



Inspeção Não Intrusiva em Vaso de Pressão

Prática Recomendada PRe-005

Comissão Técnica de Inspeção Não Intrusiva - Abendi

06.07.2023



Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVO.....	6
3	NORMAS DE REFERÊNCIA.....	6
4	TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS.....	7
5	PROPÓSITO DA INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVA.....	10
5.1	Conceito.....	10
5.2	Metodologia da INI.....	10
5.3	Vantagens da INI.....	11
5.3.1	Segurança.....	11
5.3.2	Redução dos Custos de Manutenção.....	12
5.3.3	Redução das Perdas de Produção.....	12
5.4	Processo de Trabalho da INI.....	12
6	FASE A – TOMADA DE DECISÃO.....	13
6.1	Etapa Preparatória.....	13
6.1.1	Formação do Grupo de INI.....	13
6.1.2	Levantamento da Documentação Requerida.....	14
6.1.3	Inspeção Externa.....	16
6.2	Perfil do Equipamento.....	17
6.2.1	Função do Equipamento no Processo.....	17
6.2.2	Condições de Operação em Serviço.....	17
6.2.3	Experiência Operacional.....	18
6.2.4	Projeto Mecânico do Equipamento.....	18
6.2.5	Desenhos Construtivos.....	20
6.2.6	Alteração e Reparos Executados.....	21
6.2.7	Histórico das Inspeções Anteriores.....	21
6.2.8	Equipamento Similar - Histórico das Inspeções Anteriores.....	23
6.2.9	Avaliação das Descontinuidades Críticas ou Deficiências.....	23
6.3	Avaliação da Integridade Estrutural.....	24
6.3.1	Modos de Falhas.....	24
6.3.2	Análise da Risco à Corrosão (ARC).....	24
6.3.3	Inspeção Baseada em Risco (IBR) / FMEA.....	25
6.3.4	Possíveis Mecanismos de Dano e sua Localização.....	27
6.3.5	Vida Residual.....	28
6.3.6	Conclusão da Integridade Estrutural.....	29
6.4	Seleção Preliminar.....	29
6.4.1	Projeto Específico do Vaso para INI.....	29



6.4.2	Conclusão da Seleção Preliminar.....	30
6.5	Tomada de Decisão	30
6.5.1	Fatores da Tomada de Decisão	30
6.5.1.1	Confiança na Capacidade de Previsão de Danos.....	30
6.5.1.2	Efetividade das Inspeções Prévias.....	30
6.5.1.3	Severidade da Taxa de Deterioração.....	31
6.5.2	Possibilidade de Execução da INI.....	31
6.5.3	Agendamento da INI ou Parada	32
6.6	Registro da Decisão.....	32
7	FASE B – PLANEJAMENTO DA INSPEÇÃO	33
7.1	Grupo de Planejamento da INI	33
7.2	Definição das Zonas do Vaso a Inspeccionar.....	33
7.2.1	Fatores de projeto e fabricação	33
7.2.2	Fatores operacionais.....	33
7.2.3	Fatores relativos as inspeções anteriores	34
7.3	Tipos de Degradação.....	34
7.4	Estratégia de Inspeção ou Tipo de Inspeção Resultante	35
7.5	Efetividade Mínima Requerida para a Inspeção.....	37
7.6	Cobertura para Aplicação dos END nos Componentes do Vaso	39
7.7	Critério de Seleção do Método de END	40
7.8	Plano de Inspeção Não Intrusiva (Plano de INI).....	42
7.9	Revisão do Plano de INI	44
7.9.1	Sondagem ao mercado.....	44
7.9.2	Condição de Operação	44
7.10	Documentação para a Inspeção	45
7.11	Programa de Inspeção.....	45
7.11.1	Declaração da Escolha Do Método.....	45
7.11.2	Programa de Inspeção.....	45
7.12	Emissão do Relatório da INI – Fase A e Fase B.....	45
8	FASE C – ATIVIDADES DE INSPEÇÃO NO CAMPO.....	45
8.1	Forma de execução dos END.....	45
8.2	Memorial Descritivo para Contratação dos END e Serviços de Apoio.....	46
8.2.1	Condições Gerais de Execução	46
8.2.2	END a serem Executados	46
8.2.3	Identificação e Rastreabilidade dos Relatórios de Resultados	47
8.2.4	Aplicação dos END	48
8.2.5	Qualificação de Inspetores e Procedimentos	48



8.2.6	Documentação da Contratada	49
8.3	Seleção da Empresa Contratada.....	49
8.4	Executando a Inspeção	49
8.4.1	Reunião Inicial.....	49
8.4.2	Execução dos Ensaios	50
8.5	Tratamento das Não Conformidades.....	51
8.6	Relatório de Resultados	54
8.7	Desmobilização da Equipe	54
9	FASE D – AVALIAÇÃO DA INSPEÇÃO	54
9.1	Processo de Avaliação da Inspeção.....	54
9.2	Parâmetro de Avaliação - Eficácia da Inspeção e END	56
9.3	Parâmetro de Avaliação - Procedimento.....	57
9.4	Parâmetro de Avaliação - Qualidade dos Dados	58
9.5	Parâmetro de Avaliação - Localização	58
9.6	Parâmetro de Avaliação - Cobertura	59
9.7	Níveis de Conformidade	59
9.8	Não Conformidade Crítica	63
9.9	Tratamento das Descontinuidades Reportáveis.....	64
9.10	Validação da Integridade Estrutural	66
9.11	Exemplos.....	66
9.9.1	Inspeção Tipo A	66
9.9.2	Inspeção Tipo B	67
9.9.3	Inspeção Tipo C	71
10	FASE E – METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DO INTERVALO DE INSPEÇÃO	71
10.1	Intervalos ajustados por comparação com a capacidade relativa da IVI.....	74
10.1.1	Fundamentos	74
10.1.2	Sem inspeção anterior.....	74
10.1.3	Fluxograma indica que a INI não é recomendada	74
10.1.4	Exemplo.....	77
10.2	Intervalos Seguindo Não Conformidade nos Tipos de Inspeções	78
10.3	Intervalos Estabelecidos	81
10.4	Análise Detalhada	82
10.4.1	Exemplos.....	83
10.4.2	Falta de Cobertura na Inspeção Tipo A	83
10.4.3	PoD reduzida na inspeção do Tipo A	85
10.4.4	PoD Reduzida na Inspeção do Tipo C	86
10.4.5	Qualidade de Inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 1	88



10.4.6	Qualidade de Inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 2.....	90
10.4.7	Qualidade de inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 3.....	90
10.5	Definição do Intervalo no Plano de INI	91
10.6	Relatório de INI para as Fases C, D e E.....	91



1 INTRODUÇÃO

Os recipientes sob pressão e os sistemas de pressão representam equipamento de alto risco, cuja avaria pode ter consequências graves. Por isso, são obrigados a submeter-se a inspeções periódicas, para assegurar a integridade. Isto é frequentemente realizado através de uma inspeção visual interna (IVI) associada a utilização de métodos de ensaios não destrutivos (END) para a detecção de defeitos superficiais, tais como Líquido Penetrante e Partículas Magnéticas. No entanto, pode haver custos muito elevados associados a paralização da produção devido a necessidade de isolar e preparar o equipamento para a entrada. De fato, estes custos podem ser muito superiores ao custo da inspeção propriamente dita. Além disso, os distúrbios mecânicos envolvidos ao preparar o equipamento para a inspeção interna e ao reinstalá-lo podem afetar negativamente o seu futuro desempenho. Finalmente, e não menos importante, o acesso de pessoal também pode ser perigoso.

Pode, portanto, haver vantagens significativas se as inspeções forem realizadas a partir do exterior do recipiente sem quebrar a contenção, ou seja, não invasivamente. No entanto, é necessário que haja um equilíbrio entre alcançar estes benefícios e obter o nível de informação necessário para assegurar uma operação contínua segura e confiável. O nível de informação exigido pela inspeção tem de ser considerado no contexto do risco e das consequências de acidentes graves de falha de equipamento sob pressão. A aceitabilidade e os benefícios da inspeção não intrusiva para um determinado recipiente dependerão de uma série de fatores, incluindo:

- geometria do vaso de pressão;
- materiais;
- potenciais mecanismos e modos de deterioração;
- localizações e tamanhos de falhas de interesse;
- processo;
- dados históricos de inspeção;
- confiança na capacidade de inspeção;
- custos de inspeção.

As técnicas de Inspeção Não Intrusiva (INI) do equipamento estão a tornar-se cada vez mais sofisticadas e mais amplamente disponíveis. O processo INI está bem consolidado e, enquanto pode ser frequentemente a opção preferida, a INI continua a ser uma abordagem subutilizada, em comparação com as técnicas tradicionais de inspeção. Como tal, nem todos os engenheiros responsáveis pelo planeamento da inspeção têm experiência e confiança na aplicação da INI.

Há também necessidade de informação adicional sobre a crescente variedade de métodos disponíveis para inspecionar de forma não intrusiva o equipamento, cada um com as suas capacidades e limitações específicas.

Este documento aborda a necessidade da indústria de uma abordagem estruturada da INI, com o objetivo de facilitar a sua aplicação. Reconhecendo que a aplicação de INI será frequentemente em equipamentos onde as consequências de uma falha podem ser graves. Como tal, visa um nível adequado de rigor ao longo de todo o processo para que os riscos sejam efetivamente geridos.



Embora este documento aborde especificamente a INI e se destine a facilitar uma abordagem estruturada da INI, o valor da Inspeção Visual Interna (IVI) no processo de gestão da integridade continua a ser reconhecido. Como tal, devem ainda ser aproveitadas oportunidades para a IVI quando estas surgirem, por exemplo, quando a entrada for planejada por outras razões, mesmo quando a INI tiver sido avaliada como apropriada.

Esta Prática Recomendada se baseou na Guia do Hois DNV Recommended Practice, DNV-RP-G103, Non-Intrusive Inspection, January 2011 e na ABNT NBR 16455.

Muitas das recomendações deste documento não são exclusivas da inspeção não intrusiva, uma vez que um planejamento e administração adequados são também importantes para a inspeção interna. O documento deve ser considerado em conjunto com outras diretrizes relevantes.

2 OBJETIVO

Esta Prática Recomendada sugere um processo de trabalho que facilite a utilização da ABNT NBR 16455, minimizando as dificuldades que têm sido encontradas para o emprego da INI.

Esta Prática Recomendada destina-se aos profissionais habilitados (PH), proprietários de equipamentos, engenheiros, técnicos e inspetores responsáveis pelo planejamento da inspeção de equipamentos;

Apesar da ABNT NBR 16455 conter no título referência apenas a vasos de pressão, no corpo da norma fica estendida sua aplicação a vasos metálicos e seus acessórios, casco de trocadores de calor, tanques de armazenamento e tubulações de grande diâmetro.

Esta Prática Recomendada está alinhada com a NR-13 (Norma Regulamentadora para Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, regulamento de segurança e saúde do Governo Federal), com aplicação específica para vasos de pressão, nas plantas industriais que possuam Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE) certificado para INI. Para esta condição o emprego da ABNT NBR 16455 possibilita a extensão do intervalo da inspeção interna, mas necessita de uma homologação prévia, seguindo as diretrizes definidas no documento P-10 (Procedimento de Inspeção Não Intrusiva do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis [IBP]).

Conforme a revisão 2022 da NR-13, as empresas que possuam SPIE certificado (Anexo II) podem executar, em vasos de pressão, uma INI, conforme artigo 7º, de acordo com a metodologia especificada na norma ABNT NBR 16455, desde que esta seja obrigatoriamente sucedida por um exame visual interno em um prazo máximo correspondente a 50 % do intervalo inicial para todas as categorias de vasos de pressão.

Destacamos o item 6 da P-10: “a INI também pode ser utilizada como alternativa para a inspeção de vasos sem acesso interno ou externo ou para vasos de pressão com enchimento interno ou catalisador, nestes casos, a NR-13 não prevê realização de Inspeção Piloto”.

3 NORMAS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta PRe.



NR-13 Norma Regulamentadora - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento (2022)

ABNT NBR 16455 de 06/2016 – Vasos de pressão – Metodologia para inspeção não intrusiva

Recommended Practice, Det Norske Veritas, DNV-RP-G103, Non Intrusive Inspection, January 2011

Risk-Based Inspection Methodology API Recommended Practice 581, Third Edition, April 2016, Addendum 1, April 2019

API 579 Recommended Practice: Fitness for Service

P-10 Procedimento de Inspeção Não Intrusiva do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) Revisão 01

4 TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos, definições e abreviaturas da ABNT NBR 16455 e os seguintes.

4.1 alteração

mudança física de qualquer componente que tenha implicações no projeto e que afeta a capacidade de resistir à pressão de um vaso, além do escopo descrito nos relatórios de dados existentes. Os exemplos seguintes podem ser considerados alterações: qualquer substituição comparável ou duplicação, a adição de um flange de reforço de menor ou igual tamanho do flange de reforço existente, e a adição de flanges sem o devido reforço

4.2 ARC

análise de risco de corrosão

4.3 avaliação de integridade

serviço de engenharia empreendido em certo momento da vida operacional de um equipamento ou tubulação destinado a cumprir pelo menos um dos seguintes objetivos:

- (I) verificar se permanece atendida a adequação ao uso;
- (II) estimar a vida remanescente ou garantir uma fração da vida remanescente durante a qual o risco permaneça aceitável;
- (III) definir eventuais intervenções corretivas ou preventivas de manutenção capazes de aperfeiçoar a adequação ao uso.

4.4 adequação ao uso

condição do equipamento ou tubulação cuja operação atende às exigências de segurança e funcionalidade

4.5 causas concorrentes

causas que prestam de modo serial, ou paralelo, alguma contribuição para a manifestação da falha, seja elevando a probabilidade de ocorrência, seja intensificando as consequências



4.6 causa raiz

causa suficiente que determina isoladamente o comprometimento da adequação ao uso

4.7 comprometimento

característica original ou adquirida do equipamento, tubulação ou sistema que tem a adequação ao uso significativamente ameaçada

4.8 consequência de falha (COF)

qualifica ou quantifica a extensão das perdas que uma eventual falha pode causar em termos de:

4.9 dano

manifestação que se instala em um equipamento ou tubulação cuja progressão ao longo do tempo pode chegar a comprometer sua adequação ao uso

EXEMPLOS (I) perda de espessura;

(II) trinca;

(III) fragilização do material decorrente de reação metalúrgica.

4.10 defeito

dano acumulado que alcança intensidade capaz de expor a operação de um equipamento ou tubulação a um risco inaceitável

4.11 END

ensaio não destrutivo

4.12 falha

evento que determina a imediata inadequação ao uso de um equipamento ou tubulação

4.13 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis

4.14 funcionalidade

condição do equipamento ou tubulação que cumpre as funções a que se destina, independente de atender ao requisito de segurança

4.15 inspeção baseada em risco - IBR

metodologia que considera estatisticamente probabilidade e consequência dos danos existentes nos equipamentos para estabelecer o risco envolvido e definir prioridades de inspeção e de mitigação das consequências de acidentes, que porventura possam ocorrer

4.16 inspeção convencional

inspeção visual com o objetivo de verificar a integridade estrutural do equipamento

4.17 inspeção interna

exame da superfície interna e de componentes internos de um equipamento, executado visualmente, com

o emprego de ensaios e testes apropriados para avaliar sua integridade estrutural

4.18 mecanismo de dano

processo de natureza física, química, metalúrgica ou mecânica que nucleia e promove a acumulação do dano em equipamento, tubulação ou sistema

4.19 não conformidade

característica apresentada por um equipamento ou tubulação em desacordo com o código de projeto que rege sua construção

- EXEMPLOS
- (I) espessura de parede abaixo da espessura mínima de projeto;
 - (II) descontinuidades além dos limites de aceitação estabelecidos na norma específica do produto;
 - (III) material não previsto no Código de Projeto ou distinto daquele que foi adotado no dimensionamento

4.20 PAR

Projetos de Alterações e Reparos

4.21 PMTA

Pressão Máxima de Trabalho Admissível

4.22 probabilidade de detecção, *probability of detection* (PoD)

quantifica a probabilidade de detecção de uma técnica não destrutiva

4.23 probabilidade de falha (POF)

qualifica ou quantifica a probabilidade da ocorrência de falha em um equipamento ou tubulação

4.24 PSV

válvula de segurança e alívio

4.25 reparo

recomposição do equipamento utilizando solda ou outro processo similar, visando retornar às condições iniciais do projeto

4.26 risco

produto da probabilidade de ocorrência de uma falha (POF) por sua consequência estimada (COF)

- integridade física de circunstantes;
 - danos ao meio ambiente;
 - adequação ao uso de equipamentos vizinhos;
 - prejuízos econômicos em recuperação e substituição;
 - perda de produção;
 - transgressões à legislação vigente e perda de certificações; e
-



- danos à imagem da empresa proprietária

4.27 segurança

condição do equipamento ou tubulação que permanece operando sem ameaçar a integridade física e a saúde de pessoas e o meio ambiente

4.28 vida operacional

tempo de serviço cumprido até determinado momento por um equipamento ou tubulação a contar do início de sua produção comercial. A vida operacional exclui o tempo aplicado no comissionamento durante o período pré comercial. Salvo esclarecimento específico, inclui o tempo decorrido durante as interrupções da operação causadas por paradas de manutenção, ou outro qualquer motivo

4.29 vida útil

tempo de serviço a ser cumprido por um equipamento ou tubulação entre o início de sua produção comercial e a perda da adequação ao uso

4.30 vida remanescente

tempo de serviço que resta a um equipamento ou tubulação antes do esgotamento da vida útil

4.31 vida de referência

hipótese de projeto assumida no dimensionamento daqueles equipamentos ou tubulações para os quais se pressupõe a vida útil limitada por ação de certo mecanismo de dano para a definição da vida

5 PROPÓSITO DA INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVA

5.1 Conceito

Vasos de pressão estão sujeitos a inspeção interna periódica requerido por legislação, como condição para a operação contínua, segura e confiável.

Tradicionalmente a inspeção interna periódica tem sido feita por meio da IVI, o que acarreta perda de produção, custos de preparação para entrada além de riscos do espaço confinado. Os custos associados à preparação para o acesso interno e o custo da própria inspeção interna e dos ensaios são custos inerentes a IVI, que podem ser reduzidos com a INI. Além do aspecto do custo existe todo um risco de colocar pessoas em espaços confinados, anteriormente preenchidos por produtos químicos perigosos, o que pode ser evitado com a INI.

5.2 Metodologia da INI

A norma ABNT NBR 16455 estabelece uma metodologia para inspecionar o equipamento pela parte externa substituindo a inspeção interna, sem a necessidade de abrir o equipamento, isto é, realizando uma inspeção não invasiva.

A norma ABNT NBR 16455 estabelece os requisitos para realização da INI, porém reconhece-se que a norma tem apresentação pouca amigável, com uma sequência de aplicação nem sempre lógica, com redundâncias desnecessárias, gerando repetições de atividades na sua aplicação. Isto gera uma quantidade desnecessária de profissionais para a preparação e para o planejamento, elevando os custos, e, às vezes, indicando aos usuários da norma como se ela fosse economicamente pouco atrativa.



Esta PRe procura contornar estas dificuldades, com uma orientação lógica, embasado no conceito de processos de trabalho. Assim as redundâncias são racionalizadas e o foco passa a ser a produtividade dos recursos na aplicação da norma.

Importante frisar que não existe nesta Prática Recomendada (PRe) qualquer alteração ou supressão, nos requisitos da ABNT NBR 16455, garantindo a aplicação de todos os itens da norma. Esta PRe apresenta os requisitos em forma de processo de trabalho, colocando as etapas numa sequência lógica, removendo assim as barreiras para o emprego da INI. O fundamental é garantir o atendimento a norma e como consequência uma adequada inspeção no equipamento, garantindo a operação sem risco e sem vazamento de produto.

Uma inspeção interna com um inspetor de equipamentos no interior de um vaso de pressão nem sempre implica numa inspeção mais eficiente pelas dificuldades para a realização da inspeção interna devido aos equipamentos de proteção individuais obrigatórios – máscara de ar mandado, luminosidade interna portátil e com lâmpada, desconforto de roupas especiais, linha de vida para resgate, além do desconforto de locomoção em espaços restritos. Há que se considerar também o efeito psicológico do inspetor estar num espaço confinado, que normalmente opera com um produto perigoso.

Por outro lado, a INI requer um profundo conhecimento do projeto, dos mecanismos de dano e sua localização, da experiência com equipamentos similares, estudo da deterioração, e emprego de ensaios não destrutivos adequados pela parte externa.

Estes aspectos da realização da inspeção visual interna versus a inspeção não intrusiva devem ser considerados na tomada de decisão da inspeção não intrusiva.

5.3 Vantagens da INI

5.3.1 Segurança

Na indústria de processamento contínuo, os cuidados com a segurança das pessoas são muito relevantes, por conta de vários acidentes em vários locais pelo mundo. Apesar dos acidentes mais temidos sejam os acidentes de processo, em que as consequências podem ter dimensões catastróficas, os acidentes de trabalho também são tratados com muito cuidado. Os acidentes de trabalho podem afetar diretamente a saúde financeira da empresa ou no mínimo acarretar diversos custos. Logo, o resultado da diminuição de homem hora de exposição ao risco (HHER) é relevante para a tomada de decisão pelo uso da INI.

Embora não tenha sido apresentada uma relação direta entre o HHER e a probabilidade de ocorrer acidentes de trabalho, é intuitivo que a menor exposição ao risco diminui a probabilidade de o acidente ocorrer. Seria oportuno conseguir fazer uma relação entre o HHER e a probabilidade de acidente, para conseguir quantificar de forma probabilística o quanto o uso da INI é favorável. Conseguindo esta relação probabilística, os valores de probabilidade poderiam ser correlacionados aos custos médios de acidentes do trabalho.

Outra conclusão fundamental é a diminuição do risco de acidente de trabalho. Além dos custos diretos com o acidente, como indenizações, paradas operacionais, custos jurídicos, entre outros, há custos de seguro de acidente de trabalho que podem ter seu fator multiplicador aumentado.

Ainda, citando-se como vantagem, evitar a eventual reatividade quando da abertura do equipamento do produto residual com o oxigênio/umidade presente no ar.

5.3.2 Redução dos Custos de Manutenção

A maior quantidade de trabalho, para a execução de inspeção interna, leva a custos maiores. Entretanto, os custos de INI com equipamentos maiores não são proporcionalmente maiores. Portanto, o ganho financeiro deve ser maior utilizando INI em equipamentos maiores, como esferas. Desta forma, fica demonstrada a importância de saber os custos de inspeção interna de cada equipamento e seus custos de parada operacional para a tomada de decisão sobre a INI.

Os resultados da aplicação da INI mostram que ganhos financeiros são possíveis em comparação com a IVI. Porém, a empresa que a for utilizar deve conhecer muito bem seus custos, principalmente seus custos de parada operacional e possíveis lucros cessantes.

5.3.3 Redução das Perdas de Produção

O custo logístico com a parada de um equipamento de um sistema pode ser muito alto. Os valores podem ultrapassar muitas vezes o próprio custo de realizar a inspeção.

Os custos relacionados à parada de equipamento são muito maiores que os custos de inspeção, as simplificações do método de valor presente líquido são suficientes para a tomada de decisão e estimar economias feitas com a aplicação da técnica da INI.

Evidentemente, os custos de inspeção são uma preocupação importante e, na maioria dos casos, os custos da INI são maiores que os da IVI. Mas, talvez o maior ganho conseguido com o uso seja na qualidade das informações obtidas quanto aos mecanismos de dano realmente existentes nos vasos (e sua real extensão) e, conseqüentemente, os ganhos maiores são relativos a confiabilidade obtida quanto a integridade dos equipamentos que sofreram INI em substituição a IVI.

Além disso a liberação dos recursos de manutenção para a execução de outros serviços mais prioritários para a otimização da produção.

5.4 Processo de Trabalho da INI

Apresentamos abaixo as fases de desenvolvimento da INI:

Fase A – Tomada de Decisão

Fase B – Planejamento da Inspeção

Fase C – Atividades de Inspeção em Campo

Fase D – Avaliação da Inspeção

Fase E – Intervalo de Inspeção

Para cada fase foi estruturada um processo de trabalho, com uma sequência lógica de desenvolvimento, sob a forma de fluxogramas, indicando a sequência das etapas a serem seguidas. Cada etapa tem indicado na parte superior no topo o número do requisito da ABNT NBR 16455 e na parte inferior o número da sequência indicada nesta PRe.

A grande vantagem de se usar a sequência de etapas indicada nos fluxogramas é a eliminação de exigências da ABNT NBR 16455, de forma repetitiva. Assim os fluxogramas atendem todos os requisitos da ABNT NBR 16455, porém, numa sequência racional, lógica, evitando o “andar em círculos”.

À proporção que o trabalho progredir, seguindo das etapas desta PRe, devem ser feitos os registros de cada etapa em um relatório padronizado e previamente estruturado, com a mesma sequência dos itens desta PRe. Esta forma de trabalho representa um ganho considerável na produtividade. Note-se que, para equipamento em análise de INI, devem ser emitidos apenas dois relatórios: um relatório para as fases A, B e outro para as fases C, D.

6 FASE A – TOMADA DE DECISÃO

6.1 Etapa Preparatória

Deve ser feito um estudo da atratividade econômica da INI no site, comparando os custos da metodologia tradicional de inspeção interna intrusiva e comparando com os custos da inspeção INI, considerando-se os seguintes itens:

- o custo de produção;
- o custo de manutenção-preparação para entrada no interior do equipamento;
- os riscos de acesso ao espaço confinado.

Este estudo gera uma Lista de Oportunidades INI, sendo a base para a tomada de decisão para a implantação da INI no site, definição dos equipamentos e prioridade.

Esta PRe é aplicável aos equipamentos selecionados e parte da Lista de Oportunidades INI.

6.1.1 Formação do Grupo de INI

Recomenda-se que o grupo multidisciplinar seja formalmente designado pela Alta Administração e constituído pelos seguintes profissionais:

- Profissional Habilitado – Coordenador - coordena trabalho INI e aprova os documentos emitidos;
- Inspetor - responsável por coletar toda a documentação requerida, em papel e eletrônica;
- Operação – responsável por fornecer as informações operacionais e endossar conclusões;
- Engenharia de Processo - responsável por fornecer as informações de processo e endossar conclusões;
- Planejamento de Manutenção – responsável por fornecer informações técnicas e apoiar na execução do planejamento de inspeção;
- Segurança - responsável por fornecer as informações associadas a segurança pessoal e endossar conclusões.

A presença de um consultor externo, especialista em INI, pode ajudar na organização das informações para análise do grupo.

O grupo deve selecionar o equipamento para o projeto piloto:

- 1) O equipamento selecionado deve ter uma documentação detalhada - "equipamentos sem relatórios de inspeção não são elegíveis a INI (Item 6.2.5 da ABNT NBR 16455)";
- 2) O foco da inspeção inicial do projeto piloto é a Homologação da INI, devendo-se evitar a seleção de equipamentos com mecanismos de degradação complexos que levem a questionamentos técnicos sobre a integridade mecânica. Foco inicial do projeto piloto é a certificação do processo INI atendendo o P10;

Esta PRe se aplica no desenvolvimento do trabalho da INI, seja no projeto-piloto ou na inspeção de rotina, após o site estar habilitado para uso da INI.

Tanto a NR-13 – Grupo Multidisciplinar, como o P10 (Procedimento IBP para Inspeção Não Intrusiva) – requerem uma Equipe Multidisciplinar.

“P10 - Equipe Responsável – Equipe de profissionais de diferentes especialidades, formalmente designada, coordenados por um Profissional Habilitado (PH) do SPIE, com propósito de implementar ações e tomar decisões sobre INI.”

Na reunião inicial, o PH deve apresentar as etapas de processo INI e as responsabilidades dos membros.

Todas as reuniões devem ser registradas em Atas, usando modelo padronizado de Registro das Reuniões.

O grupo multidisciplinar formado deve avaliar os critérios adotados na Lista de Oportunidades INI por unidade, identificando os equipamentos elegíveis de postergação do intervalo de inspeção interna.

