

INSTITUTO FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DIONE WELLINGTON SOARES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO PLANEJAMENTO E DA EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES UTILIZANDO
O ENSAIO NÃO DESTRUTIVO (END) DE EMISSÃO ACÚSTICA EM FUNDO DE
TANQUES DE ARMAZENAMENTO**

Cariacica

2018

DIONE WELLINGTON SOARES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO PLANEJAMENTO E DA EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES UTILIZANDO
O ENSAIO NÃO DESTRUTIVO (END) DE EMISSÃO ACÚSTICA EM FUNDO DE
TANQUES DE ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Engenharia de
Produção do Instituto Federal do Espírito Santo
como requisito parcial para obtenção do título de
Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. M.Sc. Pedro Rosseto de Faria.

Cariacica

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

O46a Oliveira, Dione Wellington Soares de

Análise do planejamento e da execução de inspeções utilizando o ensaio não destrutivo (END) de emissão acústica em fundo de tanques de armazenamento / Dione Wellington Soares de Oliveira - 2018.

82 f. il.; 30 cm

Orientador: Pedro Rosseto de Faria

Monografia (graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Curso Superior em Engenharia de Produção, 2018.

1. Ensaio não destrutivo 2. Emissão acústica – Tanques de armazenamento I. Faria, Pedro Rosseto de II. Instituto Federal do Espírito Santo III. Título

CDD: 658

DIONE WELLINGTON SOARES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DO PLANEJAMENTO E DA EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES UTILIZANDO
O ENSAIO NÃO DESTRUTIVO (END) DE EMISSÃO ACÚSTICA EM FUNDO DE
TANQUES DE ARMAZENAMENTO

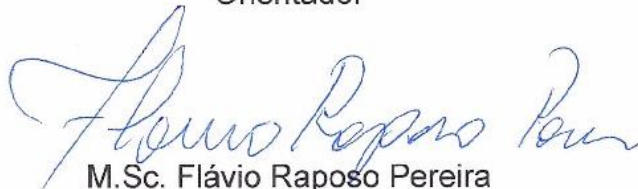
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Engenharia de
Produção do Instituto Federal do Espírito Santo
como requisito parcial para obtenção do título de
Graduação em Engenharia de Produção.

Aprovado em 25 de junho de 2018

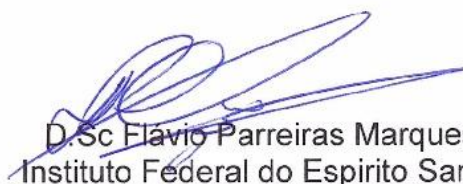
COMISSÃO EXAMINADORA



M.Sc. Pedro Rosseto de Faria
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador



M.Sc. Flávio Raposo Pereira
Instituto Federal do Espírito Santo



D.Sc. Flávio Parreiras Marques
Instituto Federal do Espírito Santo

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Cariacica, 25 de junho de 2018.

Dione Wellington Soares de Oliveira
Dione Wellington Soares de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre iluminar os meus caminhos, a todos os meus familiares e amigos, e em especial agradeço aos meus pais por todos os ensinamentos que me guiaram até este momento.

Agradeço ao meu orientador Prof. M.Sc. Pedro Rosseto de Faria, por toda a paciência, disponibilidade, orientações e conhecimentos compartilhados.

Não posso deixar de agradecer o apoio dos amigos de turma, professores e servidores incríveis do IFES.

Também agradeço à empresa que permitiu a coleta e utilização dos dados e ao meu supervisor pelo constante apoio e incentivo.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as etapas do planejamento e da execução de uma prestação de serviços de inspeção em fundo de tanques de armazenamento utilizando uma das principais técnicas de ensaios não destrutivos (END), a técnica de emissão acústica (EA). Para tanto, fez-se o uso da metodologia de um estudo de caso com dados coletados principalmente de relatórios e procedimento técnico de inspeções e demais documentos internos de uma empresa de engenharia de inspeções. No estudo do planejamento e da execução das inspeções por EA, os conhecimentos sobre o tempo de repouso e a quantidade mínima de sensores que devem ser instalados nos tanques de armazenamento, bem como as definições básicas sobre *hits* (sinais de EA detectados e medidos) e *cluster* (eventos em aglomerações) foram abordados. Os serviços foram executados nas datas programadas, porém foram relatados nos relatórios diários de obra perda de tempo ocasionada por uma tarefa externa ao cliente que não foi considerada no cronograma previsto (no primeiro dia) e por conta de paralisações por incidência de chuva (segundo dia). A perda de tempo mencionada impactou em duas horas extras não planejadas para a equipe de trabalho e contribuiu para que os custos totais com mão de obra, no período analisado, ficassem cerca de 20% acima do previsto para a empresa de engenharia de inspeções. Após a execução das inspeções, os dados coletados em campo foram analisados por um profissional Nível 3 de EA. Assim, constatou-se que a empresa cliente foi atendida quanto ao cumprimento do escopo dos serviços de inspeções por EA contratados, pois obteve parecer de atividade de corrosão e probabilidade de vazamento muito baixas para os fundos dos tanques de armazenamento, sendo recomendado prazo máximo de 6 anos para novas inspeções. Por fim, concluiu-se, após a análise proposta, o atendimento aos requisitos de qualidade e segurança necessários ao planejamento e a execução de inspeções por EA em fundo de tanques de armazenamento.

