análise de corpos de prova sem que se faça necessário causar algum dano a integridade do material que está sendo analisado para não prejudicar uma possível utilização posterior das peças analisadas. Essa modalidade de ensaio é muito utilizada para se fazer controle de qualidade de peças já acabadas ou semi-acabadas.

O principal objetivo dos ensaios não destrutivos é encontrar falhas na estrutura do corpo de prova submetido à análise. Essas falhas podem estar estabelecidas em forma de trincas, descontinuidades, corrosão, vazios etc. Essas falhas podem se localizar tanto na superfície como também na parte interna do material.

O presente trabalho abordará o ensaio não destrutivo de líquidos penetrantes. Esta forma de ensaio é realizada para se encontrar descontinuidades na superfície das peças ensaiadas. Ele consiste basicamente em aplicar um líquido que penetra nas imperfeições do material, e após isto um revelador que faz com que essas imperfeições fiquem visíveis. Também serão apresentados os principais tipos de líquidos penetrantes e suas características, reveladores e ainda o procedimento de realização do ensaio prático.

Desta forma, a aplicação da inovação tecnológica é bastante relevante dentro da indústria aeronáutica, uma vez que atualmente uma aeronave apresenta um elevado grau de integração de seus sistemas.

Com isso, os desafios para a manutenção da segurança de voo, assim como o de se manter uma operação segura de uma aeronave exige um grande rigor nos processos produtivos, e de manutenção de uma aeronave. Por esta razão, uma das principais técnicas de ensaios não-destrutivos, o líquido penetrante é também amplamente utilizada neste segmento.

## **2. LÍQUIDO PENETRANTE: CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

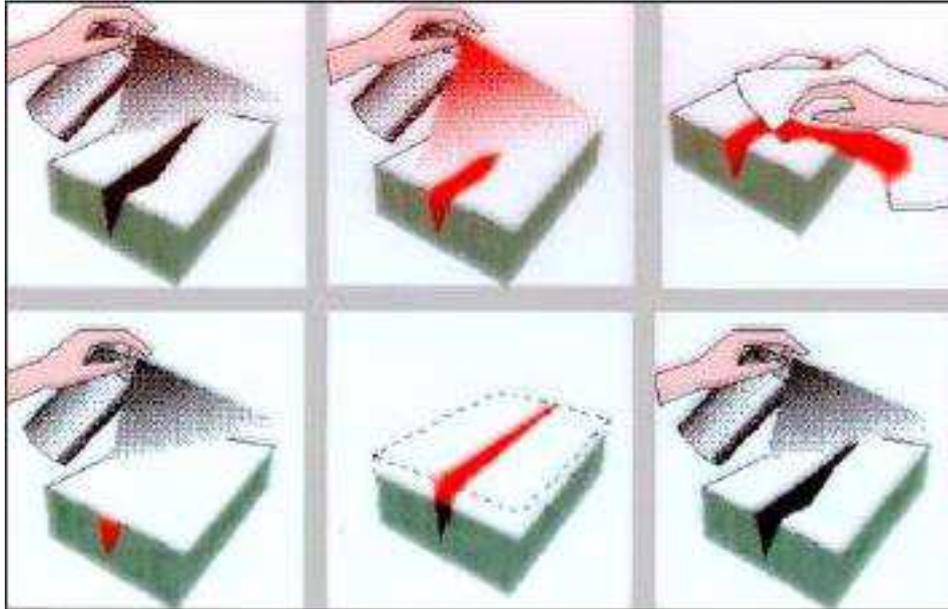
### **2.1. O método e sua história**

Segundo Andreucci (2012), o ensaio por líquidos penetrantes é um método desenvolvido especialmente para a detecção de descontinuidades essencialmente superficiais, e ainda que estejam abertas na superfície do material. Este método se iniciou antes da primeira guerra mundial, principalmente pela indústria ferroviária na inspeção de eixos, porém tomou impulso quando em 1942, nos EUA, foi desenvolvido o método de penetrantes fluorescentes. Nesta época, o ensaio foi adotado pelas indústrias aeronáuticas, que trabalhando com ligas não ferrosas, necessitavam um método de detecção de defeitos superficiais diferentes do ensaio por partículas magnéticas (não aplicável a materiais não magnéticos). A partir da segunda guerra mundial, o método foi se desenvolvendo, através da pesquisa e o aprimoramento de novos produtos utilizados no ensaio, até seu estágio atual.

O ensaio por líquidos penetrantes tem por objetivo detectar descontinuidades abertas em superfícies diversas, sendo considerado um dos melhores métodos para esta finalidade. Pode ser utilizado em metais ferrosos e não ferrosos, ligas metálicas, cerâmicas, vidros e alguns tipos de

plásticos ou materiais organo-sintéticos, além de ser utilizado para detectar vazamentos em tubos, tanques e componentes.