6.1.2 Levantamento da Documentação Requerida

Devem ser coletados todos os documentos necessários à INI num equipamento selecionado, conforme Tabela 6.1.2.

Tabela 6.1.2 – Lista de Documentos Necessários à INI

DOCUMENTO	PROCESSO	CLASSE
	Fluxograma processo	Obrigatório
	Folha de Dados (Data Sheet)	Obrigatório
	Relação dos Instrumentos críticos	Recomendado
	Estudo de Operacionalidade e Risco (Hazard and Operability Study – HAZOP)	Obrigatório
	Relatório de Investigação de acidentes operacionais	Recomendado
DOCUMENTO	OPERAÇÃO	
	Manual de Operação	Recomendado
	Registro variáveis essenciais (pressão, temperatura- 12 meses)	Recomendado
	Registro de Contaminantes em analisadores (12 meses)	Recomendado
	Memória de Cálculo da Válvula de Segurança	Recomendado
	Especificação das tubulações (<i>pipe spec</i>)	Recomendado

Tabela 6.1.2 (continuação)

DOCUMENTO	PROJETO	
	Desenho de Conjunto	Obrigatório
	PMTA	Recomendado
	Desenho de Detalhes	Recomendado
	Memorial de Cálculo	Obrigatório
DOCUMENTO	FABRICAÇÃO	
	<i>Data Book</i> de Fabricação	Recomendado
	Certificado de Materiais	Recomendado
DOCUMENTO	ALTERAÇÃO E REPARO	
	Projeto de Alteração e Reparo	Recomendado
DOCUMENTO	INSPEÇÃO E ENSAIOS	
	Plano de Inspeção do Equipamento	Recomendado
	Relatório de Instalação	Recomendado
	Relatórios Inspeção Externa Equipamento (desde a partida)	Obrigatório
	Relatórios Inspeção Interna Equipamento (desde a partida)	Obrigatório
	Relatórios Teste Hidrostático Equipamento (desde a partida)	Obrigatório
	Relatórios Medição Espessura Obrigatório	Obrigatório
	Relatórios Inspeção Similar – externo, interno, ME (desde a partida)	Recomendado
	Relatórios Inspeção Externa PSV (desde a partida)	Recomendado
	Relatórios Inspeção Interna e Calibração PSV (desde a partida)	Obrigatório
	Relatórios Inspeção Interna e Calibração PSV similar	Recomendado
	Vida remanescente	Recomendado
	Relatórios Ensaio Não Destrutivos	Recomendado
	Calibração PI	Recomendado
	Recomendações de Inspeção (REC)-Pendentes	Recomendado

Os documentos coletados devem ser arquivados na forma eletrônica, num *folder* associado ao *tag* do equipamento, ver Figura 6.1.2, definindo-as na reunião inicial de formação do grupo multidisciplinar os responsáveis pela coleta dos documentos acima e o prazo limite para obtê-los.



Figura 6.1.2 – Abrangência da INI

Sugerimos que estes arquivos sejam colocados em “nuvem”, facilitando o acesso do que foi coletado.

Na reunião posterior do grupo multidisciplinar, caso algum documento **obrigatório** não tenha sido coletado, será definido que o equipamento **não** pode ser submetido a INI, cabendo ao PH divulgar a informação no Site.

Caso algum documento obrigatório tenha sido coletado, porém com informações desatualizadas, será definido que o equipamento **não** pode ser submetido a INI, cabendo ao PH divulgar a informação no Site.

6.1.3 Inspeção Externa

O grupo multidisciplinar deve realizar uma inspeção externa, com o objetivo de uniformizar o conhecimento do equipamento.

Para realizar a inspeção externa, os documentos já devem ter sido coletados e analisados.

Na inspeção externa, deve ser verificado:

- confirmar identificação do equipamento (*tag*) e dados da plaqueta;
- identificar todas as entradas e saída dos produtos no equipamento e diâmetros;
- identificar posição das válvulas de segurança;
- analisar alternativas de acesso as diversas partes do equipamento (projetado para INI) ;
- identificar posição de nível interno de líquido (caso haja);

- identificar posição dos catalisadores e recheio (caso haja);
- identificar posição das bandejas (caso haja);
- identificar posição das *demisters* (caso haja);
- verificar estado do isolamento térmico e número de brechas (caso haja);
- verificar estado do *fire proof* (caso haja);
- confirmar condição de operação (contínuo ou intermitente);
- confirmar temperatura de operação externa da chapa (casco e tampos);
- confirmar classe de pressão das conexões;
- analisar posição das bocas de visita;
- identificar posição dos instrumentos;
- identificar fontes radioativas e o raio até o equipamento (caso haja);
- confirmar acesso ao tampo inferior pela saia.

6.2 Perfil do Equipamento

6.2.1 Função do Equipamento no Processo

Analisar função do equipamento no processo, utilizando os fluxogramas de processo existentes, identificando os fluidos de entrada e saída, possíveis contaminantes do processo, transientes etc.

Deve ser feito uma descrição do fluxograma do processo, em que o equipamento está inserido.

Identificar instrumentos críticos e sua posição física no equipamento para monitorar o equipamento.

Identificar possíveis contaminantes no processo.

Após a pesquisa bibliográfica da ARC (Análise de Risco de Corrosão), item 5.3.2 desta PRe, retornar a este item, avaliando impacto de possíveis contaminantes na taxa de degradação do equipamento e regiões afetados do equipamento.

As atividades realizadas na avaliação deste item devem constar no relatório.

6.2.2 Condições de Operação em Serviço

Deve ser analisado a operação do equipamento e confirmar a temperatura e pressão confrontando com os valores de temperatura e pressão como definido no projeto:

- entender o intertravamento do equipamento (parada automática via SIS) no caso de anormalidade;
 - avaliar o sistema supervisório onde o equipamento está incluso;
-

- identificar possíveis causas de descontrole operacional, como:
 - o entrada de água ou produtos contaminantes;
 - o aumento de temperatura;
 - o aumento da velocidade;
- atenção especial deve ser dada a presença de contaminantes no processo;
- identificar a presença dos seguintes grupos de contaminantes no processo:
 - o Grupo A – não causam impacto na integridade mecânica, com o equipamento em operação;
 - o Grupo B – causam impacto na integridade mecânica, com o equipamento em operação;
 - o Grupo C – causam impacto na integridade mecânica, com o equipamento fora de operação (exemplo: reatividade com oxigênio);

6.2.3 Experiência Operacional

Nesta etapa, deve ser analisado o Hazop na última revisão, nos nós críticos, e feito a análise de perigo e da operacionalidade.

Registrar efeitos de contaminantes, suas consequências e datas de ocorrência.

As atividades realizadas na avaliação deste item devem constar no relatório Grupo D – causam impacto na performance do equipamento (exemplo: contaminação do catalisador).

A Figura 6.2.3 apresenta um exemplo de Hazop.

Desvio	Causas	Salvaguardas	Cat.	Efeitos	Freq	Sev	Risco	Observações / Sugestões / Recomendações	Acidentes Incidentes Ocorridos	VUL	Nova Freq	Nova Sev	Novo Risco	Nº HAZOP	
Reação indevida (Sulfeto de Ferro+O2) durante parada para manutenção	Admissão de ar associada a entrada de Sulfeto de Ferro. A admissão de oxigênio ocorre durante a abertura do equipamento para manutenção. A entrada de sulfeto de ferro ocorre em virtude da injeção de DMDS na unidade DEFINE.	Procedimento operacional de liberação do equipamento, que contempla a lavagem com transbordamento e steam-out da coluna, bem como a lavagem intermitente durante todo o período de intervenção.	FIN												
			EST												
			DPR	Danos ao equipamento e retardo para retorno da operação (podendo ocasionar perda de produção) devido a combustão	PO	AL	MO		O9] Este cenário ocorreu no condensador de contato da V-315 no ano de 2005. O10] Após a ocorrência do cenário no condensador de contato da V-315 no ano de 2005, foi incorporada ao procedimento também em 2005, a etapa de lavagem intermitente desta coluna durante todo o período de intervenção. Após esta alteração no procedimento não houve mais ocorrência deste cenário.						N12.20
SEG	Acidente com lesão incapacitante ou fatalidade	RE	AL	MB		O11] O cenário só ocorrerá se houver: - Acesso de pessoas ao interior do equipamento, - Descumprimento do procedimento (Manual de Parada) desencadeando a reação de oxidação, com consequente ruptura de							N12.21		

Figura 6.2.3 – Exemplo de Hazop

6.2.4 Projeto Mecânico do Equipamento

Analisar desenhos de conjunto, especificação de materiais, variáveis de projeto tais como pressão projeto, pressão operação, temperatura projeto e operação, sobre espessura de corrosão, regime cíclico etc.



Analisar memória de cálculo do conjunto e componentes disponíveis no prontuário.

Elaborar cálculo dos principais componentes de forma redundante e comparar com valores adotados pelo projetista/fabricante.

Calcular a PMTA dos principais componentes, na condição novo e corroído, e comparar com o valor de adotado da abertura da PSV.

Caso sejam detectadas não conformidades no projeto, que comprometam a operação segura do vaso nas condições em que foi projetado, o PH deve desenvolver ações de adequação. Neste caso, as demais etapas da INI devem prosseguir, com esta pendência a ser resolvida.

As atividades realizadas na avaliação do projeto devem constar no relatório.

Podem ser realizados cálculos redundantes dos principais componentes, a ser anexado ao relatório

Nesta etapa deve ser coletada informações básicas sobre o equipamento e elaborar um croqui auxiliar. Isto ajudará no conhecimento progressivo do equipamento e na formação de uma visão compacta.

Este croqui deve ser usado em outras seções, quando for necessária uma representação do equipamento.

Norma Projeto	ASME VIII DIV 1
Pressão Projeto kg/cm ²	
Temperatura Projeto °C	
Pressão Operação kg/cm ²	
Temperatura Operação °C	
PMTA (novo) kg/cm ² -Ti	
PMTA (corroído) kg/cm ² -Ti	
Tag PSV	
Pressão Abertura PSV	
Fluido predominante	
Recheio	
Material Casco	
Material Tampo Superior	
Material Tampo Inferior	
Tensão admissível (psi)	
Material saia	
Espessura nominal casco, em mm	
Espessura nominal tampo s mm	
Espessura nominal tampo i mm	
Espessura mínima casco mm	
Espessura mínima tampo s mm	
Espessura mínima tampo i mm	
Sobre espessura Corrosão mm	
Eficiência de Solda	
Tratamento Térmico	
Material Isolamento Térmico	
Espessura Isolamento mm	
Material Jaqueta Isolamento	
Norma Flange	
Classe Pressão	

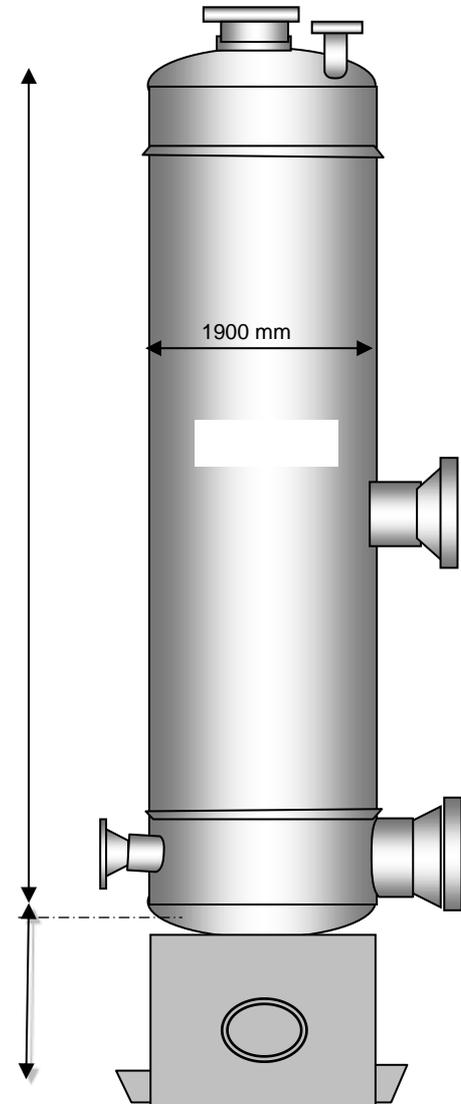


Figura 6.2.4 – Dados e croqui

6.2.5 Desenhos Construtivos

Analisar desenhos de detalhes das soldas, bocais, boca de visita, conexões.

Deve ser verificado a classe de pressão dos flanges especificados e comparado com o requisito da ASME/ANSI.

Analisar nos desenhos os seguintes detalhes:

- soldas,
- bocais,
- boca de visita,
- juntas da face flange,
- tipo de flange,
- tipo de parafusos,
- especificação das juntas
- torque definido nos parafusos.

6.2.6 Alteração e Reparos Executados

Devem ser analisados todos os PAR realizados com a memória de cálculo, especificações, fabricação, certificados, montagem, e ensaios aplicados.

Confirmar que todos os PAR estão aprovados pelo PH.

Caso sejam identificados alterações e reparos sem os PAR emitidos, relacionar estes reparos ou alterações.

6.2.7 Histórico das Inspeções Anteriores

Esta etapa coleta e resume dos relatórios de inspeção, informações sobre exames externos, exames internos, teste hidrostático, calibração de PSV medição de espessura e ensaios especiais.

Devem se relacionar por ordem cronológica todas as inspeções realizadas: exames externas, internas, teste hidrostático e ensaios realizados, inclusive a inspeção inicial e as inspeções extraordinárias.

Identificar descontinuidades e deficiências, encontrados nas inspeções anteriores e o tratamento de análise que foi dado.

Indicar as regiões do equipamento onde foram detectadas estas descontinuidades, os ensaios utilizados e monitoramento.

Esta é uma atividade essencial na INI, pois oferece uma síntese do histórico do equipamento.

Devem ser destacadas os eventos com impacto na integridade mecânica e sugerimos o uso da notação abaixo:

★ Estrela Vermelha – evento com impacto relevante na integridade mecânica;

★ Estrela Amarela – evento com impacto moderado na integridade mecânica.

Recomenda-se o uso do modelo da Tabela 6.2.7, para registrar o histórico por tipo de inspeção.

Tabela 6.2.7 – Modelo de relatório com histórico de inspeções

Nº Relatório	Data	Resumo
a) Inspeções externas		
4522	01/05/1979	Início de operação.
4964	18/12/1998	Corrosão atmosférica e danos no isolamento térmico. Nada relevante que comprometa a integridade mecânica.
b) Inspeções internas		
459502	23/03/1982	Primeira inspeção interna. Foram observadas trincas nos <i>risers</i> da bandeja acumuladora. Na bandeja #33, estava folgada e deslocada.
259503	15/09/1983	Segunda inspeção interna. Foram observadas trincas nos <i>risers</i> da bandeja acumuladora e as bandeias #22 a #24 e...
c) Medição de espessura		
1036413	10/10/2011	Medição de espessura.
1182719	10/10/2014	Medição de espessura em 16 pontos.
d) Teste hidrostático		
7946	15/12/1996	Realizado teste hidrostático com resultado satisfatório.
8958	04/06/2005	Realizado o teste hidrostático com 2,2 kg/cm ² . Resultado satisfatório.
864648	12/12/2008	Realizado o teste hidrostático com 5,3 kg/cm ² . Resultado satisfatório.
d) Calibração da PSV xyz – Protege os vasos (cascos)		
512	01/12/1996	Início de operação.
513	01/12/1996	Pressão calibração 3,5 kg/cm ² .
60353	04/06/2000	Pressão calibração 3,5 kg/cm ² .
311665	08/02/2004	Pressão calibração 3,52 kg/cm ² .

Várias conclusões decorrem da análise do histórico das inspeções anteriores:

- cumprimento do programa de inspeção legal (NR-13);
- danos encontrados e sua localização;

- mecanismos de danos atuantes até data atual, e a região do equipamento;
- análise das espessuras e comparação com a espessura mínima;
- cálculo da taxa de corrosão e da vida remanescente nos principais componentes;

6.2.8 Equipamento Similar - Histórico das Inspeções Anteriores

Esta etapa, similar a etapa 6.2.6, reúne informações sobre as inspeções realizadas, sejam exames externos, exames internos, teste hidrostático, medição de espessura e ensaios.

Os equipamentos são considerados similares quando ocorre:

- plantas similares;
- processo – os dois equipamentos operam com o mesmo processo;
- projeto – os dois equipamentos têm o projeto similar;
- material – os materiais especificados para os dois equipamentos são os mesmos;
- fluido – o fluido da corrente de processo tem a mesma composição;
- características construtivas – os dois equipamentos têm as mesmas características construtivas;
- operação – os dois equipamentos operam em condições similares.

Sugerimos usar o mesmo modelo do Exemplo A2.

Várias conclusões decorrem da análise do histórico das inspeções anteriores:

- cumprimento do programa de inspeção legal (NR-13);
- danos encontrados e sua localização;
- mecanismos de danos atuantes até data atual, e em qual região do equipamento;
- análise das espessuras e comparação com a espessura mínima;
- cálculo da taxa de corrosão e da vida remanescente nos principais componentes;

6.2.9 Avaliação das Descontinuidades Críticas ou Deficiências

Entende-se como deficiência toda descontinuidade crítica, achada durante as inspeções, que não adere ao código de projeto (exemplo: $t < \min$).

Analisar histórico de deficiências encontradas no equipamento ao longo da sua campanha.

Analisar se foram instalados cupons de corrosão ou outros meios de controle da deterioração e os resultados obtidos.

6.3 Avaliação da Integridade Estrutural

6.3.1 Modos de Falhas

As ocorrências dos modos de falha, obtidas do histórico das inspeções, devem agrupadas em:

- a) **Falhas de Desempenho ou Operacionais**, associadas a função principal do equipamento no processo como mostrado no exemplo abaixo:

Modo de Falha Operacionais
Trincas no <u>riser</u> da bandeja acumuladora
Bandejas soltas
Falta de <u>borbulhadores</u> nas bandejas
Tela contenção do recheio danificada
Obstrução da linha descarga P 312 A/B com recheio

Figura 6.3.1 a) – Exemplo de tabela de modo de falhas operacionais

Os modos de falha operacionais não têm impacto na integridade mecânica do equipamento, ou seja, não existe risco de ocorrer perda de contenção e vazamento de produto.

- b) **Falhas de Integridade Mecânica**, possibilidade de ocorrer perda de contenção e vazamento de produto como mostrado no exemplo abaixo:

Modo de Falha
Tampas de BV com severa corrosão alveolar
Pescoço de BV com severa corrosão alveolar
Alvéolos na chapa do costado na região solda – costado superior e tampo superior
Tampo da BV do topo e pescoço com severa corrosão alveolar
Deformação na tubulação de 4" do refluxo

Figura 6.3.1 b) – Exemplo de tabela de modo de falhas associadas a integridade mecânica

6.3.2 Análise da Risco à Corrosão (ARC)

Quatro tipos de análise de risco de corrosão são possíveis na ABNT NBR 16455:

- Tipo 1 – que se baseia exclusivamente nos dados do histórico de processo corrosivo no vaso;
- Tipo 2 – que se baseia no monitoramento do vaso com ensaios para acompanhamento do processo

corrosivo;

- Tipo 3 – que se baseia em estudos teóricos do processo corrosivo preocupando-se com possíveis desvios que podem ocorrer no campo;
- Tipo 4 – que se baseia na correlação entre estudos teóricos e o observado no campo.

O termo corrosão deve ser entendido como qualquer mecanismo de dano atuante.

Recomendamos o uso do ARC tipo 4, utilizando como fonte bibliográfica de pesquisa NACE, API, ASM e outros.

Fica claro que existe um aumento na confiabilidade da ARC quando se passa do tipo 1 para o tipo 4.

A opção pelo tipo de ARC 1 a 4, terá forte influência na categoria de confiança (item 5.5.1. desta PRe) e, portanto, forte influência na decisão do equipamento ser passível de INI pelos critérios da ABNT NBR 16455.

6.3.3 Inspeção Baseada em Risco (IBR) / FMEA

Cabe ressaltar que muito do conhecimento que subsidia a IBR é o mesmo requerido para justificar e planejar a INI.

**Estratégia Manutenção
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)**

No FMEA	01/2021	Data Emissão Inicial: 13/09/2021	No Revisão:
Processo/Produto		Equipamento:	Data Revisão:
Responsável:		Area	Deten.- A-200
		Página	_01_ de _01_

Equipamento Componentes	Modo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	S E V	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	O C C	Controles Atuais	D E T	R P N	Ações Recomendadas	Resp.	Ações Implementadas	Follow up da FMEA			
												S	O	D	R
	Qual a falha com entrada	Qual o efeito desta falha?	Como a severidade deste efeito?	O que causa esta falha?	Qual a frequência de ocorrência desta	Quais são os testes, métodos e técnicas para descobrir esta causa?	Como esta causa pode ser detectada?		Quais são as ações para eliminar a causa ou melhorar a detecção?	Quem é o responsável pelas ações recomendadas?	As ações recomendadas foram implementadas?				
			9	Corrosão uniforme, generalizada, pelo fluido-hidrocarboneto de baixa severidade	3	Ensaio Não Destrutivo		54	ME nos CLIM						0
Tempo Superior	Redução de espessura interna no tempo superior, abaixo da requerida	Vazamento hidrocarboneto pelo tempo superior	9	Corrosão uniforme, generalizada, pelo fluido-hidrocarboneto contaminado com água, de média	4	Ensaio Não Destrutivo		72	ME nos CLIM						

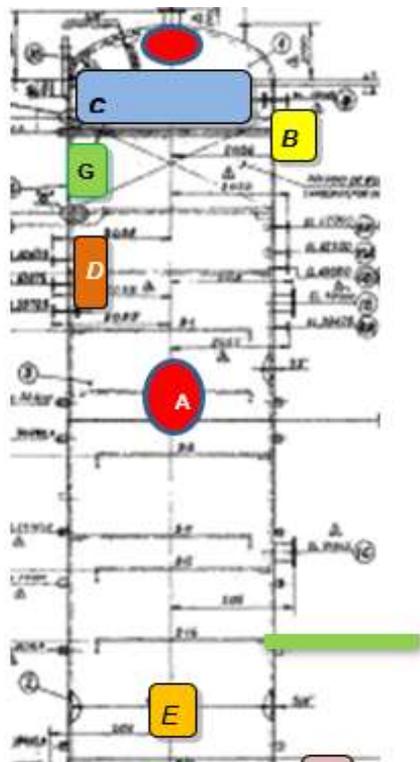
Figura 6.3.3 – Exemplo de tabela de FMEA

6.3.4 Possíveis Mecanismos de Dano e sua Localização

Este é um tópico chave e a primeira definição de possíveis mecanismos de dano existentes e sua localização no equipamento.

Tabela 6.3.4 – Exemplo de mecanismos de dano e sua localização

Tipo	Modo Falha potencial Localização	Mecanismo / Deterioração	Evidência / Relatório
A	Redução de espessura interna, generalizada, em todo o equipamento interno (tampos e costado) em um valor abaixo da mínima aceitável.	A.1 Corrosão uniforme, interna, generalizada, de baixa severidade, pelo hidrocarboneto.	Todos os relatórios de inspeção interna.
		A.2 Corrosão alveolar, interna, de alta severidade por eventual acidificação da parafina.	Hipótese.
B	Redução de espessura interna, localizada no costado, no nível superior do limitador do leito do recheio, em um valor abaixo da mínima aceitável.	Abrasão localizada causada pelo turbilhonamento do recheio.	Experiência API.
C	Redução de espessura interna, alveolar, no costado superior, tampo superior e BV superior.	Corrosão alveolar, interna, de alta severidade	Relatório 451453.



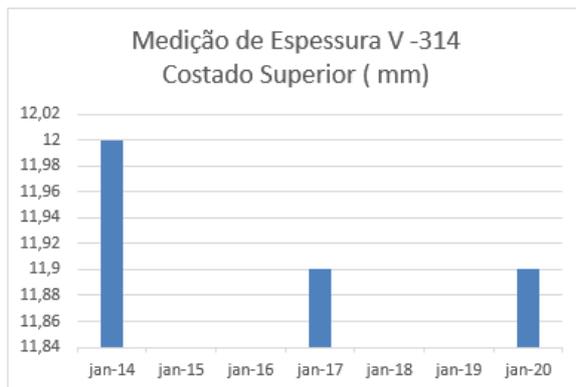
- A1-Corrosão uniforme interna, de baixa severidade, generalizada, em todo o equipamento**
- A2-Corrosão alveolar, uniforme interna de média severidade, generalizada, em todo o equipamento**
- B- Abrasão localizada no costado pelo turbilhamento do recheio (nível alto)**
- C- Corrosão alveolar no costado superior, tempo superior e BV devido acidificação da parafina;**
- D-Corrosão localizada no costado, em sulcos horizontais, por concentração de**

Figura 6.3.4 – Exemplo de mecanismos de deterioração atuantes nas zonas do vaso

6.3.5 Vida Residual

Deve ser feita uma avaliação da perda de espessura ao longo da vida, em todos os componentes principais, como mostrado no exemplo abaixo. O cálculo da vida residual, deve ser feito seguindo o API 510.

f.6) Costado Superior



Redução Espessura -0,4 mm
 Taxa Corrosão ST -0,13 mm/ano
 Vida Remanescente->50 anos
 Espessura Nominal – 12,7 mm
 Espessura Mínima – 9,47 mm

Figura 6.3.5 – Exemplo de cálculo de vida residual

6.3.6 Conclusão da Integridade Estrutural

Na avaliação da integridade estrutural deve ser verificada conforme abaixo:

- se o projeto do equipamento foi fabricado conforme norma de projeto;
- se equipamento foi fabricado atendendo os requisitos da norma;
- se equipamento opera dentro das condições em que projetado;
- se os danos existentes e decorrentes dos mecanismos atuantes no período de operação provocaram algumas deficiências que colocam o equipamento numa condição incompatível com o projeto original.

Deve ser verificado se o equipamento tem capacidade de resistir aos danos existentes, na condição de projeto e de operação, para cada um dos seus componentes.

No caso de existir deficiências (trinca, pites etc.- descontinuidades não aceitas pelo código de projeto), o estudo de Adequação ao Uso (Fitness for Service-FFS) realizado deve comprovar que a condição do dano existente é aceitável para a operação do equipamento.

6.4 Seleção Preliminar

Este é o primeiro estágio de verificação da possibilidade de executar a INI, fazendo -se uma confirmação rápida se as informações existentes são suficientes para aplicação da INI.

- acesso: verificar se existe limitação de acesso para realizar os END requeridos pela INI nas diversas zonas do vaso, incluindo escadas tipo marinheiro, plataformas intermediárias, restrições para armar andaimes, uso de elevadores industriais (*man lift*) ou alpinismo industrial.
- barreiras: verificar se existem barreiras e obstáculos, que impeçam a realização de ensaios.
- temperatura: a temperatura de chapa pode ser elevada para realizar alguns END – o que pode requerer que o equipamento esteja fora de operação para reduzir a temperatura. Esta seleção preliminar dos END deve-se considerar a temperatura máxima para o ensaio definida nos fluxogramas e tabelas da ABNT NBR 16455.

6.4.1 Projeto Específico do Vaso para INI

Avaliar se existe impedimento para realizar a INI, como:

- inexistência de acesso exterior ao vaso;
- temperaturas extremas de superfície, que impeçam a realização de ensaios;
- barreiras geométricas e restrições de acesso;
- necessidade de inspeção de acessórios internos.

Incorporar neste tópico a análise de todas as exigências de acessibilidade requerida na ABNT NBR 16455.

6.4.2 Conclusão da Seleção Preliminar

Após a análise dos itens acima anteriores, deve ser registrado a decisão preliminar, ou seja, se a INI é aplicável ou não no equipamento em análise.

Sendo julgada aplicável, deve prosseguir para a fase seguinte.

6.5 Tomada de Decisão

6.5.1 Fatores da Tomada de Decisão

Caso a INI venha a ser considerada aplicável, no equipamento em estudo, a seguinte estratégia será aplicável:

- INI pode ser utilizada para substituir a IVI;
- IVI pode ser postergada (neste caso, utilizar os requisitos da seção 11).

Os três fatores abaixo devem ser considerados na tomada de decisão de realizar a INI.