Palavras-chave: Ensaios não destrutivos. Emissão Acústica. Inspeção em Tanque.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the stages of planning and execution of an inspection service in the bottom of storage tanks where one of the main techniques of non-destructive testing (NDT), the acoustic emission (AE) technique was used. A methodology of a case study was used with data collected mainly from reports and technical procedure of inspections and other internal documents of an engineering company of inspections. In the study of planning and execution of AE inspections, knowledge of the time to rest and the minimum number of sensors to be installed in storage tanks, as well as the basic definitions of *hits* (detected and measured AE signals) and *cluster* (agglomeration events) were addressed. The services were executed on the scheduled dates, but were reported in the daily work reports loss of time caused by an external task to the client that was not considered in the planned schedule (on the first day) and due to the occurrence of rain events (second day). The aforementioned loss of time impacted on two unplanned overtime hours for the work force and contributed to the fact that the total labor costs in the analyzed period were about 20% higher than expected for the engineering inspection company. After the inspections were performed, an AE Level 3 professional analyzed the data collected in the field. Thus, it was found that the client company was satisfied with the scope of contracted AE inspection services, as it obtained a very low corrosion activity and probability of leakage to the storage tank bottoms, with a maximum time limit of 6 years for new inspections. Finally, it was concluded, after the proposed analysis, the fulfillment of the quality and safety requirements necessary for the planning and execution of AE inspections at the bottom of storage tanks.

Keywords: Non-destructive testing. Acoustic emission. Tank Inspection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resultados x evolução dos tipos de manutenção	25
Figura 2 – Características do sinal de EA	32
Figura 3 – Esquema de um sistema de EA com um canal.....	32
Figura 4 – Diagrama de Causa e Efeito: elementos fundamentais para os END	35
Figura 5 – Níveis de normalização	41
Figura 6 – Etapas para condução do estudo de caso	44
Figura 7 – Fotos dos tanques que armazenam HFO (acima) e LFO.....	47
Figura 8 – Cronograma previsto para as inspeções nos tanques	53
Figura 9 – Informações da instrumentação utilizada nos ensaios de EA	56
Figura 10 – Referência para instalação dos sensores nos tanques	57
Figura 11 – Posicionamento dos sensores instalados no TQ-01-HFO.....	58
Figura 12 – Posicionamento dos sensores instalados no TQ-02-LFO	59
Figura 13 – Atividade de EA por canal durante teste no TQ-01-HFO	63
Figura 14 – Atividade de EA por canal durante teste no TQ-02-LFO	63
Figura 15 – Posição dos eventos durante o monitoramento no TQ-01-HFO	64
Figura 16 – Posição dos eventos durante o monitoramento no TQ-02-LFO	65
Figura 17 – Região ampliada dos eventos em cluster no TQ-02-LFO	66
Figura 18 – Matriz para determinação da inspeção interna	67
Figura 19 – Verificação dos custos de mão de obra planejado x executado.....	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de Hh por tipo de manutenção	26
Gráfico 2 - Tempos e percentuais das atividades do RDO do 1º dia	68
Gráfico 3 - Tempos e percentuais das atividades do RDO do 2º dia	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivo principal dos tipos de manutenção	24
Quadro 2 – Comparação dos métodos de ensaios não destrutivos (END)	34
Quadro 3 – Aplicações e vantagens da calibração para os END	38
Quadro 4 – Classificação e definição das normas	40
Quadro 5 – Normas relacionadas ao método de END por EA	42
Quadro 6 – Eventos do planejamento da mobilização comunicados por e-mail	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade mínima em horas de treinamento	37
Tabela 2 – Quantidade mínima em meses de experiência industrial	37
Tabela 3 – Especificações básicas dos tanques de armazenamento	48
Tabela 4 – Tempo de repouso de tanques para inspeção por EA	54
Tabela 5 – Atividades descritas no RDO referentes ao TQ-01-HFO.....	60
Tabela 6 – Atividades descritas no RDO referentes ao TQ-02-LFO	61
Tabela 7 – Classificação da atividade de corrosão	64
Tabela 8 – Classificação do sinal para probabilidade de vazamento	66
Tabela 9 – Valores das horas normal e extra praticadas em dias úteis	70