A técnica utiliza o princípio da capilaridade, ou seja, as tensões denominadas forças de adesão fazem com que o líquido utilizado penetre (por isso líquidos penetrantes) facilmente em locais extremamente pequenos. Este poder de penetração é que garante a sensibilidade do ensaio, que é capaz de detectar defeitos tais como gota fria, trincas de tensão provocadas por processo de têmpera ou revenimento, descontinuidades de fabricação tais como trincas, costura, dupla laminação, sobreposição de material ou ainda trincas provocadas por fadiga de material ou corrosão sob tensão.



**Figura 1 – Ensaio não destrutivo por Líquido Penetrante**  
Fonte: <http://www.jbsensaios.com.br/liquido.php> (2014)

## 2.2 . Vantagens em relação a outros ensaios

Andreucci (2012) menciona que a principal vantagem do método é a sua simplicidade, primeiro por ser fácil de fazer e de interpretar os resultados. Segundo, o aprendizado é simples, requer pouco tempo de treinamento do inspetor devido a indicação assemelhar-se a uma fotografia do defeito. Em contrapartida o inspetor deve estar ciente dos cuidados básicos a serem tomados (limpeza, tempo de penetração, etc).

Não há limitação para o tamanho e forma das peças a ensaiar, nem tipo de material; por outro lado, as peças devem ser susceptíveis à limpeza e sua superfície não pode ser muito rugosa e nem porosa. O método pode revelar descontinuidades (trincas) extremamente finas (da ordem de 0,001 mm de abertura).

## 2.3. Limitações em relação a outros ensaios

Ainda conforme Andreucci (2012), o ensaio é limitado por detectar apenas descontinuidades abertas para a superfície, já que o penetrante tem que entrar na descontinuidade para ser posteriormente revelado. Por esta razão, a descontinuidade não deve estar preenchida com material estranho.

A superfície do material não pode ser porosa ou absorvente já que não haveria possibilidade de remover totalmente o excesso de penetrante, causando mascaramento de resultados.

A aplicação do penetrante deve ser feita numa determinada faixa de temperatura permitida ou recomendada pelo fabricante dos produtos. Superfícies muito frias (abaixo de 5 °C ) ou muito quentes (acima de 52 °C) não são recomendáveis ao ensaio. Neste caso, produtos ou técnicas especiais devem ser aplicados.

Algumas aplicações das peças em inspeção fazem com que a limpeza seja efetuada da maneira mais completa possível após o ensaio (caso de maquinaria para indústria alimentícia, material a ser soldado posteriormente, etc). Este fato pode tornar-se limitativo ao exame, especialmente quando esta limpeza for difícil de fazer.

#### **2.4. O líquido penetrante**

Os líquidos penetrantes devem possuir características de penetrar em pequenas descontinuidades durante a penetração e também não pode ser removido facilmente das descontinuidades durante a remoção do excesso na superfície. Essas características do líquido é possível devido ao balanceamento de algumas propriedades físicas como tensão superficial, capilaridade, molhabilidade, viscosidade, volatilidade, ponto de fulgor; densidade; toxicidade e solubilidade.

Em relação a visibilidade do líquido penetrante, pode ser utilizado o penetrante colorido ou o penetrante fluorescente.

O penetrante colorido normalmente possui a de cor avermelhada que pode ser visualizado sob luz branca ou luz natural. O penetrante fluorescente possui a cor verde-amarelado e é visível somente quando exposto a luz ultravioleta utilizando-se equipamentos apropriados.

#### **2.5. Removedores**

São produtos utilizados para remover o excesso de penetrante da superfície. Nesta etapa alguns cuidados devem ser observados para não remover o penetrante de dentro da descontinuidade. Existem quatro tipos de remoção dos líquidos penetrantes, são eles: Remoção à base da água, remoção a base de solvente, remoção utilizando emulsificador hidrofílico e remoção utilizando emulsificador lipofílico.

#### **2.6. Revelador**

O revelador é um produto que age como um “mata-borrão” utilizado para “absorver” o penetrante para fora da descontinuidade e evidenciar uma imperfeição na superfície em ensaio. O revelador é utilizado também para fornecer um fundo branco na superfície para contrastar com o penetrante que sai da descontinuidade, quando utilizamos a técnica colorida.

Existem quatro tipos de reveladores para serem utilizados no ensaio de líquido penetrante: O revelador seco, o revelador úmido em suspensão aquosa, o revelador úmido em solução aquosa e o revelador úmido não aquoso ou solúvel em solvente.