6.5.1.1 Confiança na Capacidade de Previsão de Danos

A confiança está associada a capacidade de prever os mecanismos de dano e sua localização no vaso.

A avaliação deve ser mensurada de forma qualitativa em três categorias seguindo as orientações da ABNT NBR 16455 item 6.3.2.1.2 e resumido abaixo:

- alta;
- média;
- baixa.

Deve ser analisado os itens associados a confiança na previsão dos danos e selecionar a mais adequada para o equipamento em análise.

6.5.1.2 Efetividade das Inspeções Prévias

A efetividade das inspeções prévias, está associada a capacidade de prever os tipos de defeitos e descontinuidades relevantes.

A avaliação deve ser mensurada de forma qualitativa em três categorias seguindo as orientações da ABNT NBR 16455 item 6.3.2.2 e resumido abaixo:

- alta;
- média;
- baixa.

Deve ser analisado os itens associados a efetividade das inspeções anteriores para previsão dos danos e selecionar a mais adequada para o equipamento em análise.

6.5.1.3 Severidade da Taxa de Deterioração

A severidade da taxa de deterioração, está associada a ameaça da integridade estrutural.

A avaliação deve ser mensurada de forma qualitativa em três categorias seguindo as orientações da ABNT NBR 16455 item 3 e resumido abaixo

- alta;
- média;
- baixa.

Deve ser analisado os itens associados a severidade da taxa de deterioração na previsão dos danos e selecionar a mais adequada para o equipamento em análise.

6.5.2 Possibilidade de Execução da INI

Estando definida as categorias dos três fatores anteriores (confiança na previsão de danos, efetividade das inspeções prévias e severidade da taxa de deterioração), deve-se utilizar a Figura 3 da ABNT NBR 16455 e seguindo o caminho conforme Figura 6.5.2.

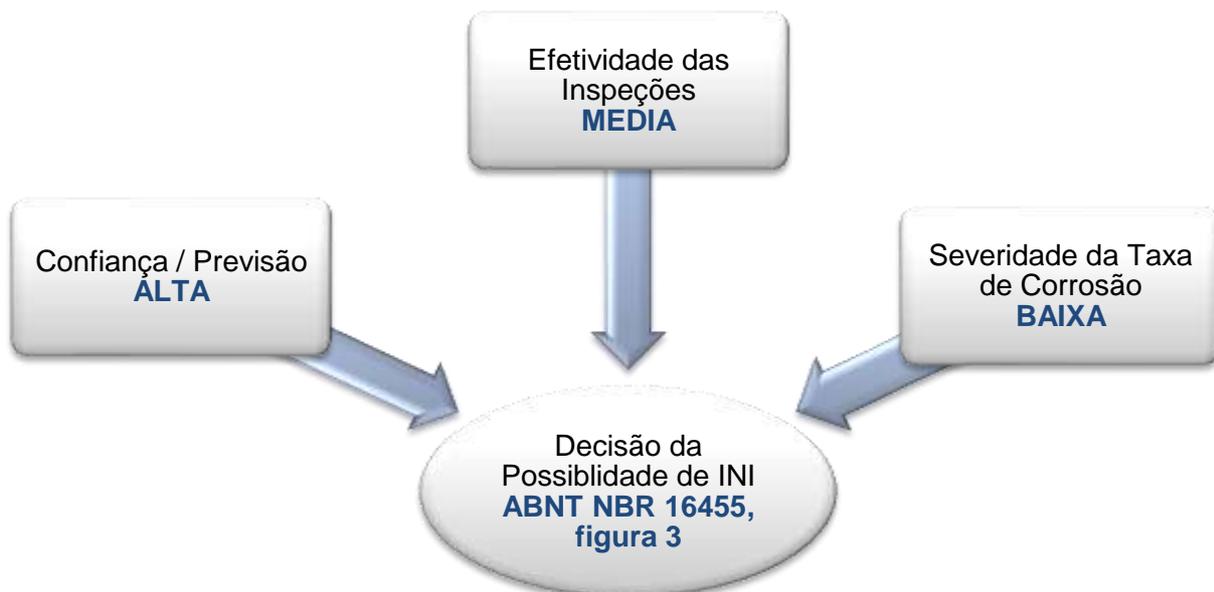


Figura 6.5.2 a) – Parâmetros para a tomada de decisão

Usando os fatores acima, deve-se definir a possibilidade de executar a INI:

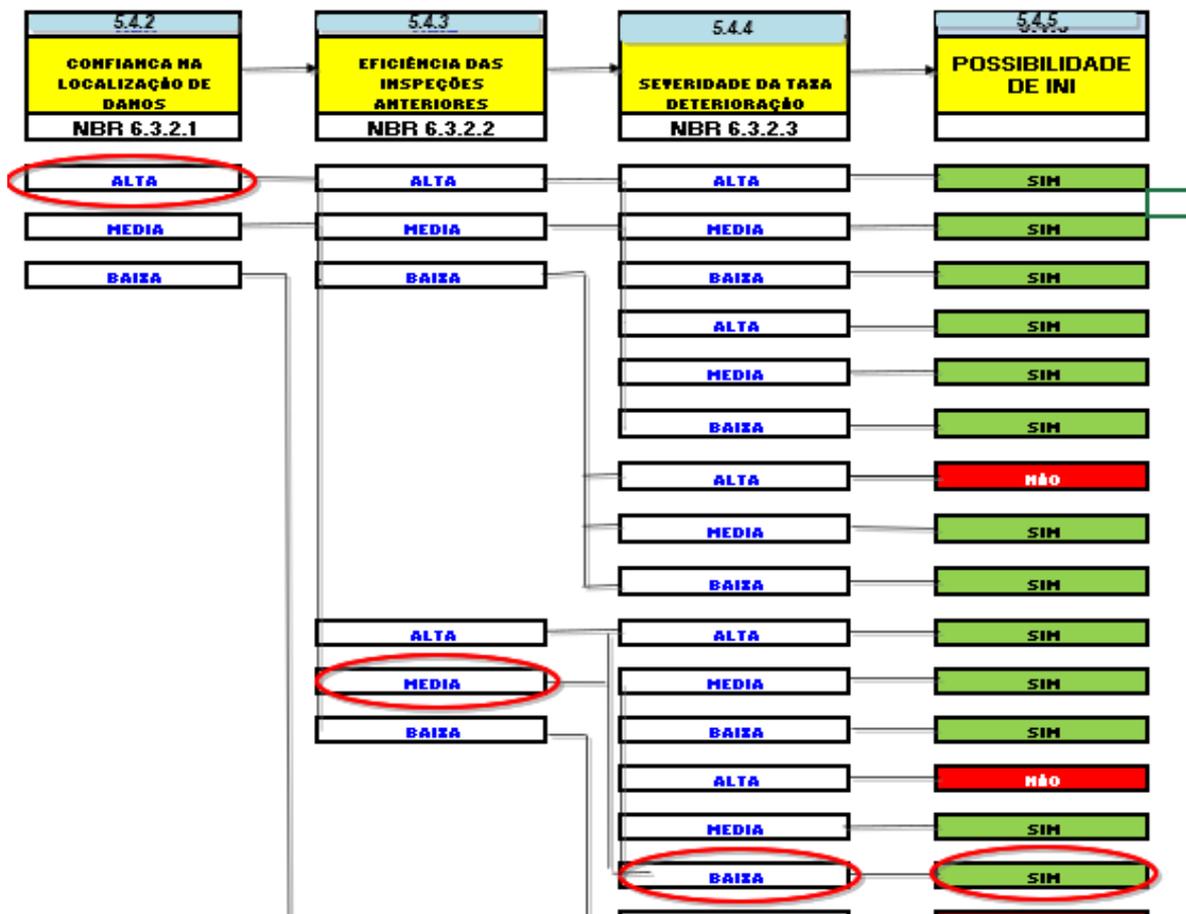


Figura 6.5.2 b) – Figura 3 da ABNT NBR 16455, que define a possibilidade de executar a INI

Assim, conforme Figura 6.5.2 b), fica definido que a possibilidade de execução da INI para o equipamento em análise é **SIM**.

6.5.3 Agendamento da INI ou Parada

Confirmada a viabilidade da INI, deve se iniciar a etapa do planejamento- FASE B

Caso o vaso venha a ser aberto por outras razões, deve ser aproveitada a oportunidade e realizar a IVI.

Neste caso, a IVI não precisa cumprir as etapas requeridas na ABNT NBR 16455 e será emitido um relatório de inspeção interna.

6.6 Registro da Decisão

O registro deve reunir todos as análises anteriores, resultados, conclusões e anexos.

O relatório deve conter no mínimo, conforme requisito da ABNT NBR 16455:

- notificação de mudança de processo que possa afetar a taxa de deterioração;

- relatórios de inspeção anteriores;
- justificativa de aceitação do INI, segundo critério da Fig. A3;
- lista de vasos similares analisados;
- justificativa da seleção das categorias consideradas:
 - confiança
 - efetividade
 - severidade da taxa de corrosão.
- Conclusão quanto a decisão de aceitação da INI no equipamento.

7 FASE B – PLANEJAMENTO DA INSPEÇÃO

7.1 Grupo de Planejamento da INI

O Grupo de Planejamento é o mesmo Grupo Multidisciplinar formado na Etapa Decisória, item 6.1.1, acrescido do Planejador da Manutenção.

7.2 Definição das Zonas do Vaso a Inspeccionar

As zonas do vaso a inspeccionar será definida a partir dos três fatores abaixo.

7.2.1 Fatores de projeto e fabricação

Segue exemplo de fatores associados ao projeto e fabricação:

- corrosão nas zonas mortas em conexões;
- corrosão pelo nível do líquido sobrenadante com contaminantes;
- deformação no costado pelo esforço excessivo da tubulação de refluxo.

7.2.2 Fatores operacionais

Segue exemplo de fatores associados a operação:

- abrasão devido a turbulência e erosão do recheio, no costado;
 - queda de badejas;
 - erosão devido a partículas solidas no líquido de saída;
 - corrosão alveolar sob deposito.
-

7.2.3 Fatores relativos as inspeções anteriores

Deve ser considerado o histórico das inspeções no equipamento e no similar e danos potenciais em zonas a inspecionar identificados na FMEA.

A divisão do vaso em zonas, deve ser usada para decidir quais partes do vaso dessem ser inspecionada por qual método de END, pois e impraticável aplicar ensaios em toda a superfície do vaso,

Os três fatores anteriores devem ser avaliados conjuntamente.

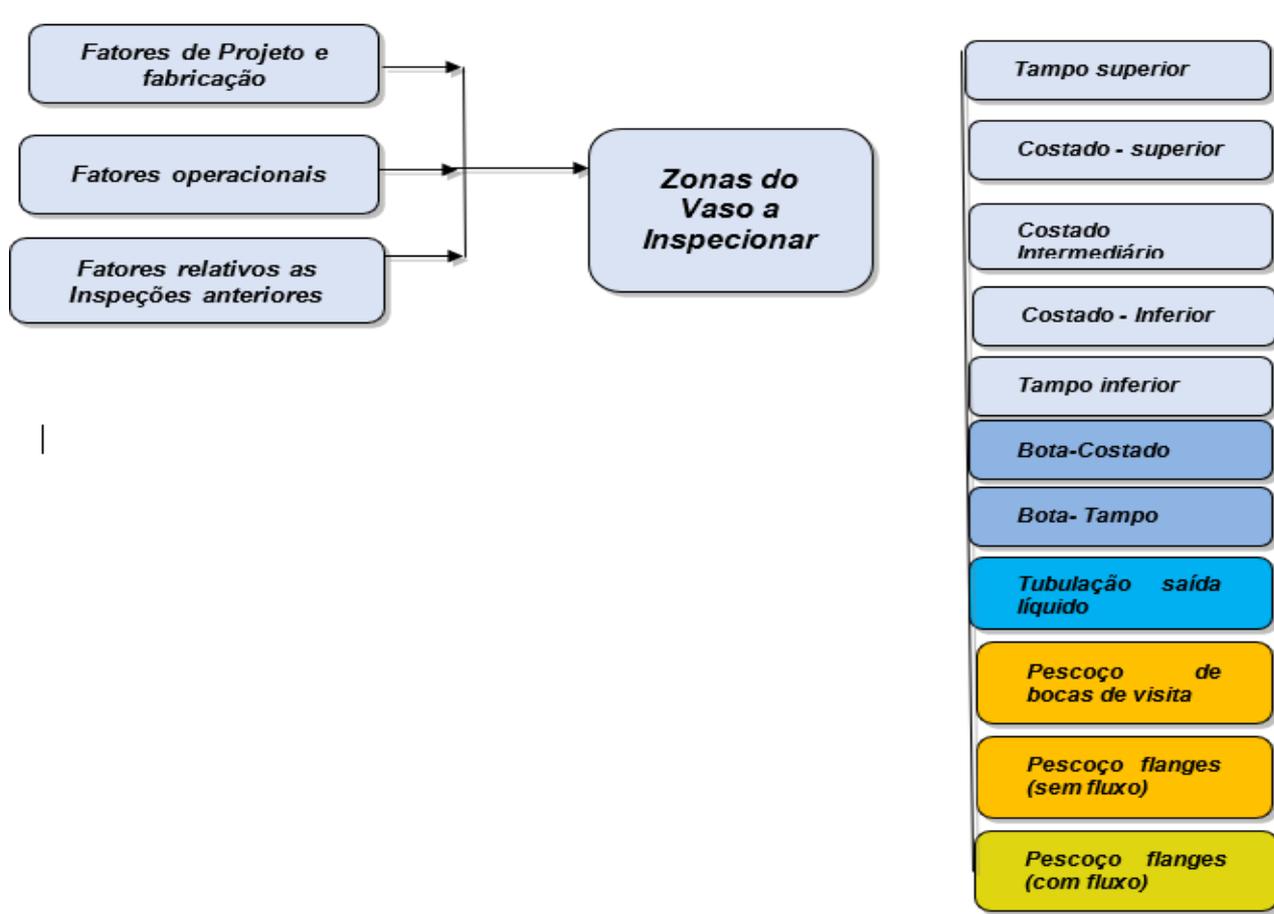


Figura 7.2.3 – Zona do Vaso a inspecionar

As zonas do vaso a inspecionar estar registrado no Plano INI.

7.3 Tipos de Degradação

Os tipos de degradação são definidos de acordo com a morfologia das descontinuidades que são categorizados nos seguintes tipos:

- redução generalizada da espessura;
- redução localizada da espessura;
- trinca localizada;

A morfologia do defeito é um fator importante na seleção preliminar dos END.

Um exemplo de seleção preliminar dos END pode ser visto na Figura 7.3.

Zona Vaso	Descrição Degradação	Tipo de Degradação	END Preliminar	Descrição END
Tampo Superior	A1. Corrosão uniforme, interna, generalizada, de baixa severidade, pelo hidrocarboneto	Redução generalizada, e uniforme da espessura	END UT-ME	ME-Medição de Espessura em pontos, do tampo superior seguindo critérios de CML do API 510
	C. Corrosão alveolar, de alta severidade, causada pela parafina acida	Corrosão alveolar, <u>localizada</u> de alta severidade, causada pela parafina acida	END -UT-B SCAN	B SCAN – medição de espessura por varredura no tampo superior
Costado Parte superior	C. Corrosão alveolar, de alta severidade, causada pela parafina acida	Corrosão alveolar, <u>localizada</u> de alta severidade, causada pela parafina acida	END -UT-B SCAN	B SCAN – medição de espessura por varredura no tampo superior
Costado Parte Intermediária e Parte Inferior	A1. Corrosão uniforme, interna, generalizada, de baixa severidade, pelo hidrocarboneto	Redução generalizada e uniforme da espessura	END UT-ME	Medição de Espessura em pontos do costado seguindo critérios de CML do API 510
	B. Abrasão localizada, no costado causado pelo turbilhonamento do recheio no nível alto dos leitos do recheio ($L1/L5$)	Redução localizada da espessura	END -UT-B SCAN	B SCAN – medição de espessura no costado, por varredura, numa faixa, horizontal de 30 cm em todo o perímetro do costado, na cota dos quatro limitadores dos recheios
	D. Corrosão interna,			B SCAN - Medição de Espessura no costado, por

Figura 7.3 – Exemplo de Seleção Preliminar dos END

7.4 Estratégia de Inspeção ou Tipo de Inspeção Resultante

A inspeção resultante será definida para cada zona do vaso, considerando os três fatores, conforme definido na Tabela 7.4 a).

Tabela 7.4 a) – Seleção Preliminar dos END

Fatores	Níveis de degradação		
	Alta	Média	Baixa
Taxa de degradação	Taxa de degradação prevista pode levar a rejeição do equipamento durante vida útil	Taxa de degradação, pode ocorrer sem comprometer a vida útil	Não há mecanismo de deterioração esperado
Probabilidade de degradação	O mecanismo de dano ocorrerá ao longo da vida útil	O mecanismo de dano pode ocorrer ao longo da vida útil	Nenhuma degradação e esperada
Extensão da degradação	Generalizada	Claramente Identificável	Aleatória

A inspeção resultante será definida para zona do vaso, pela avaliação dos três fatores mostrados a seguir (Os três fatores anteriores devem ser avaliados conjuntamente conforme Figura 7.4 a).

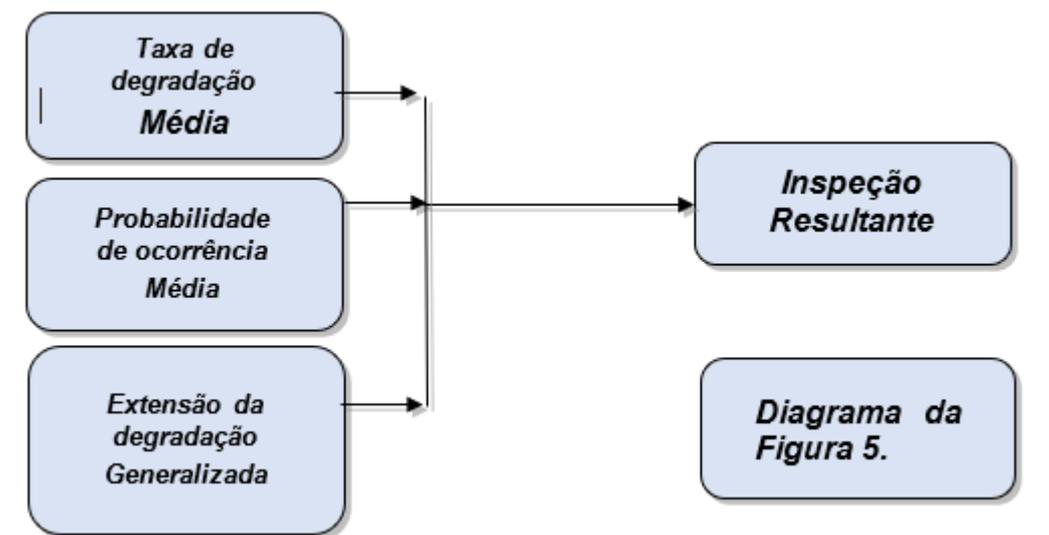


Figura 7.4 a) – Fatores para Determinação da Inspeção Resultante

Utilizando-se o diagrama definido na Figura 7.4 a), será definida a Inspeção Resultante como mostrado no exemplo seguinte.

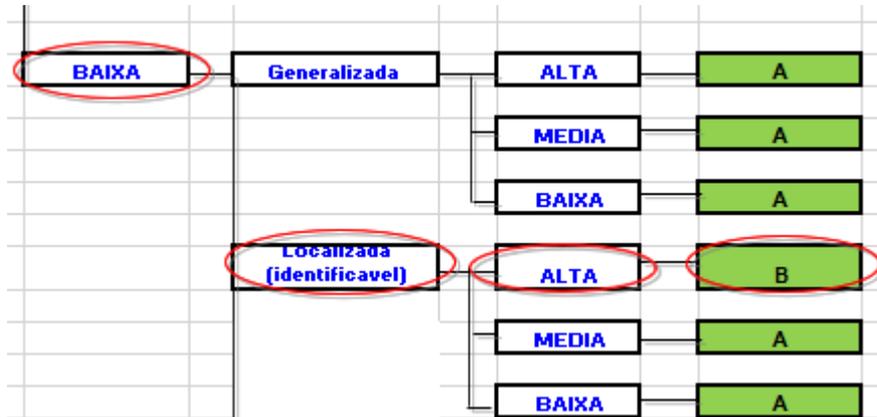


Figura 7.4 a) – Exemplo de seleção de Inspeção Resultante

A avaliação da Inspeção Resultante deve ser feita de forma bastante criteriosa, pois o tipo de inspeção resultante A, B ou C, são os fundamentos das fases subsequentes D e E.

O tipo de Inspeção Resultante deve ser definido para cada zona do vaso e registrado no Plano INI, conforme Tabela 7.4.b).

Tipo Inspeção	Degradação esperada
A	Não é esperada ocorrência de degradação
B	Esperada a ocorrência de degradação com baixa ou média progressão
C	Esperada a ocorrência de degradação com média ou alta progressão

Tabela 7.4 b) – Resumo dos tipos de inspeção resultante

7.5 Efetividade Mínima Requerida para a Inspeção

O nível de efetividade indica a quão crítica é a inspeção e deve ser definida para cada uma das zonas do vaso.

Deve ser considerado três fatores para a definição da efetividade, conforme Tabela 7.5.

0	Sem evidência histórica /taxa degradação alta
1	Pelo menos uma inspeção anterior grau 0 / taxa degradação moderada e previsível
2	Pelo menos uma inspeção anterior grau 1 / taxa degradação previsível
3	Pelo menos uma inspeção anterior grau 2 / taxa degradação baixa e previsível
Neste exemplo, selecionou-se 2 , que deve ser justificada.	

Tabela 7.5 a) – Grau de Inspeção baseado nas inspeções anteriores e na previsibilidade

BAIXA	Degradação previsível ou conhecida
MÉDIA	Degradação previsível, mas não compromete a integridade mecânica
ALTA	Não há degradação esperada ou o grau de degradação é superficial
Neste exemplo, selecionou-se média , que deve ser justificada.	

Tabela 7.5 b) – Tolerância a degradação existente

BAIXA	Ocorrência de danos pessoais menores/ menos de 1 dia de internação Vazamento mínimo de produto perigoso.
MÉDIA	Ocorrência de sequelas pessoais com tratamento hospitalar Vários dias de interrupção das atividades
ALTA	Ocorrência de fatalidades /danos pessoais/menos de um dia de internação Interrupção do negócio por longo período
Neste exemplo, selecionou-se média , que deve ser justificada.	

Tabela 7.5 c) – Consequência da falha

A efetividade será definida utilizando os dados dos três fatores anteriores, aplicados na Figura 7.5 a).

associada diretamente com a **Confiança**, ou seja, na capacidade do ensaio em identificar os tipos e a localização dos danos possíveis.

As categorias de cobertura são as descritas a seguir:

- Parcial
- Parcial Ampliada
- Global

Tabela 7.6 – Confiança X Cobertura

Confiança	Cobertura	
	Categoria	Conceito
Alta	Parcial	Restrita a locais de uma degradação potencial
Média	Parcial ampliada	Locais onde a degradação e prevista
Baixa	Global	Toda área deve ser inspecionada

7.7 Critério de Seleção do Método de END

As Tabelas A1 e A2 da ABNT NBR 16455 devem ser usadas de forma combinada, conforme Figura 7.7.

Tabela A.1 – Efetividade dos métodos de END não intrusivos por tipo de descontinuidade

Tipo de descontinuidade	Método de inspeção	Efetividade da inspeção (baixa, média, alta)	
		Detecção	Dim. ^a na espessura
Perda de espessura generalizada	US pulso-eco 0° onda de compressão	A	A
	Mapeamento por US (C-Scan)	A	A
	US EMAT	M	M
	<i>Phased array</i>	A	A

Figura 7.7 a) – Tabela A1 da ABNT NBR 16455

Tabela A.2 – Efetividade dos métodos de END não intrusivos

Método de END	Espessura de parede mm	Material ^a	Faixa de temp.	Acabamento superficial	Sensibilidade menor descontinuidade detectável	Precisão / Repetibilidade	Produtividade ^b	Maturidade do método ^c	Local do defeito ^d	Tipo de defeito ^e	Componente do vaso na qual é aplicável ^f	Restrição de acesso ^g	Limitações / comentários Requisitos de ensaio
1 US pulso-eco onda transversal	6 a 300	Capacidade reduzida para soldas austeníticas e duplex	Até 250 °C usando cabeçotes especiais	Revestimento uniforme de até 1,5 mm Rugosidade superficial 6.3 µm máx. Livre de carepa, óxidos, sujeira, óleo e graxa	1 mm a 5 mm dependendo da geometria	Erro médio ± 3 mm para inspeção de solda	20 m de solda/dia	Altos valores de POD publicados	ID	Trinca superficial e interna, volume	Capacidade de inspeção de solda depende da geometria e do procedimento de US	Cabeçotes pequenos	Revestimentos bem aderidos são permitidos. Componentes do vaso como suportes, otais e chapas de reforço implicam na restrição de áreas

Figura 7.7 b) – Tabela A2 da ABNT NBR 16455

Os fatores abaixo devem adicionalmente ser considerados na seleção dos END:

- componentes do vaso;
- tipo de descontinuidade;
- revestimento da superfície interna;
- temperatura;
- espessura;
- acesso.

A condição para que a seleção final e a confirmação dos END sejam aceitáveis é que a efetividade do ensaio selecionado (EE) deve ser maior do que a efetividade requerida (ER), usando os critérios da ABNT NBR 16455 como referência.

No caso de EE seja menor que ER, ou seja, não aceitável, selecionar outro ensaio até ocorrer aceitação.

A Tabela 7.7 compara a efetividade requerida (ER) e a efetividade do ensaio (EE), a cobertura e usando o fluxograma de referência da ABNT NBR 16455 é feita a seleção final do END, preliminarmente identificados (item 6.4.1).

A Tabela 7.7 resume os END selecionados considerando as variáveis requeridas: degradação, temperatura, espessura, efetividade do ensaio (EE) efetividade requerida (ER) e a cobertura adotada.

Tabela 7.7 – Exemplo de Seleção Final dos END

Zona Vaso	Degradação	oC	T mm	END	E E	E R	Definição END	Cobertura Adotada
Tampo Superior	A1,- Redução uniforme de espessura interna, devido a corrosão generalizada de baixa ou média severidade	107	15,8	END -UT-ME CLM API 510	A	M	Aceitável	Parcial
	C Redução localizada de espessura, por corrosão alveolar, de ala severidade, causada pela parafina acida	107	15,8	END -UT-B Scan	M	M	Aceitável	Parcial
Costado Parte Superior	A1,- Redução uniforme de espessura interna, devido a corrosão generalizada de baixa ou média severidade	107	12,5	END -UT-ME CLM API 510	A	M	Aceitável	Parcial
	C Redução localizada de espessura, por corrosão alveolar, de ala severidade, causada pela parafina acida	107	12,5	END -UT-C- Scan	M	M	Aceitável	Total

7.8 Plano de Inspeção Não Intrusiva (Plano de INI)

O Plano de Inspeção Não Intrusiva (plano de INI) deve ser detalhado em documento anexo ao relatório.

A Figura 7.8 a) exemplifica e resume os END selecionados, seu emprego na localização das áreas suspeitas de ocorrer a degradação identificada ou possível e aplicáveis para cada zona do vaso.

A decisão final do tipo de acesso, como plataformas existentes, andaime ou alpinismo, será tomada no planejamento dos END, em cada zona do vaso.