LISTA DE SIGLAS

ABENDI – Associação Brasileira de Ensaaios Não Destrutivos e Inspeção
ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
ACFM – Alternating Current Field Measurement
AMN – Associação Mercosul de Normalização
API – American Petroleum Institute
ASME – The American Society of Mechanical Engineers
ASMT – American Society for Testing and Materials
ASNT – The American Society for Nondestructive Testing.
ASO – Atestado de Saúde Ocupacional
EA – Emissão Acústica
END – Ensaaios Não Destrutivos
EV – Ensaio Visual
HFO – Heavy Fuel Oil
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO – International Organization for Standardization
LFO – Light Fuel Oil
LP – Líquido Penetrante
MFL – Magnetic Flux Leakage
NIT – Norma Inmetro Técnica
NBR – Norma Brasileira
NR – Norma Regulamentadora
OHSAS – Occupational Health and Safety Assessments Series
PM – Partículas Magnéticas
RDO – Relatório Diário de Obra
SNQC – Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal
US – Ultrassom
VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 MANUTENÇÃO	20
2.1.1 Manutenção Corretiva	21
2.1.2 Manutenção Preventiva	21
2.1.3 Manutenção Preditiva	22
2.1.4 Manutenção Detectiva	23
2.1.5 Engenharia de Manutenção	23
2.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (END)	27
2.2.1 Ensaio Visual (EV)	28
2.2.2 Líquido Penetrante (LP)	29
2.2.3 Partículas Magnéticas (PM)	29
2.2.4 Ultrassom (US)	30
2.2.5 Emissão Acústica (EA)	31
2.3 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA OS END	34
2.3.1 Qualificação e certificação de pessoas	35
2.3.2 Calibração de equipamentos	37
2.3.3 Procedimentos de inspeção	39
3 MÉTODO E RECURSOS	43
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	43
3.2 MATERIAIS	43
3.3 METODOLOGIA	44
4 ESTUDO DE CASO	46
4.1 SOBRE A EMPRESA DE ENGENHARIA	46
4.2 INSPEÇÃO EM TANQUES DE ARMAZENAMENTO	46
4.2.1 Escopo dos serviços de inspeção geral	48

4.2.2 Responsabilidades de fornecimento	50
4.3 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES POR (EA) EM FUNDO DE TANQUE.....	51
4.4 EXECUÇÃO DAS INSPEÇÕES POR (EA) EM FUNDO DE TANQUE	54
4.4.1 Instalação dos sensores e calibração do sistema de EA	56
4.4.2 Monitoramento por EA e outras atividades descritas no RDO	59
5 ANÁLISE DOS DADOS	62
5.1 ATENDIMENTO AO ESCOPO DOS SERVIÇOS.....	62
5.2 AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DO PRAZOS E DOS CUSTOS.....	67
6 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	74
ANEXO A – Checklist de materiais para viagem	78
ANEXO B – Certificado de calibração do equipamento de EA	79
ANEXO C – Tabela para definição do número de sensores em função do tamanho do tanque	80
ANEXO D – Modelo do relatório diário de obra (RDO)	81

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem sido destaque o crescimento da importância da função da manutenção. A mecanização generalizada e a automação reduziram o número de pessoal de produção e aumentaram o capital empregado nos equipamentos de produção e estruturas civis. Como resultado, a quantidade de funcionários que trabalham na área de manutenção, bem como o aumento dos gastos de manutenção sobre os custos operacionais totais tem crescido ao longo dos anos (GARG e DESHMUKH, 2006).

Como opção estratégica as empresas brasileiras estão acompanhando a tendência mundial e terceirizando parte dos serviços de manutenção (PINTO; XAVIER, 2009). No ano de 2013 estimava-se que as empresas do setor de manutenção contribuiriam com 4,5% do PIB brasileiro, sendo que em 2012 esta contribuição representou cerca R\$ 207 bilhões (ABRAMAN, 2013a).

São importantes representantes neste setor de manutenção as empresas prestadoras de serviços de inspeção em equipamentos. Estas empresas são contratadas para prestar serviços de manutenção planejada, inclusive utilizando tecnologias específicas para realizar monitoramentos e/ou ensaios característicos da Manutenção Preditiva.

Embora com recursos aplicados estacionados em cerca de 18% (em relação aos demais tipos de manutenção) na última década, muitos são os fatores indicados para a análise e adoção das técnicas de Manutenção Preditiva nas indústrias. Como fatores de extrema importância destacam-se os relacionados aos aspectos de segurança pessoal e operacional e de redução de custos devido ao acompanhamento constante das condições dos equipamentos (PINTO; XAVIER, 2009).