#### **2.7. Qualificação necessária para realização do ensaio**

Todo o pessoal que executa o ensaio não destrutivo por líquido penetrante para atuação aeronáutica deve ser qualificado e certificado de acordo com a norma NAS 410. Alguns órgãos possuem a prerrogativa de qualificar os técnicos no ensaio por Líquido Penetrante como o IFI/DCTA – Instituto de Fomento Industrial, que pertence ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeronáutica.

## 2.8. Requisitos Específicos

Para a realização do ensaio no meio aeronáutico, deve ser seguido um procedimento, técnica ou diretriz tais como: (Work Order, DA - Diretriz de Aeronavegabilidade, Boletins de Serviço, NTM, etc.) emitido pelo fabricante. Estes documentos devem ser devidamente entendidos antes do início do ensaio.

No caso do item alvo do ensaio não possuir um procedimento de ensaio, um técnico nível 3 tem a prerrogativa de elaborar um procedimento específico sempre cumprindo com estabelecido nas normas e regulamentos aplicáveis conforme abaixo:

- ASTM E1417M - Standard Practice for Liquid Penetrant Testing.
- MIL-STD-1907 - Inspection, Liquid Penetrant and Magnetic Particle, Soundness Requirements for Materials, Parts and Weldments.
- NAS 410 - Certification and Qualification of Nondestructive Test Personnel.
- IS N° 43.13-003 - Ensaio Não Destrutivo na Manutenção de Produto Aeronáutico.
- IS N° 145.163-001 – Qualificação e Autorização em Ensaio Não Destrutivo na Manutenção de Produto Aeronáutico.

## 2.9. Padrões de referência

Adota-se o padrão de calibração indicado pelo fabricante do item em ensaio. Não havendo um padrão específico, adota-se uma ou mais opções como segue:

- Padrão de calibração com trincas artificiais, mapeadas e dimensionadas, confeccionado com o mesmo tipo de liga ou com material similar ao ensaiado;
- Padrão de calibração confeccionado a partir da retirada de material de uma peça similar à peça em ensaio;
- Calibração utilizando como padrão uma região da própria peça em ensaio, onde não haja descontinuidades. Essa região deve ser avaliada por outro ensaio não destrutivo complementar.
- Padrão que reproduza as condições aproximadas das condições da peça em ensaio, contendo descontinuidades artificiais ou naturais, variações de descontinuidades, trincas, densidades, camadas superficiais, etc. As descontinuidades ou defeitos artificiais ou naturais devem ser devidamente mapeadas e dimensionadas.

Todos os padrões utilizados devem ser identificados, quanto ao tipo de material, referência de ensaio por exemplo o *NTM – Non destructive test Manual* da indústria Airbus e ter um registro completo em arquivo aprovado e certificado por um técnico devidamente qualificado como nível 3.

## 3. CLASSIFICAÇÕES DOS MÉTODOS

### 3.1. Tipo de material / fabricação

Para a correta escolha do método ideal a ser utilizado para aplicação do líquido penetrante e necessário saber o tipo de material em ensaio e o processo de fabricação tais como; Se o material foi forjado, extrudado; usinado, laminado, fundido se é metálico ou não metálico por exemplo.

Quando houver a necessidade de inspeção em componentes que estão parcialmente montados ou quando se trata de um conjunto, o inspetor deverá se certificar da existência de alguma parte a qual possua elastômeros, pois o Líquido Penetrante pode causar danos em função dos produtos químicos que o compõem.

### 3.2. Sensibilidade

O nível de sensibilidade do Líquido Penetrante é a capacidade de se detectar, ou melhor, visualizar os defeitos e/ou descontinuidades das inspeções realizadas, ou seja, quando um mesmo defeito é detectado, contudo um dos agentes demonstra melhor aquela condição este é mais sensível.

### 3.3. Tipo de Líquido Penetrante a ser aplicado

Para peças e componentes aeronáuticos, somente é utilizado o líquido penetrante Tipo I, conforme previsto na norma ASTM-E 1417, no entanto os líquidos penetrantes são classificados quanto a seu tipo conforme tabela 1.

TABELA 1: Tipo de líquido penetrante.

TIPO	CLASSIFICAÇÃO
Tipo I	Fluorescente Colorido
Tipo II	Visível Colorido

Fonte: Própria do autor

### 3.4. Método de Remoção do Líquido Penetrante

Os métodos de remoção do Líquido Penetrante são classificados conforme tabela 2 e são escolhidos conforme tipo de penetrante aplicado a superfície:

TABELA 2: Métodos de Remoção.