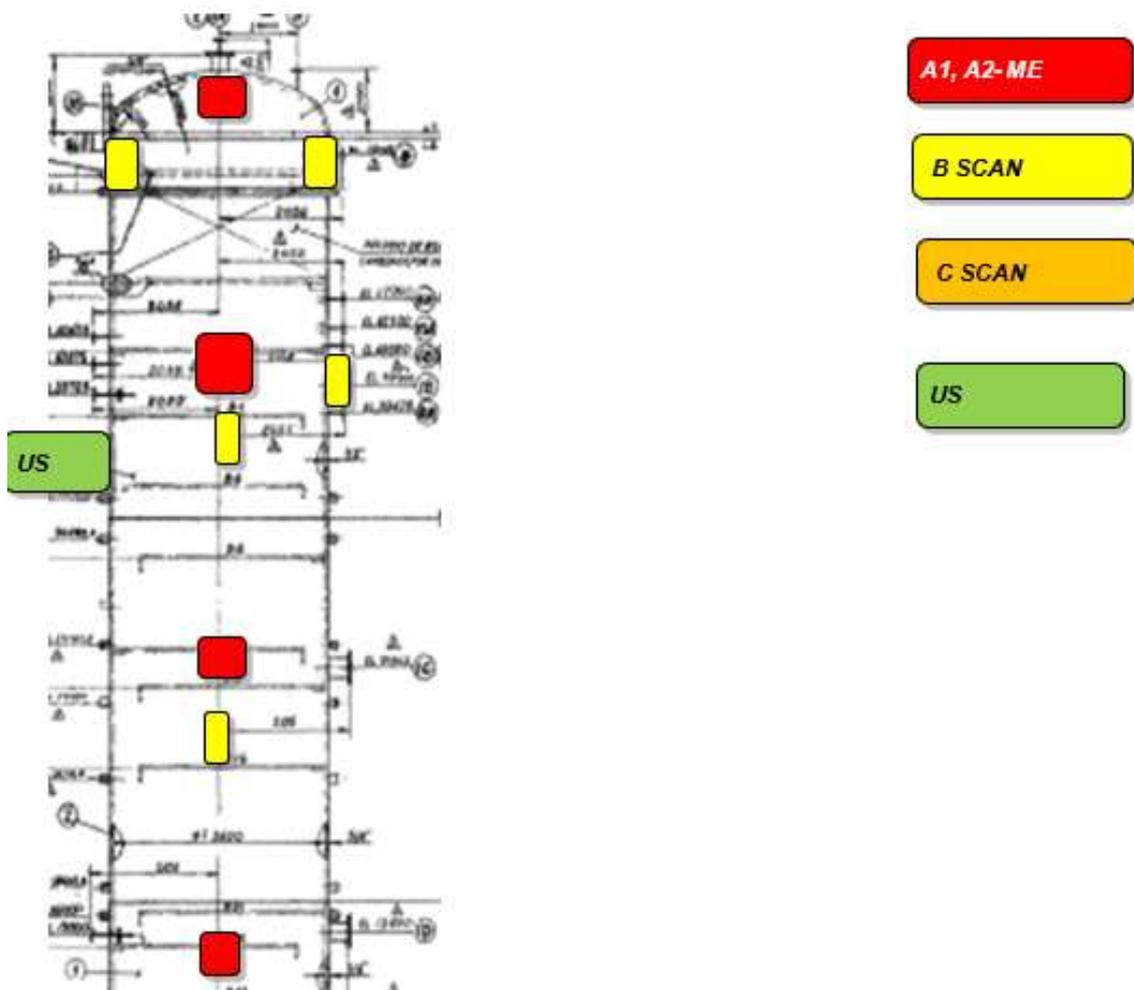


Figura 7.8 a) – Exemplo de Ensaio e sua localização

A CUI (*corrosion under insulation*) e a CUF (*corrosion under fireproof*) são mecanismos de deterioração externo, portanto, fora da abrangência da ABNT NBR 16455:2016.

Fica a critério do grupo multidisciplinar incluir a avaliação destes dois mecanismos de deterioração, em princípio excluídos do plano de INI.

A Figura 7.8 b) apresenta um exemplo de plano de INI.

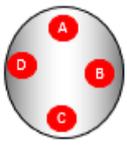
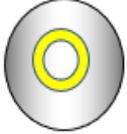
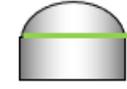
Estratégia de Execução da INI - interrupção operacional por curto período para reduzir temperatura da chapa										
Estratégia de Contratação dos END - contratação dos END no mercado atendendo MD										
Zona do Vaso	TAG Posição desenho	Croqui Coponete	Degradação Esperada	Tipo de Inspeção	END	Cobertura	Espessura mm	Temperatura oC	Acesso	No Relatório
Tampo Superior	TS-V211		Redução uniforme de espessura interna, devido a corrosão generalizada de baixa, média ou alta severidade,	A	ME-Medição de Espessura em pontos, do tampo superior seguindo critérios de CLM do API 510	Parcial	16 mm	45	Andaime	R-TS-V211-ME-XX
	TS-V211		Redução de espessura, devido a erosão interna, pelo arraste de partículas solidas no gás	B	B-SCAN - Medição de Espessura no tampo superior, por varredura, num anel de 30 com de largura, ao redor da chapa de reforço da conexão de cada R-22 e	Parcial	16 mm	45	Andaime	R-TS-V211-BS-XX
Tampo Superior Costado	TS-V211-		Trincas na solda pela dilatação diferencial quente-frio.	A	US na solda de ligação tampo superior (costado numa faixa de 100 mm, em 4 arcos de comprimentos de 1000 cm cada arco, diametralmente opostos	Total	16 mm	45	Man lift	R-TS-V211-US-XX
Costado	CS-V211		Redução uniforme de espessura interna, devido a corrosão generalizada de baixa, média ou alta severidade,	A	ME-Medição de Espessura em pontos, do costado seguindo critérios de CLM do API 510	Parcial	16 mm	155	A confirmar	Não Aplicavel - NA

Figura 7.8 b) – Exemplo de plano de INI

7.9 Revisão do Plano de INI

7.9.1 Sondagem ao mercado

Deve ser feita uma consulta preliminar às empresas especializadas de END e confirmar a disponibilidade para realizar dos ensaios previstos indicados no Plano de INI, conforme exemplo do [item 7](#).

Atenção especial deve ser dada para a realização dos ensaios nas faixas de temperatura que o equipamento opera. Apesar da norma indicar e aceitar a realização dos ensaios numa determinada temperatura, pode ser que não exista disponibilidade das empresas existentes no mercado para realizar os ensaios na faixa de temperatura elevada.

Assim, os ensaios previamente selecionados e indicados no plano de INI podem ser substituídos, seguindo os mesmos critérios de seleção.

Esta consulta preliminar deve ser de ordem exclusivamente técnica, podendo ser feita pelo PLH ou pelo departamento responsável pelas compras, conforme sejam as práticas de *compliance* da empresa no relacionamento com o mercado.

7.9.2 Condição de Operação

Deve ser definido pelo grupo multidisciplinar a estratégia de execução dos ensaios previstos no plano de INI, considerando a disponibilidade do mercado e as duas opções abaixo:

- execução dos END com o equipamento em operação normal, sem interrupção da continuidade operacional para realização dos END;

- execução dos END interrompendo a operação do equipamento, por um período curto para realização dos END compatíveis com a temperatura de superfície do equipamento.

Após as atividades acima, deve ser feito uma revisão do plano de INI, fazendo as adequações requeridas.

Deve estar registrado no plano de INI as decisões dos itens 8.1.2.1 e 8.1.2.2.

7.10 Documentação para a Inspeção

A documentação para planejar a realização dos END definidos são:

- plano de inspeção;
- desenhos de conjunto.

7.11 Programa de Inspeção

7.11.1 Declaração da Escolha Do Método

Os END aprovados no item 7.7 devem ser aprovados formalmente pelo PH e pelo grupo multidisciplinar, que assinam conjuntamente o relatório.

7.11.2 Programa de Inspeção

O programa de inspeção será definido para o equipamento, após a realização dos ensaios realizados na fase C.

Existem dois cenários possíveis a serem confirmados, após análise do resultado dos ensaios empregados na fase C:

- cenário A – não foi identificado deficiências nos ensaios realizados e pode ser proposto a postergação da IVI, conforme NR-13, porém num intervalo não superior a 50% do intervalo inicial;
- cenário B – foram identificadas deficiências nos ensaios realizados e não pode haver postergação da IVI.

7.12 Emissão do Relatório da INI – Fase A e Fase B

Deve ser emitido o relatório final de INI, abordando todas as etapas realizadas nas Fases A e B.

Se tratando de inspeção piloto, o relatório da fase A e da B deve ser enviado ao IBP para avaliação.

Caso seja uma unidade já certificada em INI, este envio não se faz necessário.

8 FASE C – ATIVIDADES DE INSPEÇÃO NO CAMPO

8.1 Forma de execução dos END

Deve ser definido preliminarmente a forma de execução dos END, conforme a seguir:

- a) pela empresa proprietária do equipamento, com os inspetores do quadro SPIE;
- b) pela empresa contratada;
- c) pela empresa contratada, incluindo o planejamento e execução dos serviços de apoio, ou seja, prover o acesso aos locais dos ensaios (*man lift*, andaime etc.), remoção e posterior colocação de isolamento, preparação de superfície para realização dos ensaios etc.

Recomenda-se, sempre que possível, a opção c).

8.2 Memorial Descritivo para Contratação dos END e Serviços de Apoio

Admitindo a opção c) como referência, deve ser elaborado um memorial descritivo contendo o estabelecido em 8.2.1 a 8.2.6.

8.2.1 Condições Gerais de Execução

Explicitar que os END serão executados pelo lado externo com o equipamento em operação, com fluido interno, ou seja, sem abertura de boca de visitas e instalação de raquete em conexões.

Explicitar que o equipamento foi dividido em zonas para facilitar o planejamento, a execução da inspeção e a rastreabilidade dos registros dos resultados (relatórios END). Todos os END estão indicados no plano de INI anexo ao Memorial Descritivo.

Explicitar que os acessos para as diversas zonas do vaso, para aplicação dos END previstos, devem ser feitos preferencialmente a partir das escadas marinheiro e plataformas existentes.

Explicitar que nas zonas do vaso para aplicação dos END, sem acesso pelas plataformas ou escada de marinheiro existentes, cabe ao proponente sugerir o tipo de acesso a ser empregado, nas seguintes opções: andaime, acesso por corda ou *man lift*.

Explicitar que a remoção do isolamento térmico (jaqueta e isolante) e limpeza da chapa para aplicação do END, em todas as zonas do vaso, é de responsabilidade do proponente.

Explicitar que a posterior recomposição do isolamento térmico removido e da jaqueta para execução dos END, em todas as zonas do vaso, é de responsabilidade do proponente.

Explicitar que a proponente deve medir previamente a temperatura da chapa, com termômetro infravermelho, assim que o isolamento térmico for removido em cada zona de aplicação de END e informada ao PH.

Explicitar que após realização dos END, a proponente deve emitir os registros dos resultados (relatório), por zona do vaso e END.

Explicitar que, após a realização dos END, caso a proponente identifique alguma descontinuidade com características de possível comprometimento da integridade mecânica do vaso em operação, a proponente deve informar imediatamente ao PH.

8.2.2 END a serem Executados

Explicar que a localização dos END nas várias zonas do vaso encontram-se indicados no plano de INI anexo e rastreados ao desenho de conjunto.

A seguir, estão descritos alguns exemplos de END passíveis de serem executados:

- Medição de espessura (ME-CML) (*corrosion monitorem location*)

Ensaio por ultrassom para medição de espessuras nos locais definidas para medição.

Os CML devem ter um diâmetro de 2 pol e devem ter a espessura registrada como o menor valor medido dentro da CLM. O contorno do círculo de 2 pol. deve ser previamente marcado pelo proponente na zona do vaso, com tinta amarela.

Cada CML deve ter identificação e rastreabilidade com o Relatório de Resultados.

- Mapeamento de espessura por varredura manual – B-Scan

Ensaio por ultrassom B-scan manual, registrando o perfil de espessura da região e fornecendo uma visualização da morfologia do desgaste e das espessuras residuais.

Cada ensaio, por zona do vaso, deve ter identificação e rastreabilidade com o Relatório de Resultados.

- US convencional

Ensaio por ultrassom convencional, com geração de feixes ultrassônicos pulso-eco, por meio de cabeçotes com elemento piezoelétrico para aplicação na detecção de descontinuidades, especificamente trincas em soldas e metal base.

8.2.3 Identificação e Rastreabilidade dos Relatórios de Resultados

Explicitar que os relatórios de resultados devem ser identificados e numerados pelo *tag* da zona do vaso, *tag* do vaso, código do ensaio – sequencial do ensaio na zona, conforme exemplificado na Tabela 8.2.3.

Tabela 8.2.3 a) – Exemplo de codificação para o *tag* da zona do equipamento

Codificação	Zona do equipamento
TS	Tampo superior
CS	Costado
TI	Tampo Inferior
BV	Boca Visita
CNF	Conexão com fluxo
CNM	Conexão sem fluxo
TU	Tubulação

Tabela 8.2.3 b) – Exemplo de codificação do END

Codificação	END
ME	Medição de espessura
US	Ultrassom convencional
BSCAN	B-Scan por varredura manual
CSCAN	C-Scan por varredura automatizado
RX – RX Digital	Radiografia digital

EXEMPLO TS-FB-311-ME-A = medição de espessura no tampo superior, do vaso FB -311, ponto A, indicada no croqui do equipamento.

Explicitar que o proponente deve apresentar na proposta técnica o modelo dos relatórios dos ensaios END para apreciação e comentários

8.2.4 Aplicação dos END

Explicitar que, durante a realização dos END, sendo encontradas, nas zonas do vaso, espessuras abaixo da espessura de alerta, estas regiões devem ser identificadas com tinta vermelha e feito uma grade para medição de espessura pontual, 1 pol. x 1 pol., envolvendo a região com a espessura reduzida.

Explicitar que esta grade (e suas espessuras) serão adotadas para avaliação da adequação ao serviço, utilizando o API 579 FFS III. A proponente deve emitir um croqui do equipamento, indicando a localização destas regiões com a referência no desenho do conjunto geral do equipamento, e registro das medições de espessura da grade em relatório específico.

Explicitar que, sendo encontradas outras descontinuidades em quaisquer zonas do equipamento, durante a realização dos END, estas regiões devem ser identificadas com tinta vermelha para avaliação posterior, utilizando o API 579 FFS III.

Explicitar que o proponente deve apresentar avaliação da adequação ao serviço, utilizando o API 579 FFS III, considerando o perfil do dano encontrado. Todas as avaliações, que venham a ser realizadas, devem estar documentadas no relatório de engenharia emitido.

Explicitar que a avaliação da adequação ao serviço, utilizando o API 579 FFS III, pode ser subcontratada, porém, a proponente deve informar na proposta a empresa a ser subcontratada.

8.2.5 Qualificação de Inspetores e Procedimentos

Explicitar que a proponente deve indicar a qualificação dos inspetores executantes dos END, comprovando a certificação segundo o Sistema Nacional de Qualificação e Certificação em END (SNQC-END).

Explicitar que a proponente deve apresentar os procedimentos de END qualificados, a serem utilizados no plano de INI.

Explicitar que para o acesso por corda será aceito a qualificação IRATA ou SNQC, com a devida certificação.

Explicitar que a proponente deve apresentar na proposta técnica o *Curriculum Vitae* resumido de cada inspetor de END, com as experiências e qualificações.

Explicitar que a proponente deve apresentar um histograma da equipe de inspetores, com a previsão de mobilização e desmobilização dos inspetores de END.

Explicitar que a proponente deve indicar o líder da equipe de inspetores, com atribuições administrativas (documentação, integração, treinamentos, acesso, controle do progresso, serviço, entrega dos relatórios, transporte etc).

8.2.6 Documentação da Contratada

A contratada deve entregar os seguintes documentos, após a realização dos ensaios:

- data book: Reunião de todos os relatórios dos registros dos END realizados, em cada zona do vaso
- API 579 Fitness for Service: Relatórios de engenharia com os estudos realizados

8.3 Seleção da Empresa Contratada

Para a seleção da empresa contratada, o contratante de considerar na proposta apresentada:

- os aspectos técnicos e comerciais definidos no edital de contratação;
- a visita ao equipamento instalado no campo e obrigatória.

8.4 Executando a Inspeção

8.4.1 Reunião Inicial

Deve ser realizado uma reunião inicial com toda a equipe de inspetores contratada verificando:

- treinamentos obrigatórios de segurança realizados;
- programação/planejamento/
- inspetores e procedimentos certificados em END, conforme memorial descritivo;
- considerar a contratação de preposto administrativo para gerenciar a execução no caso de vários ensaios em equipamentos simultâneos;
- verificação e providência antecipada dos itens e acessórios para a realização da inspeção.

Os aparelhos devem ser checados antes do envio para o campo.

A mobilização para o campo requer envio antecipado dos aparelhos.

É recomendável preparar uma lista de checagem dos itens acessórios que podem ser necessários (ferramentas, material para relatório, marcadores, consumíveis adicionais, recursos informáticos etc.), e verificar que os programas de computador necessários estejam instalados nos computadores.

8.4.2 Execução dos Ensaios

A equipe da contratada deve comprovar a adequação aos exames médicos e treinamento de segurança requeridos.

A permissão de trabalho deve ser emitida de forma compartilhada (operação, contratada), com o treinamento comprovado.

O PH deve controlar o progresso da inspeção comparativamente ao programado e tomar ações apropriadas onde necessário.

O inspetor de END deve cumprir o escopo de trabalho e informar ao PH quaisquer desvios, o mais breve possível.

Ao longo da execução da inspeção, a empresa contratada é a responsável por garantir que o planejamento está sendo implementado, e deve informar tão cedo quanto possível problemas potenciais, como:

- problemas de acesso;
- isolamentos térmicos não removidos;
- problemas de condição superficial ou de preparação de superfície;
- sensibilidade baixa da técnica de inspeção ou excessivo ruído devido a condição do material;
- aparelhos de inspeção defeituosos;
- não atendimento ao procedimento ou alteração dos métodos empregados;
- não cumprimento da área e localização exata definida no planejamento.

A Tabela 8.4.2 a) apresenta as técnicas de END selecionadas, os respectivos procedimentos qualificados, as normas de referência e os critérios de aceitação adotados. O vaso foi construído conforme ASME VIII Div.1 edição ano e adenda ano.

Tabela 8.4.2 a) – Técnicas de END

END	Procedimento	Norma Referência	Critério de Aceitação
Phased Array	X – Inspeção de vasos Y– Soldas de ângulo (conexões)	ASME V Ed. ano artigo 4	ASME VIII Div.1 Ed. 2019 ap. 12
C-Scan	Z - Ensaio por ultrassom automatizado	ASME V Ed. 2017	Espessuras mínimas cfe MC ASME VIII Div.1 Ed. ano

Tabela 8.4.2 a) (continuação)

END	Procedimento	Norma Referência	Critério de Aceitação
B-Scan	A – Ensaio por ultrassom portátil para mapeamento de corrosão	ASME V Ed. 2017	Espessuras mínimas conforme MC ASME VIII Div.1 Ed. ano
PM	B – Ensaio por partículas magnéticas	ASME V Ed 2017	ASME VIII Div1 Ed. Ano ap. 6
LP	C – Procedimento para Inspeção por Líquidos Penetrantes	ASME V Ed 2017	ASME VIII Div1 Ed. Ano ap. 8
Visual	D – Inspeção externa de vasos de pressão	API 510 Ad. 2018	ASME VIII Div1 Ed. ano
US-SE	E - Procedimento para Inspeção por Ultrassom (Medição de Espessura)	ASME VIII Div.1 Ed. 1998 Ad. 1999	Espessuras mínimas conforme MC ASME VIII Div.1 Ed. ano

A equipe de inspeção de campo foi formada pelos profissionais e empresas relacionadas na Tabela 8.4.2 b), sendo todos qualificados e aptos a exercer as suas funções nas técnicas mencionadas, conforme o SNQC-END.

Tabela 8.4.2 a) – Exemplo de tabela para profissionais de END e qualificações

Nome	END	Empresa	Qualificações
	US B-SCAN e US C-SCAN	A	SNQC X/ US-N2-S2.1
	PM	B	SNQC Y/ PM-N2-SY/LP-N2-G
	US PA	C	SNQC Z/US-N2/US-N2-AE1/2.1
	Visual/US-SE/LP	D	SNQC W/LP-N2-G/ PM-N2-S-Y/ US-N1-ME/AC-N1

8.5 Tratamento das Não Conformidades

Entende-se como não conformidade os desvios ocorridos na execução dos ensaios, comparando-se os ensaios planejados com os ensaios executados.

Os desvios ocorridos devem ser reportados de imediato pela contratada ao PH, para a tomada das ações corretivas cabíveis, garantindo que os desvios do planejamento sejam identificados antes ou durante a inspeção, e não após a inspeção ter sido completada.

Dessa forma, os efeitos dos desvios e ações corretivas podem ser tratados durante a etapa de execução dos END.

Tabela 8.5 a) – Ações corretivas adotadas conforme os desvios encontrados

Desvios		Tipos de Inspeção – Desvios e Ações Corretivas		
Código	Exemplos	Tipo A	Tipo B	Tipo C
I	Áreas não inspecionadas Exemplo: problemas de acesso	Substituir por área sujeita a condições similares	Substituir por área sujeita a condições similares	Atenção para suplantarm restrições de acesso. Se impossível, registrar como não-conformidade para tratar após a conclusão da inspeção
II	Desempenho insatisfatório da técnica Exemplos: procedimentos não seguidos, calibração incorreta, condição de superfície não atendida	Tentar corrigir e refazer a inspeção que foi afetada. Se impossível considerar a substituição por método alternativo apresentado desempenho similar	Tentar corrigir e refazer a inspeção que foi afetada. Se impossível considerar: (i) Substituição por método alternativo fornecendo desempenho similar, ou (ii) Análise dos dados para verificar se os resultados podem ser aceitos	Atenção para corrigir e refazer a inspeção que foi afetada. Se impossível, considerar: (iii) Substituir por método alternativo fornecendo desempenho similar, ou (iv) Realizar estudo de integridade para definir desempenho mínimo requerido
NA	Nenhum desvio	Nenhum desvio	Nenhum desvio	Nenhum Desvio

Com exemplo, pode-se ter uma Tabela que apresenta em resumo os níveis de inspeção obtidos conforme o tipo de inspeção tipo A (por exemplo) para cada uma das zonas do vaso e seus mecanismos de deterioração.

Tabela 8.5 b) – Níveis de inspeção, conforme tipo de inspeção

Zonas	Mecanismos de deterioração	Tipo Inspeção	Componente	Método de END	Categorias de Conformidade			Nível de conformidade
					POD	Cobertura	Localização	
Região superior	Corrosão atmosférica (perda de espessura generalizada - corrosão alveolar)	A	Chapas (metal base)	C-Scan	Como prevista e <i>acrescido B-Scan</i>	Como prevista	Revisada	N1
	Fadiga mecânica (trincas abertas para a superfície)	A	Solda e ZTA da conexão	US-PA	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
Região intermediária	Erosão (perda de espessura localizada)	A	Chapas (metal base) junto tubulação de entrada catalisador	C-Scan	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
	Fadiga mecânica (trincas abertas para a superfície)	A	Soldas verticais	US-PA	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
			Soldas anéis externos	PM	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
Região inferior	Erosão (perda de espessura localizada)	A	Tubos das conexões	B-Scan ou US-SE	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
	Fadiga mecânica (trincas abertas para a superfície)		Soldas e ZTA Conexões com cone	US-PA	Como prevista	Como prevista	Como prevista	N1
			Soldas e ZTA Vertical e horizontal	US-PA	Como prevista	Como prevista 90% vertical	Como prevista	N1

Outros desvios e seus códigos, que podem ser encontrados:

- III. Condição superficial precária implicando na impossibilidade de inspeção de algumas áreas e conseqüente redução do desempenho da inspeção.
- IV. Qualidade ruim do material inspecionado (p. ex. presença de grande número de inclusões prejudicando a avaliação da condição da parede oposta pela técnica de inspeção).
- V. Aparelho de inspeção possui sensibilidade menor que o requisito especificado (efetividade) no planejamento da INI.
- VI. Procedimento de inspeção não atendido completamente durante a execução da inspeção.
- VII. Falta de viabilidade de emissão de certificados para permitir trabalho em espaço confinado (saia)

As inspeções do tipo A, B, e C acima, são as descritas no item 7.4 para cada zona do vaso e resumido abaixo:

Tipo A – Não é esperada ocorrência de degradação

Tipo B – Esperada ocorrência de degradação com média ou baixa progressão

Tipo C – Esperada ocorrência de degradação com media ou alta progressão

Ao Plano de Inspeção indicado em item 7.8, devem ser acrescentados os tipos de desvios encontrados e ações corretivas adotadas, conforme Figura 8.5.

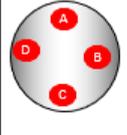
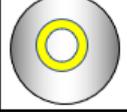
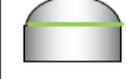
Estratégia de Execução da INI - Interrupção operacional por curto período para reduzir temperatura da chapa											FASE C - EXECUÇÃO	
Estratégia de Contratação dos END - contratação dos END no mercado atendendo MD											Desvios	
Zona do Vaso	TAG Posição desenho	Croqui Coposete	Degradação Esperada	Tipo de Inspeção	END	Cobertura	Espessura mm	Temperatura oC	Acesso	Mo. Relatório	Código desvio do END	Ação Corretiva
Tampo Superior	TS-V211		Redução uniforme de espessura interna, devido a corrosão generalizada de baixa, média ou alta severidade,	A	ME-Medição de Espessura em pontos, do tampo superior seguindo critérios de CLM do API 510	Parcial	16 mm	45	Andaime	R-TS-V211-ME-XX	Não Aplicável - NA	Satisfatório END realizado conforme planejado
	TS-V211		Redução de espessura, devido a erosão interna, pelo arraste de partículas solidas no gás	B	B-SCAN - Medição de Espessura no tampo superior, por varredura, num anel de 30 com de largura, ao redor da chapa de reforço da conexão de saída P-228	Parcial	16 mm	45	Andaime	R-TS-V211-BS-XX	Desvio Tipo I Dificuldade de acesso	Suplantar dificuldade de acesso
Tampo Superior Costado	TS-V211-		Trincas na solda pela dilatação diferencial quente-frio.	A	US na solda de ligação tampo superior /costado numa faixa de 100 mm, em 4 arcos de comprimentos de 1.000 cm cada arco, diametralmente opostos	Total	16 mm	45	Man lift	R-TS-V211-US-XX	Desvio Tipo II	Satisfatório END realizado conforme planejado

Figura 8.5 – Exemplo de plano de INI incluído para contratação

8.6 Relatório de Resultados

Alternativamente, o formulário do relatório pode ser adaptado para aplicação por *software*, particularmente onde informações repetitivas estatísticas devem ser anotadas e analisadas.

Os programas de computador devem ser projetados para realçar rapidamente medidas relevantes.

8.7 Desmobilização da Equipe

Recomenda-se que a desmobilização da equipe contratada só ocorra após a aprovação final dos relatórios de END pelo PH.

Recomenda-se uma reunião de encerramento entre todos os envolvidos. Isso oferece oportunidade para retroalimentar informações e lições aprendidas para inspeções futuras. Quaisquer dessas recomendações devem ser documentadas e armazenadas, de tal forma que possam ser recuperadas em inspeções futuras nos estágios de planejamento.

9 FASE D – AVALIAÇÃO DA INSPEÇÃO

9.1 Processo de Avaliação da Inspeção

Nesta Seção da PRe são fornecidas:

- formas de avaliar a INI. Cobre primariamente as ações que devem ser executadas após completar a inspeção, mas também fornece informações para mudanças a serem realizadas no estágio de planejamento e durante a execução da inspeção;

- diretrizes para opções de justificativa de não conformidades e para ações seguintes a identificação de não conformidades críticas.

Os parâmetros de avaliação da conformidade que devem ser verificados detalhadamente para cada zona do vaso são:

- eficácia da Inspeção e do END;
- procedimentos;
- qualidade dos dados;
- localização;
- cobertura.

Para cada parâmetro de avaliação da conformidade acima, deve ser pontuado um Nível de Conformidade de Inspeção com os critérios abaixo:

- nível 1: cumprimento de 100 % dos requisitos - N1;
- nível 2: pequena diferença entre o que foi planejado e o realizado - N2;
- nível 3: redução significativa entre o que foi planejado e o realizado - N3;
- nível 4: resultado da inspeção abaixo do objetivo e não permite ação corretiva e não pode ser utilizada na substituição da IVI - N4.

Os parâmetros de avaliação da conformidade devem ser pontuados e acrescidos no plano de INI, conforme Figura 9.1 a).