MÉTODO	CLASSIFICAÇÃO
Método A	Lavável à Água
Método C	Removível por Solvente
Método B,D	Pós emulsificável hidrofílico/Lipofílico

Fonte: Própria do autor

Quando se usa remoção pelo método A, a lavagem com jato de água é satisfatória a menos que de outra forma definido pelo inspetor nível 3;

Os penetrantes removíveis pelo método C são os mais utilizados e quase sempre esta atrelado a inspeções locais;

Alguns tipos de penetrantes são removidos pelo método B/D, ou seja, por meio de um emulsificador que reage com o penetrante e tornando o lavável em água.

### 3.5. Formas dos reveladores aplicados na inspeção por Líquido Penetrante

A forma de apresentação dos reveladores aplicados ao ensaio por Líquido Penetrante é classificada conforme tabela 3:

TABELA 3: Forma dos reveladores.

<b>FORMA</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
FORMA A	Pó Seco
FORMA B	Solúvel em água
FORMA C	Suspenso em água
FORMA D	Não aquoso para LP tipo I (fluorescente)
FORMA E	Não aquoso para LP tipo II (visível)
FORMA F	Aplicações Específicas

Fonte: Própria do autor

A forma A é geralmente usado com penetrantes fluorescentes. Os primeiros pós usados eram talco ou giz; atualmente os melhores reveladores consistem de uma combinação cuidadosamente selecionada de pós.

A forma B, elimina problemas como, por exemplo, a dispersão. No entanto, a água utilizada para dissolver o revelador pode provocar corrosão no material; para diminuir esse problema, deve-se adicionar um inibidor de corrosão à solução e controlar a concentração.

A forma C é quase sempre usada em inspeção pelo método fluorescente e é um método que pode ser aplicado na inspeção automática. A suspensão deve conter agentes dispersantes, inibidores de corrosão e agentes que facilitam a remoção posterior. A suspensão aumenta a velocidade de aplicação quando o tamanho da peça permite mergulhá-la na suspensão

A forma D e E é muito eficaz para conseguir uma camada adequada, fina e uniforme sobre a superfície. Como os solventes volatilizam rapidamente, existe pouca possibilidade de escorrimento do revelador e sua aplicação deve ser feita por meio de pulverização. Quando aplicados em materiais inoxidáveis austeníticos, titânio e ligas à base de níquel, os solventes devem ser analisados quanto aos teores de contaminantes, tais como enxofre, flúor e cloro.

A forma F trata-se de uma aplicação específica geralmente definida pelo inspetor nível 3 através de um procedimento adequado.

### **3.6. Classificação dos Solventes**

Os solventes aplicados para a remoção do Líquido Penetrante ou limpeza da superfície a ser ensaiada são classificados conforme tabela 4, sendo solventes halogenados oriundos de substâncias orgânicas que apresentam solubilidade e volatilidade sendo utilizado como diluentes por exemplo.

TABELA 4: Classe dos solventes

CLASSE	CLASSIFICAÇÃO
Classe 1	Halogenado
Classe 2	Não Halogenado
Classe 3	Aplicações Específicas

Fonte: Própria do autor

## 4. SEQUÊNCIA BÁSICA DO ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE

### 4.1. Preparação Superficial

Toda a superfície a ser ensaiada deve estar limpa, seca, livre de óleos, graxa, corrosão, poeira, resíduos químicos, tintas, contaminação ou qualquer outro fator que interfira na aplicação ou eficiência do ensaio. A limpeza poderá ser efetuada utilizando-se produtos previamente aprovados pelo fabricante dos componentes ou produtos testados e aprovados que não venham a causar danos na estrutura superficial dos componentes em análise.

### 4.2. Aplicação do Líquido Penetrante

O Líquido Penetrante deve ser aplicado sobre a peça toda ou área de interesse, através de spray com latas pressurizadas, imersão, derramamento ou pincelamento.

A temperatura do sistema de inspeção bem como a peça, o Líquido penetrante e o ambiente devem estar na faixa de 5 à 52°C a menos que de outra forma especificada.

### 4.3. Tempo de Penetração (Permanência) do Líquido Penetrante

O tempo de penetração é o tempo necessário para que o penetrante entre dentro das descontinuidades. Este tempo varia em função do tipo do penetrante, do material a ser ensaiado, da temperatura, e deve estar de acordo com a norma aplicável de inspeção. O penetrante deverá ser reaplicado caso exceda o período estipulado para evitar a secagem do Líquido penetrante dentro de possíveis descontinuidades.