Estratégia de Execução da INI - Inspeção operacional por curto período para reduzir temperatura da chapa				FASE C - EXECUÇÃO										FASE D - AVALIAÇÃO DA INSPEÇÃO						
Estratégia de Execução do END - Inspeção do END no mundo, pontuado ND				Dados										Parâmetros de Avaliação da Conformidade						
Zona do Vaso	TAR	Processo	Resolução Esperada	Risco de Segurança	END	Cobertura	Espessura mm	Temperatura °C	Acesso	No Relatório	Software de END	Ação Corretiva	Eficiência END	Procedimento	Qualidade Dado	PoQ	Localização	Cobertura	Nível de Conformidade	Descontínuos
Tempo Superior	T3-V21		Redução máxima de temperatura, desde que não haja alteração de pressão, velocidade e frequência.	A	MI-Medição de Espessura no ponto, do tempo superior segundo critério de CLM de API 110.	Parcial	16 mm	45	Andares	R-T3-V21 MI-XX	Hi-Data-01-04	Sistema END validado conforme planejado	N1	N2	N1	L1	L2	L1	N4-Adicional	N4-Adicional
	T3-V21		Redução de temperatura, desde que não haja alteração de pressão, velocidade e frequência.	B	ESCAN - Medição de Espessura no tempo superior, por todo data, com qual de 30 mm de largura, no redor do eixo de rotação da máquina, em pontos de 100 mm.	Parcial	16 mm	45	Andares	R-T3-V21 DS-XX	Hi-Data-01-04	Sistema END validado conforme planejado	N1	N1	N1	L1	L2	L1	N4-Adicional	N4-Adicional
Tempo Superior e Costas	T3-V21		Redução máxima de temperatura, desde que não haja alteração de pressão, velocidade e frequência.	A	ESCAN - Medição de Espessura no tempo superior, por todo data, com qual de 30 mm de largura, no redor do eixo de rotação da máquina, em pontos de 100 mm.	Parcial	16 mm	45	Mão Lib	R-T3-V21 US-XX	Hi-Data-01-04	Sistema END validado conforme planejado	N1	N1	N1	L1	L2	L1	N4-Adicional	N4-Adicional
Costas	C3-V21		Redução máxima de temperatura, desde que não haja alteração de pressão, velocidade e frequência.	A	MI-Medição de Espessura em pontos, de 100 mm de distância, segundo critério de CLM de API 110.	Parcial	16 mm	55	A confirm	N4-Adicional-01	Hi-Data-01-04	Sistema END validado conforme planejado	N1	N1	N1	L1	L2	L1	N4-Adicional	N4-Adicional
Costas	C3-V21		Redução máxima de temperatura, desde que não haja alteração de pressão, velocidade e frequência.	A	MI-Medição de Espessura em pontos, de 100 mm de distância, segundo critério de CLM de API 110.	Parcial	16 mm	55	A confirm	R-C3-V21 MI-01	Hi-Data-01-04	Sistema END validado conforme planejado	N1	N1	N1	L1	L2	L1	N4-Adicional	N4-Adicional

Figura 9.1 a) - Exemplo de plano de INI acrescido das etapas da fase D – Avaliação da inspeção

Uma visão geral do processo para tratamento das não conformidades e determinação dos intervalos de inspeções subsequentes é mostrado na Figura 9.1 b).

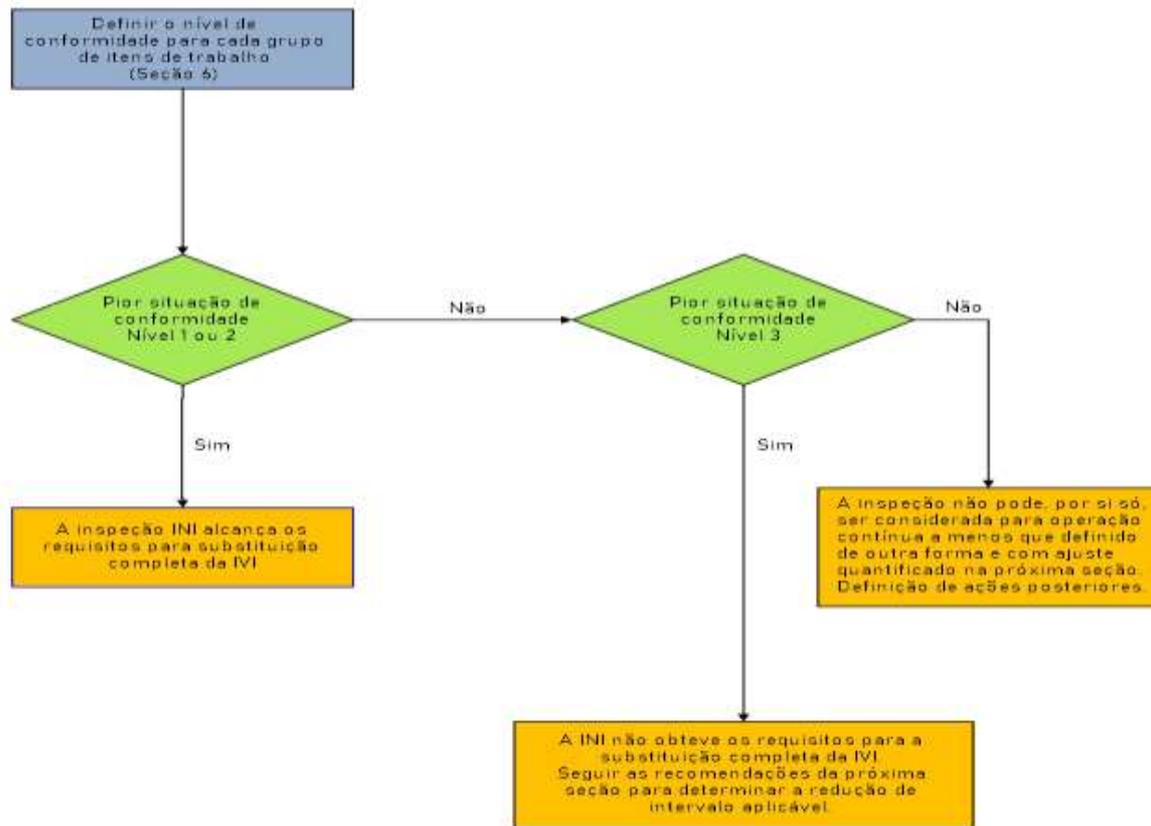


Figura 9.1 b) – Visão geral da aplicação das Seções 9 e 10

9.2 Parâmetro de Avaliação - Eficácia da Inspeção e END

Diferentes métodos têm habilidade diversa para identificar certos tipos de descontinuidades. Quando considerando se um método de inspeção alternativo e aceitável para uma dada aplicação, é importante considerar a natureza da degradação esperada, se há a possibilidade de sua ocorrência, e a habilidade do novo método para detectar e caracterizar essa degradação comparativamente ao método originalmente especificado.

Inspeção Tipo A

Uma inspeção do tipo A eficiente baseia-se num método que é suficientemente sensível para detectar sinais preliminares da degradação. Se o método aplicado possui capacidade de detectar e dimensionar defeito (Figuras 7 a 18 da ABNT NBR 16455, PoD e Dimensionamento) semelhante a aquele do método especificado, para o tipo de degradação considerado como possível na ARC, então, ele pode ser considerado aceito, isto é, com nível de conformidade 1 ou 2 (conforme item 9.1).

Entretanto, se a capacidade de detectar e dimensionar defeito são piores que o esperado, esse desvio pode ser considerado como inaceitável para permitir a substituição completa da IVI. Nesse caso, as recomendações obtidas na fase E devem ser seguidas para determinar o nível de conformidade aplicável.

Inspeção Tipo B

Para inspeção tipo B, o método precisa caracterizar qualquer degradação presente no vaso e permitir que

uma análise de Adequação ao Uso “FFS” seja feita baseada em uma análise estatística, com o nível de cobertura alcançado. Dessa forma, tão logo os dados obtidos do novo método sejam suficientes para demonstrar que o vaso possua margens aceitáveis na Adequação ao Uso “FFS”, então, na maioria dos casos, o desvio pode ser considerado aceitável, isto é, com nível de conformidade 1 ou 2.

Inspeção Tipo C

Para inspeção tipo C, o método precisa fornecer uma alta probabilidade de detecção para a degradação esperada, que permita estabelecer limites de aceitação para a aplicação específica em serviço. A detecção é o objetivo principal e a precisão de dimensionamento pode ser dispensada, nesse caso uma técnica apenas para definição de regiões críticas pode ser considerada. Uma mudança na técnica definida pode ser aceita desde que a probabilidade de detecção não seja significativamente reduzida para o grau de degradação esperado. Deve se notar, entretanto, que enquanto a técnica exploratória atenda aos requisitos técnicos, considerações práticas indiquem a seleção de técnicas que produzam informações mais relevantes que apenas a localização das regiões com dano, isto é, uso de técnicas que identifiquem e dimensione precisamente a degradação podem oferecer uma solução melhor por evitar a necessidade de atividades adicionais de acompanhamento.

9.3 Parâmetro de Avaliação - Procedimento

O procedimento empregado para executar a inspeção deve considerar uma série de parâmetros influentes no resultado do ensaio incluindo a probabilidade de detecção (PoD). A avaliação resultante é bastante similar a aquela empregada para métodos alternativos de inspeção.

Inspeção Tipo A

No caso da inspeção tipo A, desvios do procedimento que não impactam negativamente o PoD, para pequenas descontinuidades (dos tipos identificados como sendo possíveis de ocorrer pelo ARC), podem normalmente ser aceitáveis. Entretanto, normalmente o PoD para esse tipo de descontinuidades é negativamente afetado e inaceitável sendo necessário se aplicar o roteiro da próxima seção.

Inspeção Tipo B

No caso da inspeção tipo B, as descontinuidades detectadas costumam ser significativamente menores que o tamanho crítico previsto, e então o dimensionamento preciso da degradação não é absolutamente necessário. Dessa forma uma redução na efetividade é frequentemente aceitável na inspeção tipo B, desde que não afete a validade da análise estatística. Mudanças do procedimento que impliquem numa situação, onde ocorra super estimativa sistemática da espessura ou sub estimativa da dimensão da trinca não serão aceitas, porque afetam a validade da estimativa estatística da integridade.

Inspeção Tipo C

O procedimento aplicado afeta alguns parâmetros da inspeção incluso o PoD. Na inspeção tipo C, o PoD de descontinuidades relativamente grandes é a preocupação principal, enquanto sua influência nas pequenas descontinuidades seja aceita frequentemente. Dessa forma, se os desvios do procedimento dificilmente prejudicam o PoD de grandes descontinuidades (aproximando, mas mantendo uma margem na Aplicação para Uso Específico [FFS] segura) e pode ser considerada aceita. Quando há um impacto negativo no PoD para descontinuidades grandes o desvio normalmente será inaceitável. Nesses casos a metodologia descrita na próxima seção deve ser utilizada.



9.4 Parâmetro de Avaliação - Qualidade dos Dados

A identificação do tipo de degradação depende da interpretação dos dados de inspeção. Quando executando inspeção manual a interpretação dos resultados normalmente é feita durante a própria coleta de dados. No caso o próprio procedimento fornece meios de garantir a qualidade dos dados coletados e pressupõe-se que técnicos certificados sejam hábeis no reconhecimento quando algum problema ocorra. Quando a coleta de dados é automatizada, um alto nível de segurança dos dados colhidos é frequentemente possível e a análise dos dados pode ser feita em detalhe posteriormente a inspeção. É difícil definir os limites de aceitação da qualidade dos dados no método de inspeção, e essa qualidade que normalmente define o método de inspeção que será empregado. Entretanto, existem um número de fatores não perfeitamente definidos no procedimento (por exemplo, qualidade superficial deficiente, ruído do sistema na coleta de dados) que podem afetar a qualidade dos dados.

Inspeção Tipo A

Existe uma ênfase na inspeção tipo A quanto à habilidade em detectar sinais de degradação relativamente pequenos. Dessa forma, reduções na qualidade dos dados, que tem pouca influência no impacto negativo do PoD de pequenas descontinuidades (nos tipos indicados como possíveis na ARC), podem ser normalmente aceitáveis. Entretanto, quando o PoD para essas descontinuidades é provavelmente negativamente afetado, o desvio usualmente aceitável. Nessas situações a metodologia da próxima seção deve ser aplicada.

Inspeção Tipo B

No caso da inspeção tipo B, espera-se que as descontinuidades identificadas sejam significativamente menores que o tamanho crítico, e o dimensionamento preciso da degradação não é absolutamente necessário. Dessa forma a redução da qualidade dos dados é frequentemente tolerada na inspeção tipo B desde que isso não afete a validade da análise estatística. Mudanças na qualidade dos dados que são provavelmente resultados de uma situação, onde há uma super estimativa sistemática e forte da espessura e do comprimento da trinca não serão aceitas, também porque afetam a validade das aproximações estatísticas.

Inspeção Tipo C

A qualidade dos dados afeta diretamente o desempenho dos parâmetros da inspeção incluso o PoD. Na inspeção tipo C é normalmente o PoD de descontinuidades profundas que é a preocupação principal enquanto o PoD de pequenas descontinuidades não requer preocupação. Então se a redução qualidade dos dados é tal que dificilmente afetará severamente o PoD das descontinuidades grandes (influentes no FFS permissível) poderá ser aceita. Quando há um impacto negativo no PoD das maiores descontinuidades os desvios normalmente não são aceitos. Nesses casos as recomendações da próxima seção devem ser aplicadas.

9.5 Parâmetro de Avaliação - Localização

Inspeção Tipo A

As localizações selecionadas na inspeção tipo A foram determinadas como representativas das piores regiões em diferentes zonas do vaso. Se a locação para inspeção for modificada (por exemplo, devido a restrições de acesso) para outro local sujeito a condições similares de processo e potencial para degradação, então os desvios normalmente poderão ser considerados aceitáveis, isto significa que os níveis 1 ou 2 poderá ser aplicado. Se, entretanto, as condições da nova locação são provavelmente significativamente diferentes daquelas da localização especificada quando o desvio for considerado inaceitável. Nessas situações a



metodologia da próxima seção deve ser seguida.

Inspeção Tipo B

As localizações selecionadas para a inspeção do tipo B foram determinadas como sendo representativas da pior região em diferentes zonas do vaso com o objetivo da coleta de dados (estatisticamente) suficiente para cada zona permitir uma estimativa da pior descontinuidade potencial em áreas não inspecionadas. Se a localização para inspeção foi modificada (por exemplo, devido a restrições de acesso) para algum outro local sujeito a condições de processo e potencial para degradação similares, então o desvio pode ser normalmente considerado aceitável. Se, entretanto, as condições da nova localização são provavelmente diferentes daquelas da localização especificada então o desvio pode ser considerado inaceitável ou somente justificado seguindo uma análise estatística que apresente dados suficientes coletados para a zona afetada.

Inspeção Tipo C

Na inspeção tipo C a alta cobertura em regiões ou características críticas é normalmente o requisito principal. Isso significa que há pouco espaço para aceitar substituições de locais.

9.6 Parâmetro de Avaliação - Cobertura

Inspeção Tipo A

A cobertura na inspeção do tipo A será determinada para permitir amostragem suficiente das piores regiões em diferentes zonas do vaso fornecendo um alto nível de confiança de forma que qualquer degradação, porventura existente, será detectada. Modificações que reduzem localmente a cobertura de uma pequena quantidade (<25% relativa àquela requerida no plano de trabalho) normalmente serão aceitas. Entretanto, onde a cobertura foi reduzida ao ponto onde não há dados de inspeção para zonas ou características particulares onde exista preocupação, tornando a redução inaceitável. Nessas situações a metodologia descrita no próximo capítulo deve ser aplicada.

Inspeção Tipo B

A cobertura na inspeção do tipo B será determinada de forma a garantir (estatisticamente) que suficientes dados de cada zona permitirão uma estimativa das piores falhas em áreas não inspecionadas. O efeito de redução da cobertura normalmente influencia na análise estatística, de forma que a redução da cobertura torna mais difícil demonstrar uma condição inaceitável. Na maioria dos casos a redução de uma pequena quantidade da cobertura deve ser tratada com base ao descrito na frase anterior. Entretanto, onde a cobertura foi reduzida ao ponto onde não exista dados de inspeção de uma zona particular ou característica preocupante, então esse desvio deverá ser inaceitável. Nesses casos a metodologia descrita na próxima seção deverá ser empregada.

Inspeção Tipo C

Na inspeção do tipo C a alta cobertura sobre regiões ou características de preocupação é o requisito principal. A cobertura deverá exceder 90% da área para o qual as condições são de tal modo que a inspeção tipo C aplica-se. Qualquer redução da cobertura abaixo desse nível significa que a inspeção é inaceitável para a substituição completa da IVI e a não conformidade deverá ser tratada pela metodologia proposta na próxima seção.

9.7 Níveis de Conformidade

Os níveis de conformidade devem considerar se a forma e a extensão na qual a inspeção foi realizada

conseguiram atingir ou não os requisitos estabelecidos no plano de trabalho. Deve também considerar, do ponto de vista da integridade, a probabilidade e implicações das não conformidades. Como discutido nas seções precedentes, deve ser analisado o impacto de não conformidade com relação à cobertura, desempenho das técnicas de inspeção e localização/características com respeito ao tipo de inspeção adotada. Esses aspectos são relevantes com relação ao estabelecimento do nível de conformidade. Métodos para identificação dos níveis de conformidade apropriados são apresentadas nas seções que seguem.

Inspeção Tipo A

A Tabela 9.7 deve ser usada como ponto de partida para determinar os níveis de conformidade aplicáveis aos diferentes elementos do plano de trabalho. Como discutido em 9.1, um nível de conformidade deve ser aplicado a cada grupo de instruções de trabalho.

O PoD da tabela refere-se ao PoD obtido, relativamente ao que foi planejado, para os itens do grupo de trabalho. Deve refletir o desempenho “médio” exceto nos casos, onde uma variação significativa ocorreu nos itens do grupo de trabalho. Nessas situações o pior desempenho de qualquer item de trabalho deve ser considerado. O usuário deve julgar atentamente e de forma nas situações, por exemplo, onde um determinado PoD é obtido na maioria da área inspecionada, mas apenas numa pequena área houve uma significativa redução do PoD. Nesses casos, o mais seguro é tratar essa área como sem cobertura.

A cobertura na tabela refere-se ao total da cobertura realizado, relativa ao planejado, para o grupo de itens de trabalho considerado e não considera as localizações de um item individual de trabalho dentro do grupo. Cobertura será normalmente obtida com base nas dimensões físicas (realizadas *versus* planejadas) em termos de área ou comprimento.

A localização da tabela refere-se ao número de localizações específicas ou características dentro do grupo de itens de trabalho. Cobre itens discretos tais como malhas de varredura, soldas, corpo de bocais, faces de flanges de bocais etc. Por exemplo, num caso, onde o escopo de trabalho especifica cinco locais em soldas circunferenciais, dentro da zona molhada de um separador para inspeção ToFD, com objetivo de detectar corrosão na zona soldada, e ocorreu problema de acesso permitindo a inspeção em apenas duas das cinco localizações. Isso significa que apenas 60 % das localizações planejadas foram inspecionadas. Se cobertura de 100 % foi obtida em cada uma das três soldas inspecionada, a cobertura para o grupo de itens de trabalho deve ser 60 % (3/5). Nesse caso o valor usado para cobertura e locais inspecionados é o mesmo. Isso nem sempre ocorre, entretanto, existem situações nas quais os valores são diferentes. Isso pode significar que embora 60 % dos locais planejados tenham sido inspecionados, a cobertura seja apenas 50 %.

Tabela 9.7 – Categorização das não conformidades da inspeção tipo A

	PoD	Cobertura	Localização
L1	Como esperado	Como esperado	Como esperado
L2	$\geq 90\%$ do esperado	$\geq 75\%$ do esperado	Inspeção $\geq 75\%$ do esperado
L3	$50\% \leq$ do esperado $< 90\%$	$50\% \leq$ do esperado $< 90\%$	$50\% >$ Inspeção $\geq 75\%$ do esperado
L4	$< 50\%$ do esperado	$< 50\%$ do esperado	Inspeção $< 50\%$ do esperado

Note que nas condições acima com relação ao PoD e a cobertura são estabelecidas para adoção individual. Se ambos os parâmetros são simultaneamente, então, considerações devem ser tomadas para aumentar o nível, isto é, no caso, onde o PoD é aproximadamente 90% do esperado e a cobertura é 75% do nível de conformidade o nível 3 deve ser utilizado inicialmente ao invés de nível 2. Os efeitos de não conformidade com respeito a locais de cobertura deve também ser considerado no ajuste do nível de conformidade quando tanto PoD como cobertura forem afetados.

A Tabela 9.7 deve ser empregada como ponto de partida apenas e o usuário deve empregar considerações técnicas de engenharia para estabelecer a categoria mais apropriada. A aplicabilidade da categoria estabelecida pela tabela 9-1 deve ser considerada no contexto dos fatores descritos abaixo e considerando os objetivos específicos do plano de inspeção.

Dentro da inspeção tipo A principal preocupação é a habilidade em detectar a presença da degradação, mesmo quando ela esteja no estágio inicial. Dessa forma o foco da inspeção tipo A tenderá ser o desempenho da inspeção e isso será empregado para especificar o método de inspeção.

As não conformidades que afetam significativamente o desempenho (PoD) da inspeção devem ser comparadas com aquelas do sistema específico para evitar o potencial comprometimento dos objetivos. Se um sistema com desempenho reduzido é usado isso pode ser, em parte, compensado por algum aumento na cobertura, mas o requisito de desempenho mínimo deve ainda ser considerado.

As não conformidades relativas à cobertura são menos relevantes, desde que esteja claro que as mudanças na cobertura não impliquem em redução significativa da área inspecionadas nas zonas tendo características operacionais similares. Por exemplo, movendo a região de inspeção longitudinalmente na parte de baixo de um vaso horizontal de alguma centena de milímetros por motivos de acesso pode ser aceito desde que a condição da nova área não seja distinta das da área especificada para inspeção.

Em muitos casos a localização é mais relevante do que a área total coberta, isto é, pode ser mais aceitável reduzir a cobertura em uma região preocupante do que mover a inspeção para outra localização onde as condições impliquem em menores custos.

Recomenda-se que, caso há dúvidas quanto ao nível de conformidade a ser aplicado nos estágios de relatório, isto é, se não está clara que a justificativa possa ser feita para um determinado nível, deve ser adotada, inicialmente, uma escolha conservativa. Isso pode ser ajustado com as considerações detalhadas na próxima seção e/ou durante o estágio de revisão da integridade.

Inspeção Tipo B

A aceitação da inspeção tipo B é dependente do resultado da análise estatística dos dados. Uma correlação total da sistemática de inspeção pode apenas ser feita quando os resultados da análise estão disponíveis. A inspeção pode, entretanto, ser diretamente classificada com nível de conformidade 4 quando um ou ambos das seguintes condições se aplicam:

- técnica de inspeção sistematicamente subdimensiona a degradação; ou
- mais zonas de processo/corrosão não tem cobertura.

Quando não é possível pela análise demonstra uma condição de aceitação (que considerará geralmente a situação ao final do subsequente intervalo de inspeção) níveis de conformidade de inspeção 3 ou 4 são aplicáveis. Essa escolha depende se é possível ou não justificar que a inspeção possa ser postergada.

Inspeção Tipo C

A Tabela 9.7 deve ser utilizada como ponto de partida para determinação do nível de conformidade aplicável a cada grupo de itens de trabalho.

Tabela 9.7 – Categorização das não conformidades da inspeção tipo C

	PoD	Cobertura	Localização
L1	Como esperado	Como esperado	Como esperado
L2	$\geq 75\%$ do esperado	$\geq 90\%$ do esperado	Inspeção $\geq 90\%$ do esperado
L3	$50\% \leq$ do esperado $< 75\%$	$50\% \leq$ do esperado $< 90\%$	$50\% >$ Inspeção $\geq 90\%$ do esperado
L4	$< 50\%$ do esperado	$< 50\%$ do esperado	Inspeção $< 50\%$ do esperado

Observar que, como na Tabela 9.7 para inspeções do tipo A, as condições acima com respeito a PoD e cobertura devem ser tomadas individualmente. Se ambos os parâmetros são simultaneamente afetados então a consideração deve ser aumentar um nível de inspeção, isto é, caso o PoD seja aproximadamente 75 % do esperado e a cobertura 90 % do esperado, o nível de confiabilidade 3 deve ser inicialmente considerado ao invés de nível 2. Os efeitos da não conformidade com respeito a localização para cobertura também devem ser considerados para definição do nível de conformidade, quando ambos PoD e cobertura são afetados.

A Tabela 9.7 deve ser usada como ponto de partida e o usuário deve usar conceitos de engenharia para definir a categoria mais apropriada. A aplicabilidade da categoria escolhida de acordo com a Tabela 9.7 deve ser analisada no contexto dos fatores ressaltados abaixo e tomando em conta os objetivos específicos do plano de inspeção.

Dentro da inspeção tipo C, a ênfase está em garantir uma alta probabilidade de detecção para a pior descontinuidade, reconhecendo que a degradação pode estar isolada em regiões específicas. Em muitas situações as dimensões da descontinuidade que é considerada de primordial detecção (isto é, algo com potencial para crescimento a dimensões críticas dentro do intervalo até a próxima inspeção) será grande o suficiente para permitir uma razoavelmente alta probabilidade de detecção (se a área afetada for inspecionada). Por exemplo, nesse tipo de inspeção, algumas é preferível usar um método que possua PoD ligeiramente inferior para pequenas descontinuidades e que cubra grandes áreas rapidamente.

Visto que a cobertura tenderá a ser um ponto chave nesse tipo de inspeção, as não conformidades que afetam a cobertura devem ser a principal preocupação. Existe certo número de fatos que afetam a aceitabilidade da cobertura relativa a não conformidades. Várias dessa, destacadas abaixo:

- Redução de cobertura localizada devido a restrições de acesso, por exemplo, bocais ou restrições de acesso na tubulação. Em muitas circunstâncias isso pode ser aceito e deve ser esperada a ocorrência. Para descontinuidades de corrosão os efeitos podem ser estimados com relativa simplicidade, entretanto, estabelecendo as perdas aceitáveis de espessura de parede para áreas não inspecionadas. Se a perda metálica em algum local está entre os limites aceitáveis, então é razoável supor como improvável que uma perda de parede inaceitável tenha ocorrido na região não

inspecionada; de modo contrário, se a perda de espessura está entre os limites apenas em outra região, será mais difícil justificar a aceitabilidade de uma área não inspecionada. Esse tipo de aproximação leva em consideração a corrosão encontrada pela inspeção, isto é, qual tipo de descontinuidade está provavelmente presente. Será, por exemplo, menos útil quando corrosão microbiológica é o tipo de dano presente, pois nesse caso ela é extremamente localizada.

- Reduções significativas na cobertura em áreas particulares. Isso, em condições normais, é inaceitável. A justificativa deve ser principalmente, tendo por base, a revisão do processo corrosivo. Isso pode reconsiderar a natureza possível da degradação a luz dos resultados que estão disponíveis. Um estabelecimento mais detalhado da corrosão ocorrente do vaso pode reduzir o conservadorismo inicial e permitir que a não conformidade seja aceita.

Embora o desempenho da inspeção possa ser tipicamente menor a preocupação maior nesse tipo de inspeção permanesse sendo a cobertura. Existirão requisitos mínimos, usualmente relacionados as dimensões toleráveis das descontinuidades, que precisam ser alcançados. Se o sistema de inspeção ou sua implementação é tal que esses requisitos de inspeção não são alcançados então o único escopo para demonstrar a aceitabilidade será refinar a definição das dimensões toleráveis das descontinuidades.

9.8 Não Conformidade Crítica

As não conformidades que implicam no não uso da INI não podem ser usadas para justificar o intervalo de inspeção planejado, por exemplo, o intervalo completo de troca ou a prorrogação de um intervalo planejado, são chamados de não conformidades críticas as não conformidades níveis 3 e 4.

Quando a inspeção inclui uma não conformidade crítica, alguma ação será requerida para reorganizar a situação. Cada caso será tratado com base nos seus méritos, mas genericamente, as seguintes opções, dependendo se uma substituição completa ou a postergação foram planejadas, devem ser consideradas:

- repetir, quanto antes melhor, o item do trabalho de inspeção ao qual a não conformidade se relaciona. Isso pode indicar as atitudes para as quais a não conformidade se aplica;
- realizar a inspeção visual interna tão rápido quanto possível;
- repetir parcialmente ou totalmente o escopo de trabalho da INI em um intervalo de tempo menor do que o normalmente seria aplicável;
- executar a inspeção visual interna em um intervalo de tempo menor do que normalmente seria aplicado;
- aplicar inspeção alternativa de forma reduzida;
- executar monitoração regular da espessura de parede em áreas localizadas;
- colocar ênfase para demonstrar que o processo está controlado e condições que impliquem em corrosão excessiva não estejam presentes (por exemplo, monitorar níveis de CO₂, H₂S ou verificação regular com cupons de corrosão);
- considerar o uso de INI apenas para permitir a postergação dos prazos de inspeção como determinado pela metodologia descrita na próxima seção.

As circunstâncias particulares determinarão a opção ideal e o tempo requerido para sua implementação.



Observar que, quando a substituição total da IVI foi planejada, o estabelecimento das não conformidades de acordo com a metodologia descrita na próxima seção pode permitir operação contínua, mas num intervalo menor, isto é, a INI pode ser tratada de forma similar a postergação da IVI.

Notar que a próxima Fase fornece um roteiro mais detalhado de como ajustar o impacto das não conformidades. É possível que, em alguns casos, o nível de conformidade pode ser revisado seguindo o roteiro descrito na próxima Fase.

Uma vez que os níveis de conformidade foram estabelecidos, as seguintes restrições podem ser aplicadas na forma de informação obtida em inspeções podem ser usadas.

Nível 3

- A inspeção não pode ser empregada como suporte para estabelecer uma nova gradação
- A informação da inspeção de zonas com inspeções não conformes não deve ser usada para atualização da taxa de degradação, suscetibilidades etc. no sistema RBI
- A efetividade da inspeção deve ser declarada Baixa em futuras considerações da NII.

Nível 4

- A inspeção não pode ser usada para estabelecer uma nova gradação
- A informação da inspeção de zonas com inspeções não conformes não deve ser usada para atualização da taxa de degradação, suscetibilidades etc. no sistema RBI
- Nenhum crédito deve ser tomado dessa inspeção em futuras considerações da INI.

9.9 Tratamento das Descontinuidades Reportáveis

De forma geral, os procedimentos relativos a descontinuidades estão bem cobertos por normas internacionais, de estabelecimento de aplicação para uso específico em serviço, como, por exemplo, a API 579 e a BS 7910, bem como as regras corporativas, e não serão tratadas em detalhe nesta PRe. Entretanto, existem alguns aspectos onde o uso da INI pode levar a diferenças de aproximação em algumas situações.

Entende-se como descontinuidade reportável ou deficiência, a descontinuidade que não é aceita pela norma de projeto do equipamento, ou seja, $t < \min$.

Onde a inspeção do tipo A foi especificada, isto é, nenhuma degradação está prevista, e a inspeção identificou degradação, embora abaixo do nível que requeira ação baseada na avaliação de integridade (FFS), precisa-se realizar mais investigação no fato ocorrido.

Assim como, nas atividades de gerenciamento da integridade que se baseiam na IVI, ações específicas são requeridas quando descontinuidades são encontradas. O tipo de inspeção forma uma base útil para definir os princípios, governando a natureza da ação a ser tomada quando descontinuidades são encontradas. Um breve sumário é fornecido abaixo.

Inspeção Tipo A

A inspeção do tipo A usualmente aplicada onde a degradação é considerada improvável e/ou a degradação

é esperada é superficial. Por isso se houver degradação – além de limites pequenos – então, é provável ser sinal de um processo de acúmulo de dano ou do material levando a corrosão que é mais rápido que o esperado. Também pode ser uma indicação de ocorrência prematura de corrosão. Em qualquer evento é importante obter informações da causa originária do dano. Isso é usualmente dependente de um maior conhecimento da natureza, dimensão e localização da degradação do que obtida com a inspeção inicial por INI. Além do mais, visto que essa inspeção irá tipicamente ter uma cobertura limitada é importante, de uma perspectiva direta da avaliação de integridade, garantir que uma degradação significativamente pior não está presente na área não inspecionada.

Com base nas preocupações acima, em muitos casos de descontinuidades sendo detectadas na inspeção tipo A, inspeção adicional deve ser implementada em um tempo relativamente curto para garantia da integridade. Nessa inspeção procurar uma cobertura maior e fornecer informações detalhadas da degradação. Em muitos casos esse requisito é mais bem alcançado por inspeção visual interna, mas haverá situações nas quais mais INI é apropriada.

Inspeção Tipo B

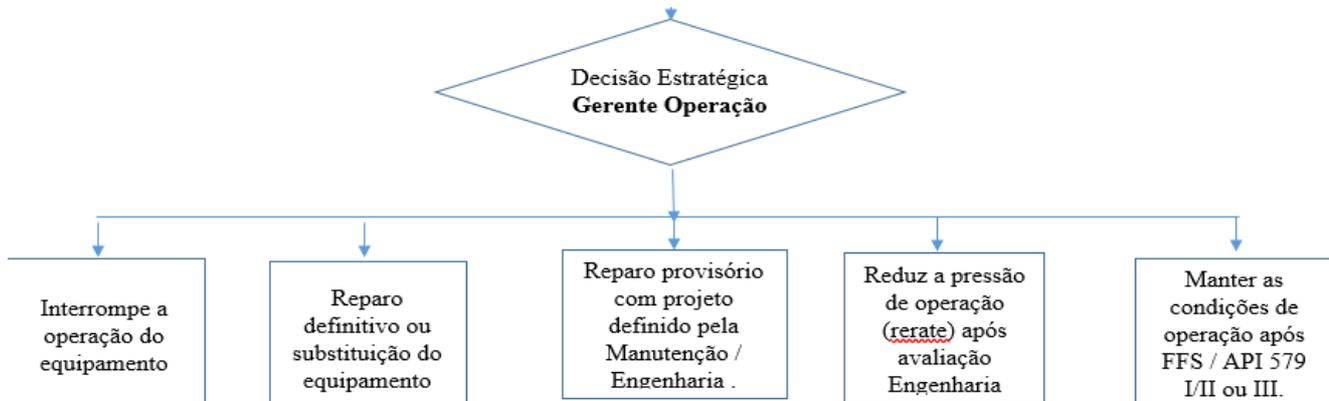
Uma situação inaceitável na inspeção tipo B é onde a probabilidade de falha (tipicamente baseada no potencial para ocorrência de falhas em áreas não inspecionadas) é considerada como excessiva. Isso pode ser caracterizada por alguns pontos, como descrito abaixo:

- cobertura de inspeção adicional usando o mesmo método para aumentar o tamanho da amostragem (e redução da área sem dados de inspeção)
- inspeção com a mesma cobertura, mas usando um método com menos variabilidade inerente nas medições de espessura de parede. Isso reduzirá a estimativa de dimensão da pior descontinuidade
- inspeção por INI ou IVI com 100 % de cobertura para identificar diretamente o pior tamanho da falha
- adicional, mais sofisticada, análise de dados incluindo a correlação de resultados a partir de diferentes locais.

Em muitos casos, as duas primeiras opções serão mais econômicas.

Inspeção Tipo C

Quando descontinuidades reportáveis (deficiências) são encontradas na inspeção do tipo C um estudo detalhado de garantia da integridade pode ser requerido a menos que as descontinuidades possam ser diretamente classificadas como superficiais. Essa situação frequentemente está associada ao caso que a informação fornecida na inspeção INI inicial não é por si só suficiente para suportar a análise da integridade estrutural. Por isso, alguma inspeção adicional que ajude na caracterização completa da descontinuidade pode ser necessária. Essa inspeção pode ser por INI ou IVI dependendo das circunstâncias. Sendo identificado uma descontinuidade reportável (deficiência), o PLH deve comunicar a alta administração que deverá definir medidas de adequação no equipamento conforme abaixo:



Ações posteriores podem ser definidas empregando os resultados obtidos nos estudos de garantia da integridade (FFS) como base.

9.10 Validação da Integridade Estrutural

No plano de INI FASE D, o PLH deve indicar se foi identificada não conformidade crítica e as ações de adequação adotadas.

Com a análise dos END, deve ser procedida uma confirmação e atualização da integridade estrutural realizada em 6.3.6, e deve ser confirmado o seguinte:

- o projeto do equipamento atende a norma especificada;
- o equipamento foi fabricado conforme norma de projeto;
- o equipamento opera dentro das condições em que projetado;
- os danos existentes e decorrentes dos mecanismos atuantes no período de operação não provocaram nenhuma deficiência que colocou o equipamento numa condição incompatível com o projeto original, ou
- as deficiências (trinca, pites etc., descontinuidades reportáveis não aceitas pelo código de projeto), foram avaliadas com estudo de Adequação ao Uso (*fitness for service* - FFS) comprovando que é aceitável a operação do equipamento com os danos identificados, conforme relatório específico.

9.11 Exemplos

9.9.1 Inspeção Tipo A

Exemplo 1

Considere um caso de um vaso separador que é fabricado em aço carbono cladeado internamente com liga resistente a corrosão. O escopo de trabalho da INI inclui mapeamento de corrosão e inspeção ultrassônica com cabeçote angular em regiões selecionadas na parte inferior do vaso. A condição externa do vaso é deficiente com regiões inspecionadas por terem sofrido corrosão sob isolamento enquanto isolado. A condição superficial é tal que o PoD para degradações na forma de pequenos pites (identificados como a principal mecanismo de degradação afetando o material da chapa) é considerada ser significativamente afetada relativamente ao que seria obtido em com uma boa condição superficial. O PoD é estabelecido estar

entre 50 % e 90 % daquele para uma boa condição de escaneamento.

Cobertura completa é alcançada em regiões definidas para inspeção. Nesse caso conformidade nível 3 será aplicada e o intervalo completo seguindo INI é justificado a menos que outras ações sejam tomadas para encurtar a inspeção. Deve ser observado que, como discutido anteriormente, esforços devem ser feitos para evitar situações em que o desempenho é reduzido, por exemplo, nessa situação a avaliação de uma pré-inspeção fornece oportunidade de identificar e melhorar as condições superficiais. Também durante a inspeção propriamente dita, há espaço para alterar as áreas inspecionadas para cobrir material com melhor condição superficial embora permanecendo na zona de interesse.

Exemplo 2

Para o caso acima, se a cobertura alcança 75% do planejado e o PoD foi considerado estar no nível baixo da faixa, isto é, aproximadamente 50% do planejado, então considerações devem ser dadas para estabelecer um nível 4 de conformidade. Se a cobertura foi menor que 75% do planejado e o PoD aproximadamente 50% então haverá um claro caso de conformidade nível 4.

Exemplo 3

Assumindo agora um caso em que o PoD é totalmente alcançado, mas a cobertura é 70% do planejado devido a restrições de acesso não antevistas. A tabela 6-1 indicaria nível de conformidade 3 para essa situação. Entretanto, se está claro que 70 % alcançado ainda representa uma amostragem razoável da zona sob análise, a cobertura inclui as regiões estabelecida como sendo de alto risco, os dados colecionados são de boa qualidade e não contém evidências de degradação, então nesse caso pode ser estabelecido um nível de conformidade 2.

9.9.2 Inspeção Tipo B

Dentro da inspeção tipo B, a ênfase será a coleta de informações suficientes para permitir um estabelecimento estatisticamente quantificado pode ser usado para demonstrar a alta confiabilidade na estimativa da pior descontinuidade que possa existir (incluindo as áreas não inspecionadas). O desempenho e a cobertura da inspeção afetam se a informação é suficiente.

Se aceitamos que esse tipo de inspeção forma a base para a análise estatística que ajuda a permitir o estabelecimento quantificado das condições do vaso então essa mesma análise estatística pode ser usada como uma auto verificação da inspeção. Incertezas associadas ao desempenho do sistema (por exemplo, baixa resolução) e cobertura da inspeção isso tenderá (mas não sempre) a facilitar o crescimento no dimensionamento da pior descontinuidade esperada.

A natureza da demonstração quantificada depende da cobertura e da capacidade da técnica de inspeção (precisão de medição e a variabilidade são itens chaves aqui). De forma geral, os requisitos são estabelecidos em uma forma mais direta como (i) a precisão da técnica de inspeção é melhorada (e/ou a variabilidade é reduzida) e (II) a cobertura é aumentada.

A Figura 9.9.2 a) serve como ilustração dos efeitos no erro de medição. É apresentado que 90 % da confiabilidade estimada para a espessura mínima em uma situação em que uma análise de valor extremo foi executada baseada na cobertura da inspeção de 20 %. A espessura mínima estimada determina a aceitação da condição corrente e ao fim do intervalo planejado. Os efeitos do erro de medição podem impactar diretamente na aceitação da condição corrente, por exemplo, assumindo que 2,5 mm é tomado como condição de aceitação (para corrosão localizada) no caso em que a Figura 9.9.2 a) relata, um sistema de medição com desvio padrão de erro >0,85 mm não permitirá demonstração de uma situação aceitável no presente. Por isso para justificar operações a porvir, inspeções posteriores poderão ser requeridas com

precisão apurada e cobertura aumentada.

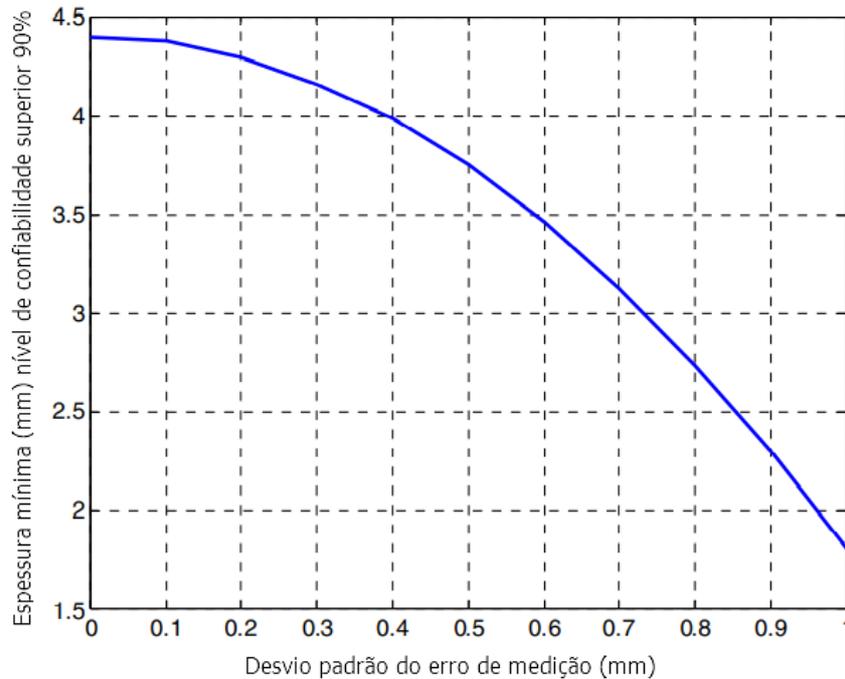


Figura 9.9.2 a) – Efeito do erro de medição na estimativa da espessura

A espessura mínima para a área completa pode ser esperada maior que o valor mostrado em 90% dos casos. Observe que o uso de nível de confiabilidade de 90% estimado aqui deve ser tomado como uma recomendação que esse nível de confiabilidade pode sempre ser usado. A aproximação para fazer estimativas da condição baseada na análise estatística pode ser determinada como apropriada pelo responsável por essa análise e ser aceita pelo time de integridade.

Deve ser notado que a espessura mínima estimada será sempre utilizada como base para estimativa da taxa de corrosão, por isso uma pequena redução na estimativa da espessura mínima pode ter um grande efeito na vida remanescente estimada (a espessura inicial é menor e a taxa de corrosão é maior). Para ilustrar essa situação imagine a situação em que (i) a espessura média do comissionamento era 8 mm, (ii) o equipamento esteve em serviço por 15 anos e (iii) o valor de aceitação mínimo é 2,5 mm. O tempo para alcançar a condição limite é mostrado na Figura 9.9.2 b). Esse tempo é sempre usado para ajustar o intervalo, isto é, por exemplo, máximo intervalo pode ser metade do tempo para a condição limite. Nesse caso um intervalo de 4 anos pode ser justificado com a técnica com 0,1 mm de desvio padrão embora apenas 2 anos sejam justificados com desvio padrão de 0,5 mm. O efeito do erro de medição variará de caso para caso, mas essa ilustração mostra que o efeito pode ser significativo.

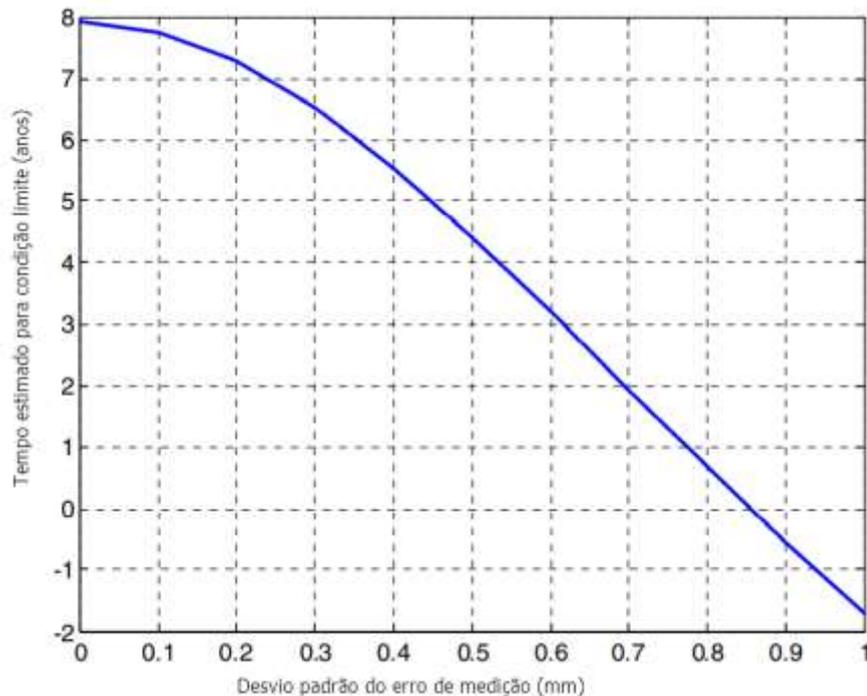


Figura 9.9.2 b)

A cobertura também tem um efeito na estimativa de espessura mínima e se uma condição aceitável pode ser demonstrada. A Figura 9.9.2 c) considera os efeitos da cobertura no mesmo caso tratado na Figura 9.9.2 b), mas assumindo um sistema de medição com erro zero. Aumento na cobertura é observado para um aumento de 90 % de estimativa da espessura mínima.

Assim como para os erros de medição a cobertura alcançada pode afetar a aceitação da condição corrente e impactar a aceitação do intervalo de medição. A Figura 9.9.2 c) mostra o tempo estimado para condição limite baseada nos resultados de acordo com a cobertura obtida. Para o caso considerado aqui (e usando a margem de dois no tempo para a condição limite) um intervalo de 4 anos pode ser justificado segundo a inspeção com 20% de cobertura, mas apenas 2.5 anos podem ser justificados segundo uma inspeção com 10% de cobertura. O efeito real variará de acordo com cada situação, mas o exemplo apresentado aqui mostra que os efeitos podem ser significativos.

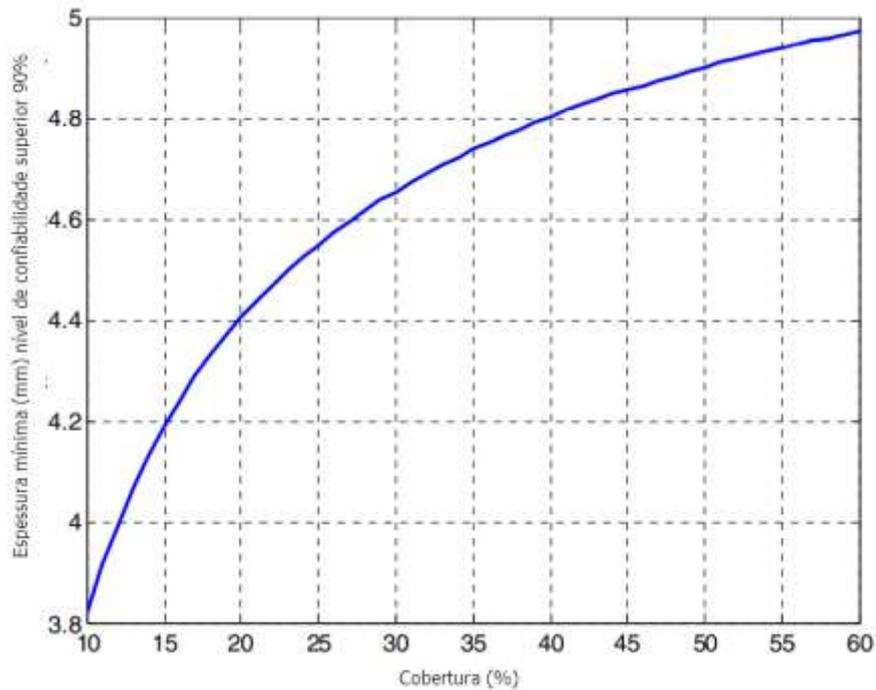


Figura 9.9.2 c) – Efeito da cobertura na estimativa da espessura mínima

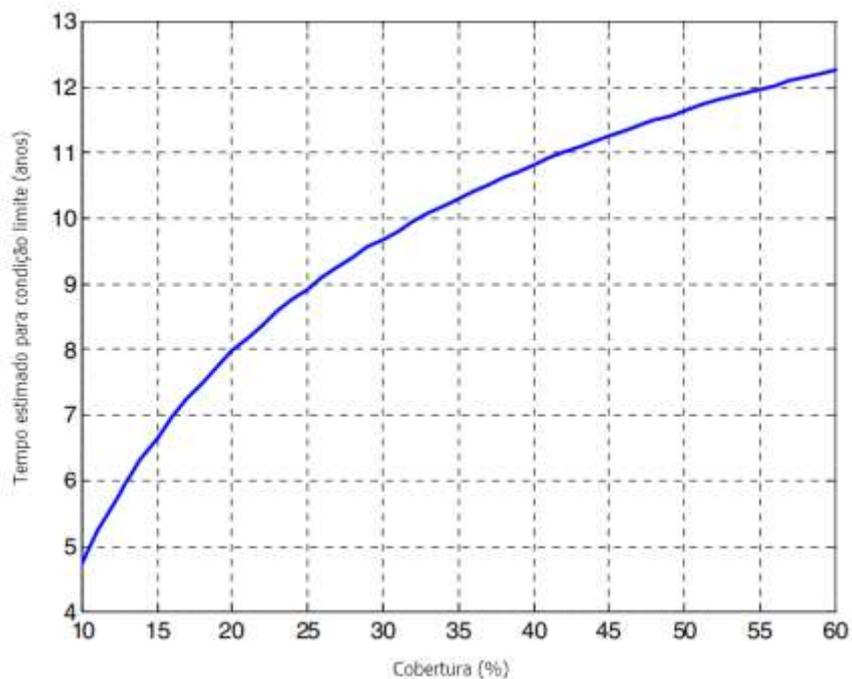


Figura 9.9.2 d) – Efeito da cobertura na estimativa do tempo para espessura mínima

Como já explicado, o escopo de trabalho para inspeção tipo B é apenas considerada aceitável na finalização da análise dos resultados gerados pela inspeção propriamente dita. Isso normalmente envolverá a estimativa

da espessura mínima e o tempo para atingir a condição limite. Se os requisitos de aceitação não forem alcançados ações futuras devem ser tomadas, por exemplo, inspeção mais precisa, adição de cobertura com INI, verificação com IVI. Considere o exemplo, no qual o tempo aceitável para condição limite é 10 anos para a situação como exemplificado na figura 6-5. Uma inspeção executada com 20% de cobertura não permitirá um tempo aceitável para condição limite como demonstrado. Isso será estabelecido pela análise dos dados coletados durante a inspeção e pode resultar na designação da inspeção com níveis 3 ou 4 dependendo se é ou não possível justificar a inspeção como suporte para um período de postergação.

9.9.3 Inspeção Tipo C

Exemplo 1

O planejamento da inspeção para um vaso separador de aço carbono, revestido internamente com flocos de vidro Vinylester pede 100 % de cobertura do casco. Existem restrições na parte inferior do vaso que propiciam uma inspeção de apenas 75 % na zona molhada do casco. Os requisitos de PoD são considerados totalmente atingidos. A tabela 6-2 indica conformidade nível 3. Nesse caso, não será possível justificar uma mudança do nível de conformidade visto que a cobertura reduzida é significativa e em uma área crítica com respeito ao potencial para degradação.

Exemplo 2

Considerando o vaso do exemplo anterior, mas agora com cobertura total obtida na região molhada do casco e 75 % de cobertura alcançada na zona de gás. De novo a tabela 6-2 indica nível de conformidade 3 como ponto de partida. Entretanto há justificativa para mudar a conformidade para nível 2 se a cobertura alcançada inclui todas as áreas de suscetibilidade crescente (por exemplo, próximo de bocais e mudanças na geometria), os resultados da inspeção não mostram qualquer evidência de degradação do revestimento e não há histórico de degradação desse tipo de revestimento para o vaso sob análise.

Exemplo 3

Considere a situação do exemplo 2 acima, mas onde a técnica de inspeção não forneceu a capacidade de detecção requerida tal que o PoD para degradação isolada (em níveis de atenção requeridos) foi algo pouco acima de 50 % do que foi planejado. Nesse caso a tabela 6-2 indica um nível de conformidade 3 baseado tanto no PoD como na cobertura, mas considerando que ambos foram significativamente afetados, um nível de conformidade 4 deve ser adotado.

10 FASE E – METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DO INTERVALO DE INSPEÇÃO

A fase anterior fornece um método de definir a aceitação dos desvios de um plano de trabalho especificado e como mitigá-los ou compensá-los. Uma vez que a não conformidade foi definida como não aceitável deverá haver uma ação posterior para mostrar que ela pode ser justificável. Essa seção mostra de forma sucinta os tipos de ações apropriadas.

O processo da decisão normalmente não requer tanto que uma ARC muito aprofundada como análise probabilística da integridade seja realizada antes da INI se considerada apropriada. Ele adota uma aproximação pragmática consistente com o nível de conhecimento/informação que será tipicamente associada ao equipamento de inspeção instalado e, conseqüentemente, os requisitos de inspeção que são usualmente especificados de forma conservativa.

Existem duas abordagens que podem ser usadas para demonstrar que a inspeção empregada pode ser



considerada aceita; primeiramente, comparação com a IVI e em segundo lugar, por uma análise estatística qualitativa (ou semiquantitativa) da probabilidade de falha. Enquanto a primeira é conceitualmente simples, e tipicamente conservativa, é possível obter um maior conhecimento do problema com base em uma avaliação mais quantitativa. Entretanto, os dispêndios (financeiros e tempo) e quantidade de dados de uma análise quantitativa ou semiquantitativa são bem maiores. Esse documento, portanto, se foca principalmente no emprego da primeira aproximação, mas fornece recomendações adicionais como realizar a aproximação mais detalhada (ver 10.4).

Existem duas situações nas quais a INI pode ser usada como justificativa para postergação da IVI, assim descritas:

- 1) O objetivo é usar a INI como uma alternativa completa a IVI, mas a análise da possibilidade de emprego da INI como definido nesse documento, indica que a INI não é apropriada para substituição completa da IVI.
- 2) A análise indica que a INI é apropriada para substituição completa a IVI, mas os requisitos prescritos para a postergação são menores em comparação a aqueles necessários para a substituição total da IVI.

Essa seção fornece orientação de como gerir as duas situações citadas acima. Uma visão geral da aplicação dessa seção é apresentada na Figura 10.