### 4.4. Remoção do Excesso do Penetrante

De acordo com a entrevista cedida pelo Engenheiro e inspetor de NDT Nível 3 no respectivo método, o Sr. Sampaio, Reginaldo resumiu com base nas normas aplicáveis a este processo os métodos utilizados para remoção categorizando conforme mencionado no item 3.4 deste artigo:

*“O Método A – Penetrante lavável a água deve ser removido manualmente com um jato de água a uma pressão de no máximo 40 PSI. a temperatura da água deverá estar entre 10 e 38°C. O jato de água deverá ser aplicado com uma distância mínima de 12 in. (30 cm), este processo deve ser conduzido sob ação de uma fonte de luz UV tomando cuidado para que não haja um sobre lavagem, pois se isto acontecer, o componente deverá ser reprocessado. Após a remoção do excesso de penetrante, escoar o excesso de água certificar-se que não existam pontos com concentração de*

água, caso isto ocorra, removê-los com um papel absorvente ou com ar comprimido a uma pressão máxima de 25 PSI.”<sup>1</sup>

“Método B – Penetrante pós-emulsificável lipofílico. O emulsificador deve ser aplicado por imersão ou derramamento. Não pode ser aplicado através de pincel ou spray e não deve ser agitado enquanto estiver sobre a superfície da peça.”<sup>1</sup>

“Método C – Penetrante removível com solvente é primeiramente removido seu excesso com pano limpo que não solte fiapos ou papel absorvente. O excesso remanescente na superfície da peça em ensaio deve ser removido com um pano ou papel absorvente embebido com solvente moderadamente, para evitar excesso de solvente e conseqüente uma remoção excessiva, este processo deve ser conduzido sob ação de uma fonte de luz UV para certificar-se da completa remoção do líquido, tomando cuidado para que não haja uma remoção excessiva, pois se isto acontecer, o componente deverá ser reprocessado. A secagem para este método deverá ser conduzida somente pela evaporação natural do solvente que é altamente volátil. Para este método podemos usar o líquido penetrante lavável a água.”<sup>1</sup>

“Método D – Penetrante pós-emulsificável Hidrofílico deve ser removido com uma pré-lavagem com água, aplicação do emulsificador e lavagem. O processo de pré-lavagem deverá ser realizado no menor tempo possível, os parâmetros a ser seguidos são os mesmos descrito no Método A. O emulsificador deverá ser aplicado por imersão, nunca aplicar o emulsificador com pincel. A concentração do emulsificador deverá seguir as instruções fornecidas pelo fabricante. Enquanto o componente estiver em contato com o emulsificador, agitá-lo suavemente e este tempo não deverá exceder a 2 minutos. Após o uso do emulsificador, descartá-lo para evitar seu reuso. Remover o excesso de emulsificador obedecendo aos mesmos parâmetros do Método A”<sup>1</sup>

1- Sampaio, Reginaldo (2014) Engenheiro e inspetor nível 3 no método de líquido penetrante pelo CTA.

#### **4.5. Secagem**

Os componentes devem estar totalmente secos antes da aplicação de reveladores não aquosos ou reveladores de pó seco; para reveladores aquosos suspensos ou solúveis em água as peças deverão ser secas após a aplicação dos mesmos.

A secagem pode ser efetuada ao ar seco na temperatura ambiente ou em estufas com uma temperatura máxima de 71°C (160°F).

#### **4.6. Aplicação do Revelador**

As peças ou componentes em análise devem estar secas antes da aplicação do revelador seco ou não aquoso, para estes tipos de reveladores o inspetor deve garantir que os mesmos se encontrem de acordo com as especificações da norma ASTM-E 1417.

Quando utilizar reveladores em latas pressurizadas, deve-se aplicar uma camada fina e uniforme, mantendo uma agitação constante da lata para garantir a homogeneidade do revelador, além de manter a distância de 30cm.

A revelação consiste na aplicação de um filme uniforme de revelador sobre a superfície. O revelador é usualmente um pó fino branco. Pode ser aplicado seco ou em suspensão em algum líquido. O revelador age absorvendo o penetrante das discontinuidades e revelando-as. Deve ser previsto um certo tempo de revelação para sucesso do ensaio. Para melhor interpretação e análise das discontinuidades é de extrema importância que o inspetor acompanhe os primeiros 10 minutos de revelação.

#### 4.7. Inspeção

A inspeção deve ser realizada de acordo com as condições estabelecidas pela norma ou documento de referência, atenção especial deve ser dada a intensidade da luz negra que deve ser no mínimo  $1076 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , o inspetor deve mapear as discontinuidades reveladas e enquadrá-las no critério de aceitação e rejeição conforme a norma e/ou documento aplicável.

#### 4.8. Limpeza Final

Todas as peças ou componentes após a inspeção por Líquido Penetrante deverão passar por um processo de limpeza com a finalidade de remover os resíduos de Líquido penetrante ou revelador da superfície da peça conforme especificado na norma ASTM-E 1417.

Caso necessário, peças e componentes suscetíveis à corrosão devem ser lubrificados a fim de neutralizar a ação da corrosão sobre eles e garantir a integridade da peça ou componente em análise.

### 5. REGISTROS

Deve ser emitido um laudo técnico para todo material ensaiado. Adicionalmente, todos os registros relacionados ao ensaio deverão ser arquivados por 3 anos conforme norma de referência ASTM-E 1417.

### 6. CONTROLE DA QUALIDADE DO ENSAIO

#### 6.1. Calibração periódica de equipamentos e acessórios

O controle de qualidade da performance do sistema inclui os equipamentos, materiais e iluminação, a serem utilizados.

Os itens que serão submetidos ao controle de qualidade são estabelecidos e descritos os intervalos e prazos de acordo os requisitos da norma ASTM-E 1417.

Vide a tabela abaixo para intervalos e itens afetados;

TESTE	FREQUENCIA	PARAG. DA NORMA ASTM-E 1417
Intensidade Luz Negra	Diariamente	7.8.4.1 (2)
Integridade Luz Negra	Semanalmente	7.8.4.1
Intensidade Luz Visível	Semanalmente	7.8.4.3
Calibração Medidor Luz	Semestralmente	7.8.4.4 (2)
Limpeza da Área de Inspeção	Diariamente	7.8.4.5 (1)
Intensidade da Luz Ambiente na Área	Trimestralmente	7.8.4.5
Pressão da Água de Lavagem	Diariamente	7.8.4.6 (1)
Calibração do Medidor da Pressão da	Semestralmente	7.8.4.6 (2)
Check da Temperatura da Água de	Diariamente	7.8.4.6 (1)
Calibração do Medidor de Temperatura	Semestralmente	7.8.4.6 (2)
Calibração do Forno de Secagem ou	Trimestralmente	7.8.4.7 (2)

1- Esta verificação não necessita registro

2-Os prazos máximos entre as verificações poderão ser estendidos quando aprovados pela área técnica responsável após análise e estudos estatísticos

## 7. SEGURANÇA

Durante a realização de inspeção por Líquido Penetrante o inspetor / operador fica exposto aos vapores químicos, partículas suspensas, e agentes químicos provenientes dos reveladores, emulsificadores e penetrante os quais em contato com sua pele ou vias respiratórias pode causar danos a sua saúde com isso todo operador / inspetor, para fins de segurança, deve:

- Sempre utilizar EPIs (luvas, máscara facial, avental e óculos de proteção contra luz UV).
- Quando em contato com produtos químicos, enxague a área com água abundante.
- Não utilizar lentes de contato ou óculos com lentes fotocromáticas.

## 8. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

### 8.1. Aplicação de líquido penetrante para inspecionar componentes aeronáuticos

Levando em consideração um operador foi identificado no manual de manutenção da aeronave um tipo de ensaio que pode ser realizado no Pylon, componente responsável por fixar o motor na asa da aeronave.