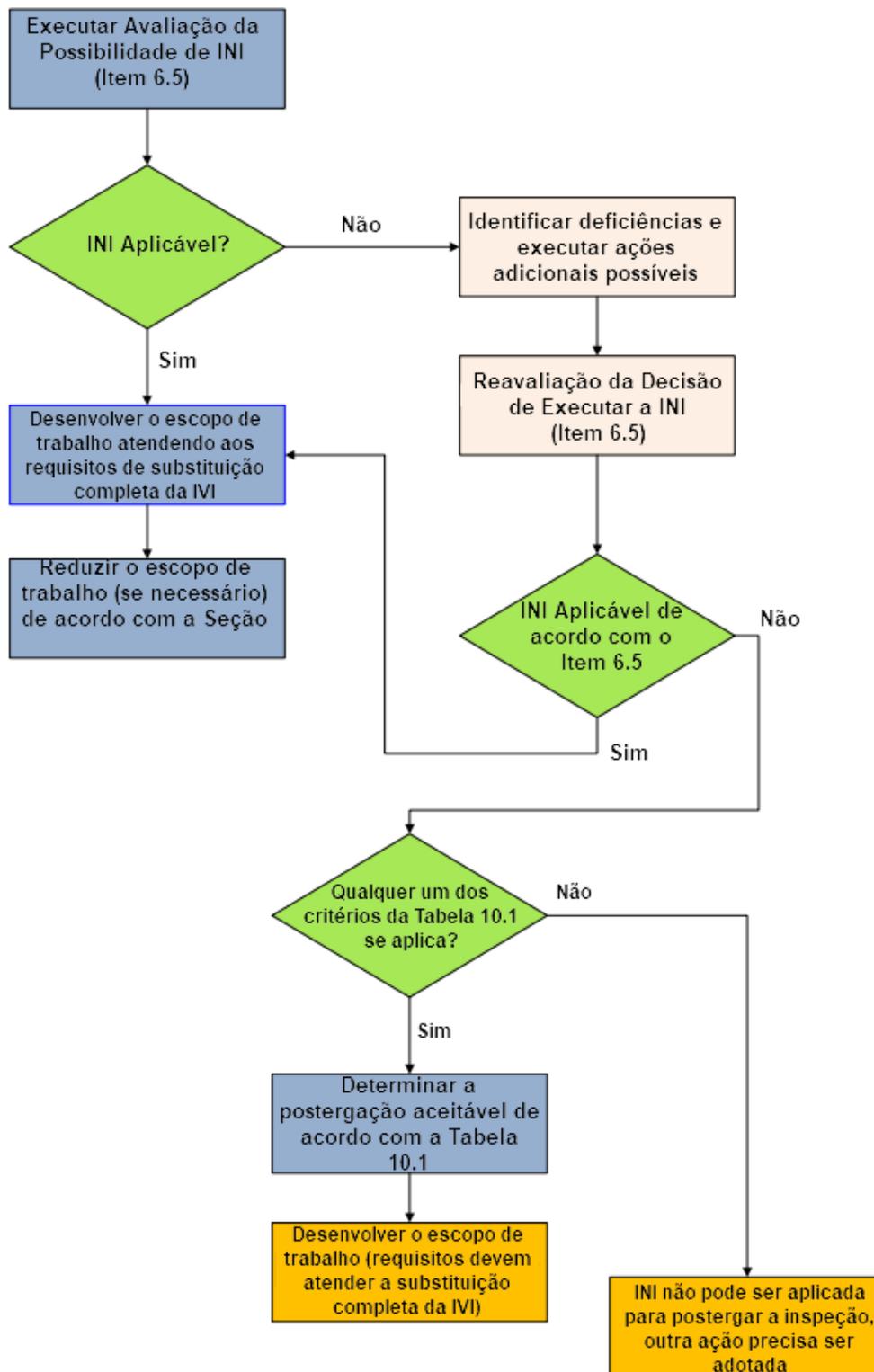


Figura 10 – Fluxograma com visão geral do processo de avaliação para postergação da inspeção

10.1 Intervalos ajustados por comparação com a capacidade relativa da IVI

10.1.1 Fundamentos

O item 6.5 inclui um processo de alto nível para determinar se os vasos são aplicáveis para INI. Isso considera que a inspeção pode ser substituída completa da IVI com o mesmo intervalo sendo empregado após a INI (ou, em alguns casos ser ajustado com base na mudança de gradação). Se a avaliação determina que a INI não é aplicável não significa automaticamente que a INI não permite a postergação para um intervalo menor ou que a INI não possa ser executada.

Conforme especificado em 6.5, as duas razões mais comuns para a INI ser definida como não aplicável são:

- 1) nenhuma inspeção anterior foi executada no vaso ou não existe histórico de inspeção em vaso similar.
- 2) o gráfico (Figura 10.2) determina que a INI não é aplicável.

Esses casos serão analisados separadamente.

10.1.2 Sem inspeção anterior

O especificado em 6.5 considera essencialmente pelo menos uma inspeção anterior no vaso considerado ou em outro vaso similar antes que a INI possa ser justificada. Essa forma de proceder ajuda a garantir que existe conhecimento suficiente dos mecanismos de degradação potenciais e de sua localização para que as técnicas de inspeção e cobertura possam ser apropriadamente definidas. Isso é consistente que a filosofia da análise que enfatiza a necessidade de verificação da estimativa assumida na criação dos planos de inspeção. De forma geral a expectativa será que existe algum histórico relevante de inspeções internas para o item considerado (embora possa ter vindo de outros vasos similares). Esse método, entretanto, não pode excluir a INI como justificativa para postergação da inspeção interna em casos específicos. O procedimento para postergação deve seguir o especificado em 10.4 (casos especiais de postergação).

10.1.3 Fluxograma indica que a INI não é recomendada

O fluxograma da Figura 10.1.3 considera três fatores para chegar à decisão se a INI é apropriada:

- confiabilidade na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação;
- efetividade da inspeção anterior;
- severidade e taxa de degradação.

Os fatores são graduados em Alto, Médio e Baixo dependendo das condições. A INI não é recomendada na maioria dos casos em que “Confiabilidade na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação” é categorizada como Baixa (a exceção sendo onde “Efetividade da inspeção anterior” for Média ou Alta e “Severidade e taxa de degradação” forem Baixa ou Média).

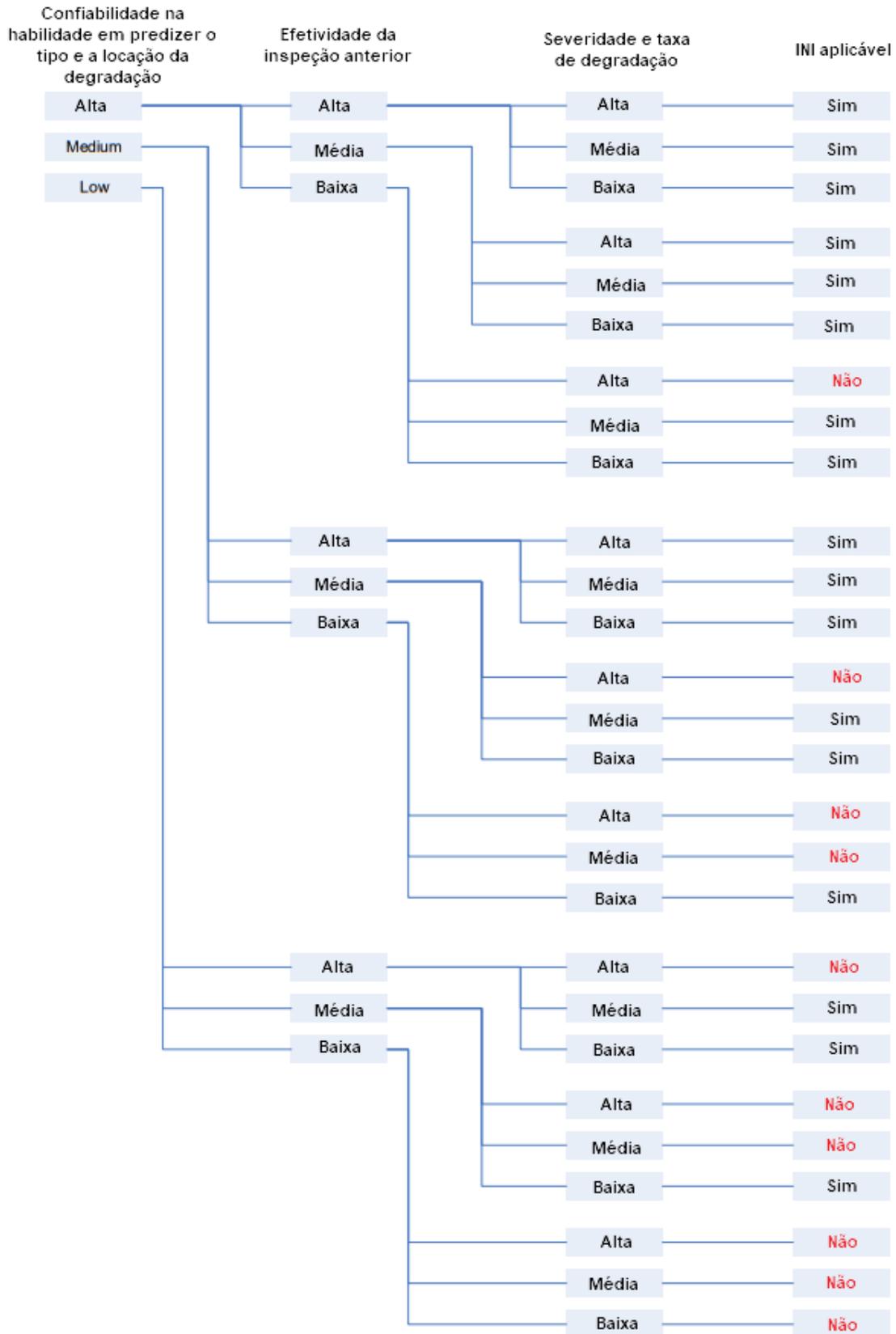


Figura 10.1.3 – Gráfico guia de decisão de alto nível

Devido à relevância de um entendimento que para a condição da degradação potencial um planejamento robusto de INI possa ser concebido, é recomendado que que nas situações em que “Confiabilidade na habilidade de prever o tipo e a localização da degradação” seja Baixa, nenhuma concessão seja feita nas situações onde a INI não seja recomendada pelo fluxograma. Nessas situações existem duas opções para justificar o uso da INI com o objetivo de postergação da IVI, quais sejam:

- ações tomadas para permitir a recategorização da “Confiabilidade da habilidade em prever o tipo e a localização da degradação” de Baixa para Média ou Alta. Isto poderá tipicamente acarretar uma ARC mais abrangente e a recategorização poderá ser aplicada em muitos casos. Esse tipo de consideração pode ser feito também na “Severidade e taxa da degradação”, isto é, revisando o item após a execução de uma ARC mais detalhada.
- a INI pode ser justificada por uma avaliação detalhada descrita na seção 10.4.

Observe que nos casos em que ação foi feita para permitir uma recategorização da “Confiabilidade na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação”, permanecem quatro cenários onde a INI não é recomendada pelo fluxograma da figura. As opções de postergação para cada um desses casos são apresentadas na Tabela 10.1.

Tabela 10.1 – Opções de postergação seguindo recategorização

Confiância na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação	Efetividade da inspeção anterior	Severidade e taxa de degradação	Opções de postergação
Alta	Baixa	Alta	Até 50% do intervalo de inspeção definido, mas com justificativa baseada no pior caso de taxa de corrosão aplicada desde a inspeção mais recente com efetividade aplicada Média ou Alta.
Média	Média	Alta	Até 50% do intervalo de inspeção definido, mas com justificativa baseada no pior caso de taxa de corrosão aplicada desde a última inspeção.
Média	Baixa	Alta	Até 25% do intervalo de inspeção definido, mas com justificativa baseada no pior caso de taxa de corrosão aplicada desde a inspeção mais recente com efetividade aplicada Média ou Alta.
Média	Baixa	Média	Até 50% do intervalo de inspeção definido, mas com justificativa baseada no pior caso de taxa de corrosão aplicada desde a inspeção mais recente com efetividade aplicada Média ou Alta.

Note que a justificativa descrita na tabela é um elemento importante no caso de postergação, particularmente



então nas situações em que a “Severidade e a taxa de degradação” é categorizada como alta. A justificativa deve demonstrar que o intervalo de inspeção seguindo a inspeção recente (para qual uma efetividade Média ou Alta se aplica) ao final do período de postergação não excede 75% do tempo para alcançar uma condição limite, (i) a máxima redução de espessura determinada por aquela inspeção e (ii) o pior caso de taxa de corrosão. O pior caso de taxa de corrosão pode ser determinado pela ARC. O tempo para alcançar a condição limite deve também ser verificado seguindo a inspeção planejada, usando os dados reais obtidos. O período de postergação permitido não deve exceder a 50% desse tempo. Isso significa que o período de postergação planejado pode ser reduzido em alguns casos.

As condições limitantes aqui podem ser adotadas como 90% da mínima espessura de parede permitida, como definido pelo código de projeto aplicável. Note que isso é baseado considerando a perda de parede geral obtida com os princípios das aplicações para uso específico (“FFS”) da Parte 4 do API 579 que ajude a garantir um fator reserva de resistência de pelo menos 90%.

Quando a ARC indica que a perda de espessura é provavelmente localizada e isso é evidenciado pelo menos por uma inspeção (cuja efetividade é considerada Média ou Alta), a condição limite pode ser baseada por uma análise da área com redução de espessura localizada da API 579 Parte 5 Nível 1. A extensão da região de redução de espessura usada para definir a condição limite deve incluir considerações da informação de inspeção disponível mas não pode ser inferior a 100 mm ou 5 vezes a espessura de parede nominal.

A consideração acima com respeito as tolerâncias na vida remanescente referem-se à degradação levando a perda de espessura. Nas situações em que a vida remanescente é provavelmente determinada por um mecanismo do tipo trincamento, por exemplo, trincas de fadiga, trincamento em corrosão sob tensão e trincamento induzido por hidrogênio, a postergação pode seguir como acima para “Severidade e taxa de degradação” igual a Média. Quando “Severidade e taxa de degradação” for igual a Alta, a postergação pode apenas ser justificada em base das considerações especiais descritas na Seção 10.4.

Os requisitos para a INI ser empregada para adiar a IVI podem ser desenvolvidos da mesma forma como se o vaso tivesse passado através do processo para INI como uma alternativa completa da IVI (ver Seção 7).

10.1.4 Exemplo

Considerar um vaso para o qual existem duas inspeções visuais internas prévias com intervalo de inspeção definido como 4 anos. Nenhuma das inspeções encontrou qualquer degradação além de uma corrosão muito suave em algumas áreas. A avaliação inicial da INI chegou as seguintes conclusões:

- Confiabilidade na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação: Foi definida como Baixa visto que existem apenas duas inspeções prévias no vaso e a IBR não incluiu uma análise detalhada do risco de corrosão.
- Efetividade das inspeções prévias: Foi definida como Baixa visto que o intervalo de inspeção não detectou grandes áreas onde o acesso foi bloqueado pela presença de estruturas internas.
- Severidade e taxa de degradação: Foi estabelecida como Média (observadas degradações esperadas, mas não comprometendo a integridade no tempo de vida esperado para a planta).

Seguindo o item 6.5, a decisão é que a INI não é recomendada. Como determinado em 10.2.3, é possível justificar uma mudança de categoria para “Confiabilidade na habilidade em prever o tipo e a localização da degradação” se uma análise suficientemente detalhada do risco de corrosão é aplicada. Se essa ação permite que uma categorização como Alta possa se justificar então uma INI pode ser adotada como substituição completa da IVI como determinado em 6.5.



Caso, após trabalho adicional se decida que Média é uma categorização mais apropriada para INI, essa não é uma alternativa total para a IVI. A aplicação da INI pode, entretanto ser possível como suporte para postergação da inspeção convencional conforme indicado na Tabela 8.1, que recomenda “Até 50 % do intervalo de inspeção convencional, mas com justificativa baseada no pior caso de taxa de corrosão aplicada a partir da inspeção mais recente que possua efetividade Média ou Alta.

Isso significa que o período de postergação máxima poderá ser 50% do intervalo planejado com base na IVI, 2 anos assumindo um intervalo de 4 anos na IVI. Assumindo que o pior caso da taxa de corrosão tenha sido estimado como 0,3 mm/ano e que uma perda de espessura de parede de 6 mm seja aceitável, a condição limite de intervalo de tempo será de 20 anos. O tempo de operação, desde a última inspeção para a qual atribuiu-se uma efetividade Média ou Alta (8 anos atrás), até o final do período de postergação (2 anos aqui) é de 10 anos. Isso representa 50 % o tempo para a condição limite que é menor que o valor de 75 % definido em 10.2.3. Isso indica que uma postergação de 2 anos é aceitável.

Observar que, no caso acima, o tempo para atingir a condição limite deve ser verificado ao final da INI aplicando uma atualização da condição atual do vaso e, onde necessário, o novo pior caso de taxa de corrosão. O período de postergação deve ser menor que a vida remanescente em condições seguras estabelecida (com razoável margem de segurança adotada como descrito em 10.2.3).

10.2 Intervalos Seguindo Não Conformidade nos Tipos de Inspeções

Inspeção Tipo A

Como citado anteriormente, a ênfase da inspeção Tipo A é o PoD alto para altos estágios de degradação. Quando o PoD, para as dimensões das descontinuidades de interesse, é reduzido comparado com o PoD planejado uma não conformidade pode ser declarada e para a não conformidade Nível 3 (ver seção 9) o intervalo até a próxima inspeção deve ser deduzido. Para inspeções do Tipo A, a conformidade Nível 3 se aplica para as situações nas quais o PoD está entre 50% e 90% do valor de PoD planejado.

O intervalo permitido é reduzido linearmente de acordo com PoD relativo a aquele esperado quando a cobertura alcançada é igual a planejada, de forma que o intervalo é zero para <50% do PoD esperado e o intervalo completo é permitido para >90% do PoD esperado. O intervalo deve também ser ajustado pela cobertura relativa a aquele planejado e incluir considerações de se a não conformidade significa que qualquer processo/zonas corridas não têm inspeção. Dessa forma o intervalo permitido deve ser inicialmente como

$$P_{\text{permitido}} = IRBI \times (2.5P_r - 1.25) \times C_r \quad \text{Equação 10.1}$$

Onde:

P_r é o PoD estimado para a inspeção realizada, relativa a que foi planejada

C_r é a cobertura, na zona ao qual a não conformidade se aplica, relativa à cobertura planejada

Note que o valor máximo de Permitido é IRBI. Além do mais, a cobertura mínima permitida (relativa a planejada) deve normalmente ser considerada como 50%. Com menos que isso de cobertura a inspeção será considerada normalmente como incapaz de amostrar suficientemente a condição do material e a inspeção deverá ser estabelecida com nível de conformidade 4. E outras ações além da mudança do intervalo de inspeção precisarão ser tomadas.

Quando a cobertura não é alcançada, o intervalo determinado acima deve ser revisto, pelo ajuste de C_r , considerando o seguinte.

- A condição de corrosão esperada na zona de não conformidade relativa a aquelas áreas para o qual

os dados de inspeção foram obtidos e o material mostrou-se íntegro. Se a falta de cobertura é em uma região onde as condições são esperadas serem mais severas que em outras áreas, ação deve ser tomada para reduzir Cr. Por outro lado, quando as áreas sem cobertura estão em uma zona esperada ser de menor suscetibilidade a degradação que outras áreas inspecionadas Cr, deve ser aumentado (desde que os resultados da inspeção não mostraram sinais de degradação nas áreas inspecionadas). Nessas circunstâncias considera-se razoável, desde que a falta de cobertura não atinja 50% do planejado para a zona considerada, fazer a análise da cobertura alcançada baseado em todas as zonas similares ou com condição de corrosão mais severa que a zona em análise.

- Por acaso a falta de cobertura inclui alguma característica específica com aumento da suscetibilidade ao dano comparada a outros locais inspecionados dentro da mesma zona de processo? Quando está claro que faltou cobertura em regiões específicas importantes, por exemplo, adjacente a um bocal de saída, e não existe outra região inspecionada representativa da não inspecionada, considerações devem ser tomadas para redução do Cr obtido numa região proporcionalmente menor. Entretanto, quando outras regiões, consideradas com condição similar a da região não inspecionada tiverem sido inspecionadas o Cr deverá ser aumentado.
- A probabilidade estabelecida para a degradação atuante na região sem cobertura. Nos casos em que foi estabelecida como muito baixa, e há confiabilidade nessa presunção por meio de uma combinação da ARC detalhada e histórico de inspeções anteriores, então Cr pode ser aumentado. Nos casos em que não há evidência histórica forte para a probabilidade de degradação, isto é, equipamento com pouco histórico de inspeção e/ou as condições operativas mudaram, deve se pensar na redução do Cr obtido apenas pela cobertura proporcional.

Inspeção Tipo B

A inspeção do tipo B aplica-se aos casos em que alguma degradação é esperada e onde zonas com degradação semelhante existem. O requisito de inspeção deve fornecer informação suficiente para permitir demonstração quantitativa do grau de confiabilidade requerido. Mesmo que esse documento não ajude, fornecendo guia específico para critério de aprovação/reprovação, visto haverem diferenças entre companhias e requisitos regulatórios em diferentes países, de forma geral, a metodologia conduz ao estabelecimento da probabilidade de falha no intervalo até a próxima inspeção. A metodologia é baseada na informação obtida, na condição atual do vaso dada pela inspeção e a estimativa da taxa de degradação (com base nos resultados da inspeção, histórico de inspeções anteriores e estimativa da taxa de corrosão). O objetivo será demonstrar que a probabilidade de falha estimada está abaixo de limites pré-estabelecidos para a operação segura do equipamento até a próxima inspeção.

É prática industrial corrente, aplicar margens as condições limítrofes e, tratando de intervalos de inspeção baseado no tempo para alcançar a condição limite, um fator de correção de dois é frequentemente aplicado. Dessa forma o tempo estimado para alcançar a condição limite deve ser pelo menos o dobro do intervalo planejado, uma inspeção do tipo B pode ser adotada e considerada como atingindo todos os requisitos, quando atingido uma condição limite. Baseado na estimativa obtida pela análise dos dados da INI é pelo menos o dobro do intervalo que normalmente é adotado após a inspeção visual interna.

Quando a análise dos dados define que o tempo para alcançar a condição limite é menor que o dobro do intervalo planejado então a inspeção realizada pode ser considerada como não atingindo os requisitos necessários. Um certo número de opções está disponível nessas circunstâncias. Em muitos casos um aumento da cobertura da inspeção comparado com a que foi decidida inicialmente pode levar ao aumento no tempo estimado para atingir a condição limite. Outras opções poderão incluir inspeções adicionais com aumento na qualidade dos dados obtidos ou a aplicação de uma técnica de análise mais rigorosa (que diminua o conservadorismo). Dependendo das circunstâncias isso pode, entretanto, não ser possível realizar qualquer trabalho adicional e em alguns casos ajustes na redução do intervalo de inspeção para a próxima

inspeção necessária. O máximo intervalo de inspeção permitido é determinado pela fórmula:

$$I_{\text{permitido}} = \frac{\text{Tempo para condição limite}}{2}$$

Deve se observar que a natureza dos dados de inspeção deve ser considerada para realizar uma avaliação quantitativa da inspeção do tipo B. Por exemplo, uma não conformidade onde o mapeamento de corrosão ultrassônico é substituído pela inspeção manual ultrassônica com cabeçote normal deverá requerer uma avaliação detalhada da cobertura real alcançada (que deve ser menor que 20% da área escaneada) e o potencial para uma subestimativa da degradação (como pode ocorrer no caso de pits com diâmetro muito pequeno).

Inspeção Tipo C

A ênfase em uma inspeção tipo C está na cobertura uma vez que os locais de degradação geralmente serão aleatórios (e desconhecidos de antemão) em situações em que este tipo de inspeção se aplica. Quando a cobertura é entre 50 % e 90 % do que planejado para na inspeção, a não conformidade é declarada (Nível 3) e, a menos que outras ações sejam tomadas, o intervalo de inspeção deve ser reduzido em comparação com o associado a um IVI.

O intervalo é reduzido linearmente de acordo com a cobertura alcançada em relação ao planejado, de tal forma que o intervalo é zero para $\leq 50\%$ da cobertura esperada e o intervalo total é permitido para $>90\%$ da cobertura esperada. O intervalo também deve ser ajustado pelo PoD para a inspeção conforme conduzido em relação ao planejado. Nos casos em que a redução do PoD é semelhante sobre todas as áreas inspecionadas dentro de uma determinada zona, em seguida, o intervalo permitido deve ser estimado inicialmente como:

$$I_{\text{permitido}} = I_{RBI} \times (2.5C_r - 1.25) \times P_r$$

Onde:

P_r é o PoD estimado para a inspeção realizada, relativa a que foi planejada

C_r é a cobertura, na zona ao qual a não conformidade se aplica, relativa a cobertura planejada

Note que o valor máximo permitido de $I_{\text{permitido}}$ é IRBI. Além disso, o PoD mínimo permitido normalmente seria tomado como 50 % relativo ao que foi planejado. Com menos do que este PoD o risco de perder degradação significativa poderia estar se aproximando de níveis inaceitáveis e a inspeção seria na maioria dos casos atribuída Nível de Conformidade 4 (para as quais ações, além de alterar o intervalo de inspeção, precisam ser tomadas).

Nos casos em que a redução do PoD é local para áreas específicas dentro da região, duas opções em termos de abordagem são recomendadas, ou seja.

- 1) Considere que as áreas de PoD reduzido são consideradas como cobertura completamente perdidas e é necessário recalculá-las. O intervalo permitido é então determinado usando Eqn 10.3 com P_r definido como um.
- 2) Considere que a cobertura em cada área de PoD reduzido é diminuída em proporção com a razão entre PoD alcançado por PoD pretendido. O valor de C_r é então recalculado.

Observe que a primeira opção representa uma abordagem mais conservadora, mas muitas vezes é suficiente

para avaliação onde o PoD é reduzido apenas em pequenas áreas.

O intervalo determinado acima deve ser revisto considerando o seguinte.

- No caso de localizadas reduções na cobertura ou PoD, o intervalo determinado também deve considerar se no local afetado aumentou especificamente a suscetibilidade a degradação, por exemplo, perto de maiores mudanças estruturais (onde a probabilidade de quebra do revestimento pode ser maior). Se este é o caso, o intervalo deve ser ajustado a menor a partir do determinado.
- A suscetibilidade ao colapso do revestimento e a corrosão subsequente nas áreas onde a cobertura é perdida. Os intervalos determinados pela equação acima são considerados apropriados quando a cobertura perdida é predominantemente em regiões de maior suscetibilidade, por exemplo, perto alterações na geometria e/ou expostas a líquidos. Quando a cobertura perdida é predominantemente em regiões de menor suscetibilidade, ou seja, placa com superfície contínua de material em serviço com gás nominalmente seco, o intervalo pode ser aumentado em comparação com que determinado pela equação. A quantidade de extensão deve considerar a cobertura alcançada nas zonas de maior suscetibilidade e o tempo avaliado para uma condição limitante em caso de quebra de revestimento. O aumento máximo no intervalo em relação ao calculado não deve exceder um quarto do Intervalo IVI.
- Tempo no qual o revestimento foi colocado em serviço. Em geral, quanto mais tempo o revestimento estiver em serviço, maior a probabilidade de falha. Se o revestimento esteve em serviço mais de dez anos o intervalo permitido deve ser ajustado a menor, a menos que haja evidência forte disponível que indica a condição do revestimento é improvável de sofrer degradação ao longo do tempo em operação.
- Tempo desde a inspeção mais recente que forneceu informações abrangentes sobre a condição de revestimento. Se excede cinco anos, então deve ser dada uma redução do intervalo a partir do determinado, particularmente se a cobertura perdida é predominantemente em áreas de maior suscetibilidade.
- Histórico de reparos no revestimento. Se houver reparos conhecidos em qualquer uma das áreas em com cobertura perdida deve ser feita uma redução do intervalo a partir do determinado, particularmente se a cobertura perdida é predominantemente em áreas de maior suscetibilidade.