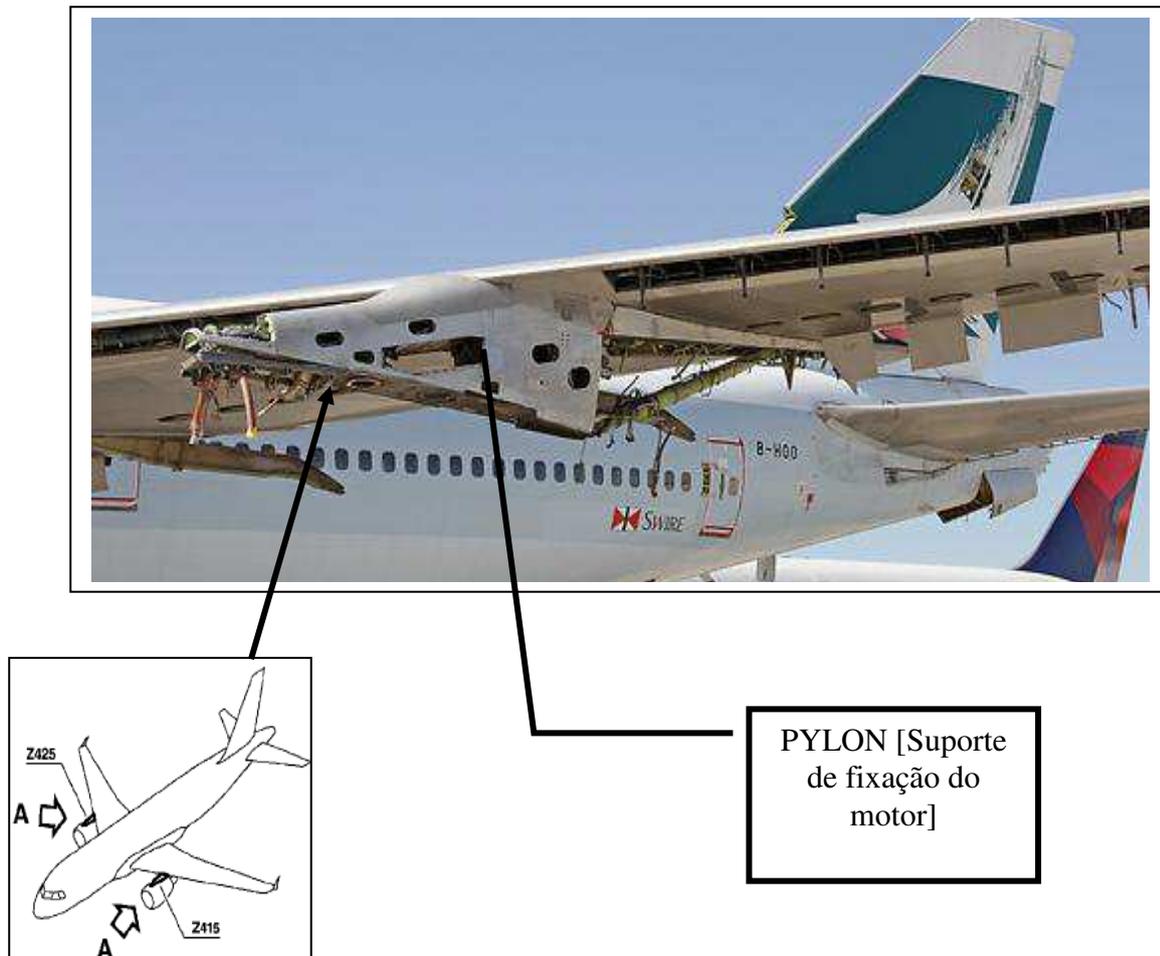
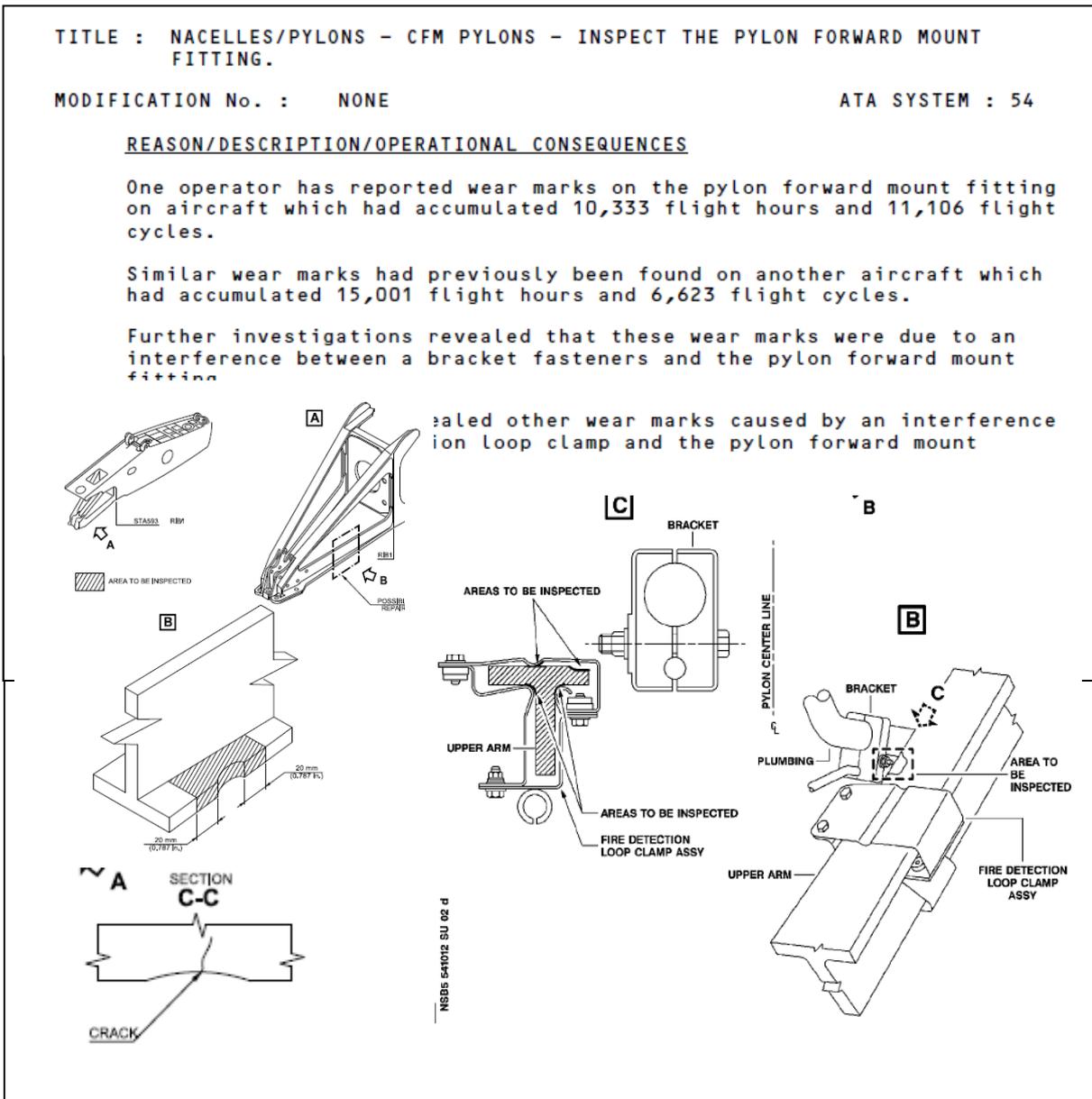


Figura 2: Pylon

Essa inspeção é oriunda mais não obrigatória de um *SB- Service bulletin A320-54-1012* conforme imagem demonstrada na figura 3.



**Figura 3: Boletim de serviço**

## 9. CONCLUSÃO

Com base no exposto neste trabalho e com exemplo de aplicação mencionado quanto às aplicações dos métodos de ensaio por líquido penetrante na indústria aeronáutica pode-se concluir que esta técnica apresenta resultados confiáveis, e precisos, e que a utilização da mesma na indústria aeroespacial só vem a contribuir com a segurança de voo, e com a sua aeronavegabilidade continuada, além de fornecer informações seguras para avaliação dos inspetores durante suas inspeções quando seguidos os procedimentos “*step by step*”.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andreucci, R. **Ensaio não destrutivo por líquido penetrante**. Ed. Set/2012.
2. GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. dos. **Ensaaios dos Materiais**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora. UNICAMP, Campinas. 2000.
3. NAS410 – **NAS Certification & qualification od nondestructive test personnel**
4. ASTM E1417/E1417M - **Standard Practice for liquid Penetrant Testing**, Ed.2013
5. NTM - **Non destructive testing manual**, Airbus World.Ed. Sep/2014.
6. MIL-STD-1907 - **Inspection, Liquid Penetrant and Magnetic Particle, Soundness Requeriments for Materials, Parts and Weldments**.
7. IS N° 43.13-003 - **Ensaaios Não Destrutivos na Manutenção de Produto Aeronáutico**.
8. IS N° 145.163-001 – **Qualificação e Autorização em Ensaaios Não Destrutivos na Manutenção de Produto Aeronáutico**.
9. ABENDI: <http://www.abendi.org.br/abendi/> (acessado em 15/11/2014).
10. Material da National Science Foundation (NSF), **Introduction to Nondestructive Testing**, USA, 2013.
11. *Service Bulletin* A320-54-1012. Disponível em [<Https://w3.airbus.com/awn/defaultgui/servlet/ServiceDispatcher?module=kernel&service=externalConnect&args=ServiceName\\$\\$AirN@v%20Engineering||Force\\$\\$true||BaseName\\$\\$ALL||BaseCustom\\$\\$GEN||LinkType\\$\\$doc||LinkDoc\\$\\$@EDCI||LinkTarget\\$\\$AWN\\_EDCI\\_SearchIndex||LinkAccess\\$\\$service=EDciIndexWindow>](https://w3.airbus.com/awn/defaultgui/servlet/ServiceDispatcher?module=kernel&service=externalConnect&args=ServiceName$$AirN@v%20Engineering||Force$$true||BaseName$$ALL||BaseCustom$$GEN||LinkType$$doc||LinkDoc$$@EDCI||LinkTarget$$AWN_EDCI_SearchIndex||LinkAccess$$service=EDciIndexWindow>), Consultado em 25/11/2014.(Airbusworld)
12. *NON DESTRUCTIVE testing in the aerospace industry*. Disponível em <http://www.theengineer.co.uk/channels/production-engineering/non-destructive-testing-in-the-aerospace-industry/1007190.article>>. Consultado em 15/11/14. (NON DESTRUCTIVE , 2011)
13. Solvente orgânico. Disponível em [HTTP.m.wikipedia.org/wiki/solvent\\_organico](http://m.wikipedia.org/wiki/solvent_organico)>. Consultado em 16/11/14. (Solventes Halogênicos)

**11 . Abstract.** The non-destructive test technique for Penetrant is widely known in the industry as a whole. This technique presents accurate results and is advantageous compared to other techniques. Thus, this work aims at presenting their application of this technique and show an example of its application. Also will present the concepts and definitions related to the liquid penetrant technique, and the findings of applications showing the contribution of this technique in the development of the aircraft industry, and in preserving the security level.