10.3 Intervalos Estabelecidos

É importante que qualquer intervalo de inspeção determinado com base na orientação acima deve ser revisto por pessoal competente para garantir que todos os fatos relevantes foram adequadamente levados em conta na definição do intervalo revisado.

Deve-se notar que, embora os intervalos baseados na orientação possam ser expressos como porcentagem do intervalo IVI, não é a intenção de que o intervalo permitido seja implementado dessa forma. Os intervalos permitidos devem ser tomados apenas como um guia, com a decisão final levando em conta outros fatores relacionados ao planejamento e sincronização dos requisitos de trabalho. Seria, por exemplo, no caso em que um intervalo foi determinado como 32 meses, razoável para permitir uma inspeção aos 36 meses (três anos). A extensão da variação deve ser avaliada pelo usuário na revisão da natureza da não conformidade.

Em comum com todos os outros aspectos do processo INI, é imperativo que um registro seja mantido para todos os fatores considerados durante a avaliação da inspeção. Em particular, quaisquer decisões relacionadas para a aceitação ou rejeição de quaisquer não conformidades identificadas, e os o ajuste subsequente do intervalo de inspeção deve ser adequadamente registrado para permitir a revisão e

verificação conforme necessário.

Os resultados do processo de revisão e quaisquer alterações no intervalo de inspeção devem ser registradas e mantidas para fins de auditoria.

10.4 Análise Detalhada

Onde não é possível justificar a não conformidade com base na comparação com a IVI, uma abordagem quantitativa ou semiquantitativa pode permitir que uma não conformidade seja justificada. Essas avaliações abrangem três áreas principais, ou seja:

- engenharia de corrosão
- desempenho da inspeção
- integridade estrutural.

Um escopo de trabalho de inspeção reduzido normalmente seria justificável após uma avaliação da ARC muito abrangente e a integridade que consideraria os piores tamanhos de falhas esperadas, a distribuição de falhas, taxas de crescimento e tamanhos de falhas permitidos.

Orientação detalhada sobre como avaliar a integridade (ou probabilidade de falha) de um vaso, conhecidas as informações sobre se a condição de corrosão e desempenho da inspeção, estão além do escopo deste documento. Orientações sobre a integridade para aplicação em serviço são abordadas em detalhes em uma série de códigos e normas (por exemplo, BS7910, API 579) e isso pode formar a base para uma abordagem probabilística, incluindo a consideração do desempenho das medidas de inspeção. Uma série de abordagens, diferentes em termos de detalhes, são aplicáveis e será apropriado em diferentes circunstâncias. Este documento inclui um breve resumo dos elementos-chave do tipo de abordagem que pode ser adotado.

O ponto de partida para a avaliação será tipicamente ser uma revisão detalhada de corrosão. Isso normalmente consideraria alguns ou todos os seguintes pontos:

- condições de processo (química, temperaturas, pressões, pontos de orvalho)
- materiais
- tipos de degradação (por exemplo, *pitting*, corrosão generalizada)
- locais de degradação
- taxas de crescimento
- condições de perturbação
- efeitos de controles, incluindo inibidores
- atividades de monitoramento — inspeção e histórico de manutenção.

O objetivo do estudo de corrosão deve ser fornecer uma visão conceituada sobre os prováveis tipos de degradação, suas localizações, sua distribuição e os piores tamanhos esperados no momento e no futuro ao longo do intervalo para a próxima inspeção.

Uma avaliação do desempenho da inspeção realmente realizado em relação aos tipos de falha identificado no estudo de corrosão também é geralmente necessária. O aspecto-chave a ser considerado é a probabilidade de detecção para uma gama de tamanhos e distribuições de falhas. Esta deve incluir, sempre que possível, a consideração da cobertura e a provavelmente distribuição espacial das falhas (por exemplo, é degradação provável é localizada ou distribuída aleatoriamente). Note que a ênfase será diferente de acordo com o tipo de inspeção, no entanto, e o seguinte se aplica:

- em uma inspeção tipo A, a principal preocupação é a capacidade de detectar os primeiros sinais de degradação. Portanto, a probabilidade de detecção deve estar relacionada com encontrar sinais suficientes de degradação para concluir que a degradação é de fato presente (uma vez que isso é o que desencadearia mais ações)
- em uma inspeção tipo B, há uma menor ênfase diretamente no PoD. No entanto, continua sendo essencial que para o sistema de inspeção utilizado seja improvável sistematicamente superestimar a espessura da parede. Por essa razão, é importante ter um entendimento da provável morfologia da superfície da parede traseira e quaisquer limitações que isso pode impor no registro de dados de espessura (dependendo do incremento de varredura, por exemplo)
- em uma inspeção tipo C, é tipicamente a capacidade de detectar a maior falha que é a principal preocupação. Para tais inspeções as falhas são potencialmente isoladas e é a essas falhas que o PoD deve estar relacionado em vez de encontrar sinais de degradação dentro de uma população de falhas maiores.

A avaliação de integridade reúne informações da corrosão e da inspeção para desenvolver uma estimativa da probabilidade de falhas, com potencial para ameaçar a integridade do vaso, mesmo tendo sido desconsiderada na inspeção. Isso se baseia em estimativas dos tamanhos de falhas permitidos (como definido pela integridade em serviço) e comparação com o tamanho das descontinuidades que podem ter sido não detectadas durante a inspeção.

10.4.1 Exemplos

Os seguintes casos são apresentados como exemplos de aplicação do processo para estabelecer intervalos permitidos adequados após uma inspeção onde foi identificada uma não conformidade. Para cada um exemplo, as etapas na avaliação são apresentadas e a redução resultante em intervalo de inspeção considerado em comparação com as considerações baseadas nessa PRE.

Claramente, como em todo o processo INI, a validação da inspeção requer que as considerações dessa PRE sejam usadas em todas as etapas. Todas as informações disponíveis devem ser usadas para avaliar o valor da inspeção realizada e uma dependência única não deve ser usada nas diretrizes do estudo. Os exemplos citados aqui, no entanto, demonstram que em circunstâncias normais, as abordagens darão avaliações apropriadas.

10.4.2 Falta de Cobertura na Inspeção Tipo A

Foi necessária uma inspeção de um vaso separador. O vaso foi fabricado em aço carbono revestido internamente com alto grau de resistência à corrosão. A avaliação do risco de corrosão indicou uma baixa probabilidade de degradação interna, e o principal mecanismo de dano ser a corrosão por cloreto com a formação de pites e trincamento de corrosão sob tensão. A probabilidade destes foi determinado como muito baixo. O vaso tinha sido sujeito a uma série de inspeções anteriores observados por inspeção visual interna, cada uma das quais tinha indicado boa condição interna sem nenhum sinal de qualquer degradação.

A avaliação por INI realizada utilizando a orientação fornecida neste documento indicou ser a INI aplicável.

A principal exigência para o corpo do vaso foi que a inspeção se confirma as premissas sobre condições de corrosão, ou seja, não há degradação ativa. Uma definição do Tipo A foi encontrada, ou seja, inspeção com alta sensibilidade, mas sobre áreas representativas selecionadas de modo a ser capaz de identificar se qualquer degradação estava ativa.

O plano de INI é resumido na Figura 10-1 em que o mapeamento de corrosão ultrassônica com cabeçote de 0 grau e inspeção angular com cabeçote de 45 graus era para ser realizadas sobre as áreas indicadas em azul.

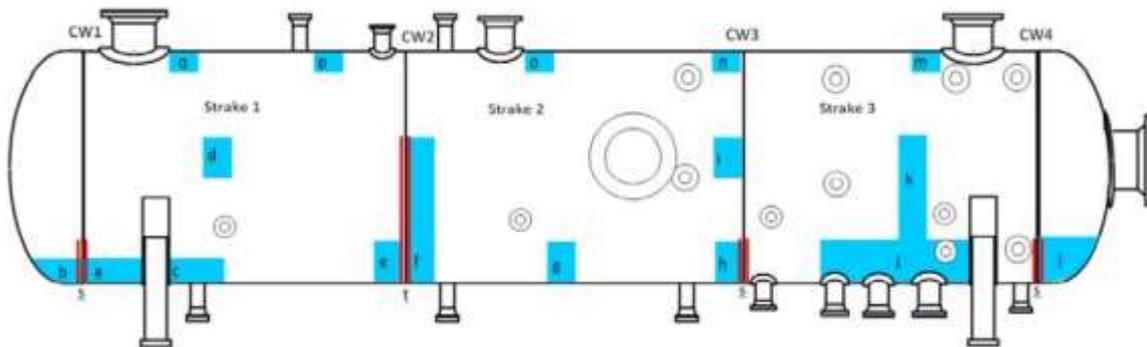


Figura 10.4.2 – Área de cobertura para mapeamento de corrosão e cabeçote angular ultrassônico 45 graus para detectar corrosão localizada com perda de espessura

Um levantamento foi realizado antes da inspeção começar. Isso identificou difícil acesso à parte superior do vaso, ou seja, regiões m e q mostradas na Figura 10-3, devido à presença de estruturas acima o vaso como ilustrado na Figura 10-4. Acesso à superfície no topo do vaso exigiu a remoção de grades/passarela e, em seguida, remoção do isolamento. A medida em que isso foi alcançado tornou-se difícil de estabelecer no tempo da pesquisa, pois dependia dos detalhes da instalação de andaimes. No momento da inspeção tinha sido possível fornecer acesso em locais m, n e q mas o acesso não foi possível nos locais o e p. Este representa uma pequena fração <5% da cobertura total necessária para o vaso.

A inspeção alcançou cobertura completa nas áreas remanescentes e o desempenho da técnica foi considerado como o necessário no plano. A inspeção não revelou nenhum sinal de perda de parede ou degradação da superfície de revestimento em qualquer um dos locais.

Cobertura de inspeção no topo da zona de gás (parte superior do vaso) foi 60% do planejado, para isso é avaliado como não conformidade (Nível 3) após a abordagem da Seção 6. A principal consideração na determinação de um intervalo de inspeção apropriado é os efeitos da cobertura não realizada.

O ponto de partida é considerar um fator de cobertura $Cr = 0,6$ em 3 das 5 regiões que foram inspecionadas. Isso é então ajustado levando em conta os problemas abordados na Seção 10.2.1, ou seja.

- A cobertura não realizada está em uma zona onde espera-se que a corrosão seja menos severa do que as presentes nas partes molhadas do vaso. Os resultados da inspeção para áreas inspecionadas no interior das partes molhadas do vaso não mostram sinais de degradação. Daí é possível basear o fator de cobertura alcançada para o vaso como um todo, ou seja, uma cobertura obtida de 95%.
- A probabilidade de degradação ativa na região onde a cobertura não realizada foi avaliada como muito baixa. O histórico de inspeção, incluindo uma série de inspeções visuais de intervalo anterior,

não mostra nenhuma evidência de degradação. Isso também sugeriria o uso de um maior fator de cobertura na avaliação.



Figura 10.4.2 – Estruturas acima do vaso dificultando o acesso

Com base no escrito acima é considerado razoável considerar o intervalo máximo permitido como 95% do intervalo pretendido. Note, no entanto, que, como discutido na Seção 10.3, o intervalo real usado pode ser ajustado dentro da razão para se alinhar ao requisito operacional ou requisito planejamento, portanto, neste caso, o intervalo poderia razoavelmente ser estendido para que o planejado esteja conforme o necessário.

Deve-se notar que, não obstante o resultado da avaliação acima, sempre que possíveis tentativas devem ser feitas para alcançar o escopo de trabalho como planejado (a menos que um intervalo reduzido não tenha impacto). A extensão de inspeção que pode ser alcançada depende do caso específico, no entanto, em muitas situações de inspeção tipo A é razoavelmente simples de substituir cobertura perdida com outras áreas na mesma zona e isso deve ser considerado assim que é evidente que a cobertura exata por escopo de trabalho não é possível.

10.4.3 PoD reduzida na inspeção do Tipo A

A situação anterior também pode ser usada como um base para ilustrar como os efeitos da PoD reduzida deve ser tratada em uma Inspeção tipo A. O escopo de trabalho inclui aplicação de mapeamento de corrosão ultrassônica com cabeçote 0 graus e com cabeçote angular sobre as áreas indicadas na Figura 10-5. Com o propósito de ilustração vamos assumir que não era possível implantar a inspeção ultrassônica com

cabeçote angular em toda as regiões planejadas, mas que 100% da cobertura pretendida foi alcançada. A inspeção com mapeamento de corrosão é posteriormente avaliada como oferecendo aproximadamente 60% do PoD, para a degradação tipo pitting de interesse, alcançado quando ambas as técnicas são usadas em combinação. (O valor da mudança no PoD aqui é um exemplo apenas para ilustrar uma situação e não deve ser tomado como indicativo do impacto real no PoD para esta situação).

O ponto de partida para o intervalo permitido seria, de acordo com a Seção 10.2.1:

$$I_{\text{permitido}} = (2.5P_r - 1.25) \times C_r \times I_{RBI}$$

$$I_{\text{permitido}} = (2.5 \times 0,6 - 1.25) \times 1 \times I_{RBI}$$

$$I_{\text{permitido}} = 0,25 \times I_{RBI}$$

Este intervalo pode ser mais ajustado, por exemplo. dependendo se quaisquer indicações suspeitas foram identificadas nos dados de mapeamento de corrosão.

10.4.4 PoD Reduzida na Inspeção do Tipo C

Foi necessária uma inspeção de um vaso separador. O programa IBR para o vaso indicou um intervalo de inspeção de 3 anos com base na inspeção visual interna. A mais recente inspeção visual interna tinha, no entanto, identificado empolamentos graves no revestimento interno de polímero como ilustrado na Figura 10-5.



Figura 10.4.4 – Empolamento e degradação do revestimento interno (como na IVI mais recente)

Os empolamentos foram encontradas afetando a maioria da superfície do vaso, mas foi pior no topo, ou seja, na zona de gás. A exposição do aço carbono ao ambiente operacional, particularmente na parte molhada de baixo do vaso, seria suficiente para levar a razoavelmente alta taxas de corrosão, portanto, a condição do revestimento superficial era preocupante. Reparo desse revestimento não era uma opção possível na ocasião em que o problema foi descoberto durante a IVI.

Foi tomada uma decisão de realizar inspeção não-intrusiva em metade do intervalo normal de inspeção com a intenção de identificar quaisquer áreas de degradação (como se poderia esperar onde havia completa quebra do revestimento). O principal requisito era identificar quaisquer áreas de degradação com potencial para ameaçar a integridade até a próxima IVI (e reparar o revestimento). A condição do revestimento indicou uma razoavelmente alta probabilidade de que haveria algumas áreas de aço carbono expostos ao ambiente operacional e uma abordagem de inspeção tipo C foi considerado apropriado, ou seja, alta cobertura com uma técnica de “screening” (detecção de regiões críticas) que pode ter sensibilidade limitada para pequenos níveis de degradação, mas tem PoD alto para qualquer degradação significativa.

O plano de INI desenvolvido fez uso de CHIME como a técnica de “screening” primário para o costado do vaso, como mostrado na Figura 10-6. Observe-se que a técnica CHIME foi considerada adequada neste caso, uma vez que a espessura de parede era tal que a capacidade de detecção CHIME seria adequada para degradação com profundidades menores do que o limite permitido para de corrosão.

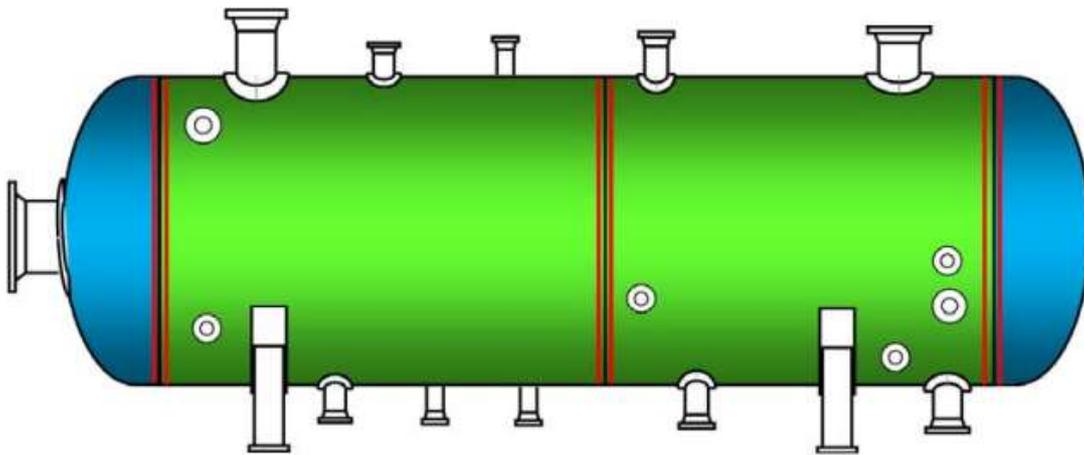


Figura 10.4.4 – Áreas para cobertura do separador como definida pelo planejamento INI

(Green = CHIME, Blue = Corrosion Mapping at coarse resolution)

O acesso dependia de andaimes, mas este foi construído de tal forma que a parte superior do vaso não era acessível para o Inspeção CHIME. Além disso, havia uma série de outras áreas onde apenas cobertura parcial era possível. As áreas para as quais a cobertura não foi possível por CHIME são mostrados em amarelo na Figura 10-7. As condições de calibração foram tais que a capacidade esperada da técnica fosse como planejada.

A área para a qual a inspeção não foi possível por CHIME representa aproximadamente 15% do casco com a maioria deste sendo no topo. A inspeção CHIME não revelou nenhuma área de parede com perda superior a 10% da espessura e a espessura mínima medida para as extremidades do vaso foi acima nominal. Havia, no entanto, indicações de pitting de corrosão, com uma profundidade de menos que 2 mm (sendo este menos de 10% da espessura nominal), nas extremidades. Pitting isolado de pequena profundidade também foi encontrado por inspeção ultrassônica com cabeçote normal que foi possível em algumas áreas onde o “scanner” CHIME não pôde ser utilizado.

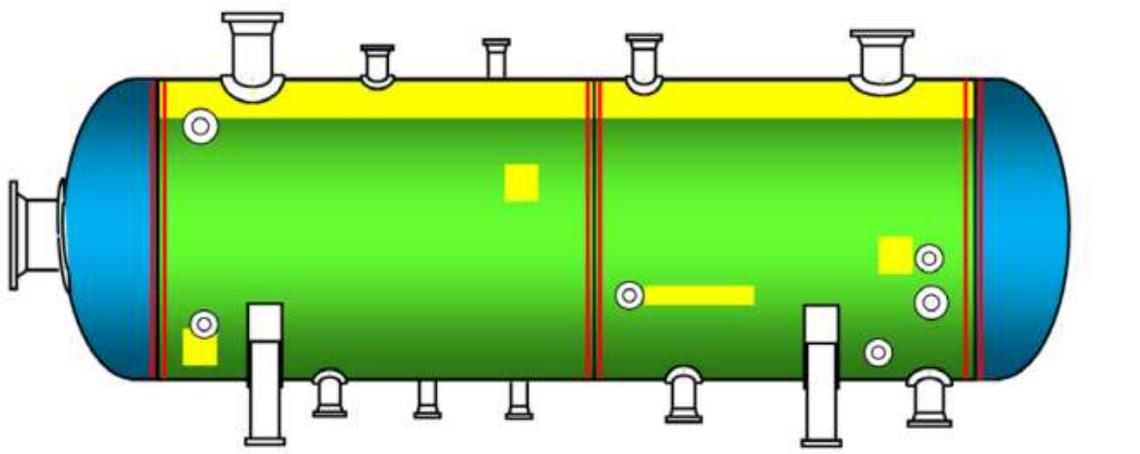


Figura 10.4.4 – Áreas para o que a técnica CHIME não pode ser aplicada mostradas em amarelo

A cobertura reduzida em uma inspeção tipo C deve ter alguma preocupação, como explicado em seção anterior. A preocupação primária é a reduzida cobertura na parte superior do casco, isso representa aproximadamente 25% da área da zona de gás do vaso, ou seja, 75% da cobertura pretendida foi alcançada para esta zona. Como ponto de partida, o intervalo permitido é determinado de acordo com:

$$I_{\text{permitido}} = (2.5C_r - 1.25) \times P_r \times I_{\text{VI}}$$

$$I_{\text{permitido}} = (2.5 \times 0,75 - 1.25) \times 1 \times I_{\text{VI}}$$

$$I_{\text{permitido}} = 0,625 \times I_{\text{RBI}}$$

A recente inspeção interna indicou que há danos no revestimento na região onde não foi possível realizar a cobertura por inspeção. Por isso é razoável supor que haverá alguma exposição do aço carbono para o ambiente de processo. Isso normalmente seria tomado como uma indicação de que o intervalo conforme determinado acima deve ser reduzido ainda mais. No entanto, como a cobertura não realizada está na zona de gás, as taxas de corrosão após o colapso do revestimento são tipicamente menores do que seria esperado na zona líquida. Portanto, é razoável usar o intervalo permitido como determinado acima, a menos que uma avaliação das taxas de corrosão indique o contrário. Daí a abordagem planejada, ou seja, inspeção (e reparo do revestimento) na metade do intervalo normalmente empregado pela IVI, é aceitável.

10.4.5 Qualidade de Inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 1

Este exemplo diz respeito à inspeção de um vaso separador em que o plano de INI incluiu o uso extensivo da técnica CHIME para definição de regiões críticas. O material do casco na metade inferior foi revestido internamente com um revestimento de polímero e uma abordagem tipo C foi, portanto, aplicável. A inspeção incluiu cobertura da metade inferior do corpo do vaso usando CHIME uma vez que este foi considerado para fornecer uma cobertura adequada. Uma pequena proporção (<5%) desta área não foi acessível para inspeção por CHIME, mas a maioria dessas regiões foram inspecionadas por meio de mapeamento de corrosão, por exemplo, localmente em torno de locais de bocal. O costado do vaso possuiu uma série de áreas com colapso de tinta e corrosão externa em que era difícil manter o acoplamento ultrassônico. Uma dessas áreas é mostrada na Figura 10-8.



Figura 10.4.5 – Áreas corroídas / superfície rugosa prejudicando a inspeção CHIME

Os sinais CHIME foram afetados em uma série dessas áreas. Alguns dados chime típicos de regiões com bom estado de superfície são mostrados na Figura 10-9.

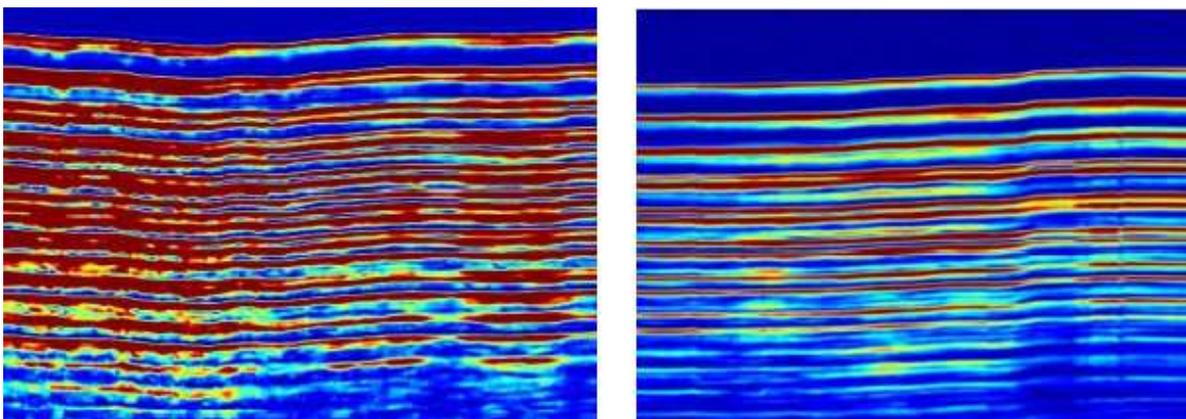


Figura 10.4.5 – Dados típicos da inspeção CHIME para áreas com boa condição superficial

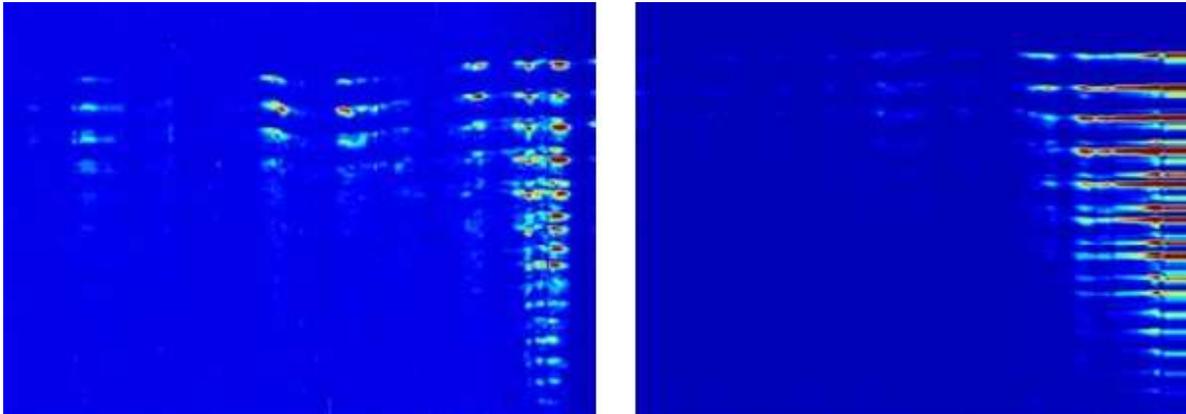


Figura 10.4.5 – Dados típicos da inspeção CHIME onde a qualidade foi afetada pela condição superficial

A figura 10-10 mostra duas varreduras representando o pior sinal coletado, onde a qualidade dos dados foi claramente degradada. Os efeitos de condição da superfície são observados ser significativos de uma queda geral em amplitude e perda completa em amplitude em algumas áreas. Se uma área de perda de amplitude significativa foi coincidir com a localização de uma falha que é provável que a falha não seria detectada, ou seja, uma degradação no PoD para menos de 50% do que para a inspeção planejada pode ser esperada. Um total de >200 tomografias foram coletadas e aproximadamente 15 destas tiveram a qualidade visivelmente reduzida dos dados (PoD < 90% do esperado). A maioria dessas varreduras foram localizados no fundo do vaso.

Seguindo a orientação em 10.2.3, dado que as áreas de PoD degradadas são localizadas e que o número de varreduras afetadas é pequeno em relação ao total é razoável tomar as regiões afetadas como sendo totalmente perdido na cobertura. Neste caso, o fator de cobertura é $(200-15)/200 = 92.5\%$. A aplicação da Equação 10.3 indica então que o intervalo completo de inspeção é aplicável. A inspeção também pode ser considerada adequada para a regradação. O exemplo acima também é usado como base para uma série de outros cenários para ilustrar ainda mais essa abordagem.

10.4.6 Qualidade de Inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 2

Para o mesmo vaso considere o caso em que a maioria dos exames foram prejudicados devido à condição da superfície e avalia-se que para a maioria destes o PoD é considerado menos de 50% do que pretendia. Nesta situação, a não conformidade seria, de acordo com as diretrizes de seção anterior considerada como inaceitável, a INI não fornecer garantia de integridade para a operação contínua. Nesta situação, onde há uma alta probabilidade de degradação significativa não detectada devido a desempenho de inspeção ruim, ação adicional será necessária.

10.4.7 Qualidade de inspeção Prejudicada na Inspeção do Tipo C – Caso 3

Para um caso de um vaso onde se considera que aproximadamente 30% das varreduras realizadas tem uma qualidade significativamente prejudicada. Nesse caso, como já recomendado anteriormente as áreas com PoD reduzido devem ser tratados como sem cobertura e um fator de cobertura de 70% deve ser usado, implicando em um intervalo permitido máximo igual a metade do intervalo normalmente estabelecido.

No caso no qual a qualidade das varreduras nas regiões comprometidas não foi significativamente reduzida, isto é, o PoD obtido é considerado acima de 50%, então considerações devem ser tomadas para a diminuição da cobertura em cada área de PoD reduzido na proporção calculada pela razão do PoD