Uma das ferramentas mais importantes para determinar o estado do equipamento e para calcular a sua confiabilidade, é o uso de técnicas de ensaios não destrutivos (END) para detectar rachaduras, falhas e defeitos. As técnicas de inspeções de equipamentos por END têm contribuído significativamente para a evolução das formas de aplicação da Manutenção Preditiva.

Para assegurar a qualidade das inspeções por END é necessário além de materiais e equipamentos de tecnologia avançada, inspetores bem treinados e qualificados e bons procedimentos de inspeção, bem como adequada atenção para os impactos ambientais sobre os resultados da inspeção.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do anteriormente mencionado, este trabalho propõe a análise do planejamento e da execução de uma prestação de serviço de inspeções que utilizou o ensaio de emissão acústica (EA), uma das principais técnicas de END. Espera-se responder a seguinte pergunta: no que tange aos cumprimentos do escopo, do cronograma e dos custos, inicialmente estabelecidos e previstos, os requisitos de qualidade e segurança da prestação do serviço de inspeções por EA foram atendidos?

A empresa de engenharia responsável pela referida prestação de serviço possui sua sede no Estado do Espírito Santo e será citada neste trabalho como Empresa W. Os equipamentos inspecionados foram dois tanques de armazenamento de óleo combustível instalados em uma planta industrial localizada no Estado de Pernambuco. Os serviços de END prestados visaram atender à solicitação da empresa contratante quanto a inspeção geral nos dois tanques, sendo que as inspeções por EA analisadas tiveram como objetivo atestar a integridade das chapas de aço do fundo destes equipamentos a fim de determinar a necessidade da execução de inspeções internas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As inspeções por ensaios não destrutivos (END), em materiais e equipamentos, se destacam como importante ferramenta do controle da qualidade, sendo fator de competitividade para as empresas que as utilizam, pois contribuem para: a qualidade e confiabilidade dos produtos e serviços, a prevenção de acidentes, a preservação do meio ambiente e a redução dos custos (ABENDI, 2016).

Qualquer empresa que contrata um prestador de serviço de inspeção por END espera que o resultado da inspeção do(s) seu(s) equipamento(s) atenda de maneira satisfatória o escopo do serviço que foi contratado e o cumprimento fiel do prazo máximo de entrega acordado, sendo que o não cumprimento (atraso) do último pode

acarretar em indisponibilidade não planejada do(s) equipamentos(s) e, por consequência, prejuízo financeiro para a contratante.

Para atender a empresa contratante (cliente) com pontualidade, qualidade, segurança e respeito ao meio ambiente - requisitos estes que são indispensáveis para a sobrevivência de qualquer empresa nos mercados nacional e internacional - as empresas prestadoras de serviço de inspeção têm de seguir normas e procedimentos adequados, tanto nas atividades de planejamento quanto nas atividades de execução da inspeção por END. Erros ou imprevistos que ocorram nas etapas de planejamento e/ou execução da inspeção por END também podem acarretar em custos adicionais e indesejados para o prestador de serviço.

Diante do contexto apresentado, a pesquisa em questão torna-se relevante, pois objetiva-se evidenciar as importâncias do planejamento e da execução de inspeções por END, em específico utilizando a técnica de EA, para que se alcance a satisfação compartilhada (principalmente em termos de escopo/qualidade, prazo e custos) entre o prestador de serviço de inspeção e a empresa contratante.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) são dez as áreas do conhecimento relacionadas à Engenharia de Produção, sendo embasamento para este trabalho a área Engenharia de Operações e Processos da Produção – capaz de atuar em “[...] projetos, operações e melhorias dos sistemas que criam e entregam os produtos (bens ou serviços) primários da empresa” (ABEPRO, 2008) – e sua respectiva subárea Gestão da Manutenção.

1.3 OBJETIVOS

Na sequência são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que nortearão o trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o planejamento e a execução das inspeções por EA em fundo de tanques de armazenamento, visando identificar problemas que possam impactar nos

cumprimentos do escopo dos serviços contratados, do cronograma (prazos) e dos custos de mão de obra.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os conceitos e principais tipos de manutenção de forma a justificar a utilização dos ensaios não destrutivos;
- Verificar se o planejamento e a execução das inspeções utilizando o ensaio não destrutivo de EA aconteceram em conformidade com os procedimentos internos do prestador de serviço e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis;
- Comparar, ao fim das inspeções, os serviços contratados em relação aos serviços realizados em função do escopo e do cronograma previamente estabelecidos;
- Identificar e calcular os custos de mão de obra relacionados ao período disponibilizado para a execução das inspeções por EA.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além deste capítulo introdutório, esta monografia contém mais cinco capítulos e quatro anexos.

No segundo capítulo, REFERENCIAL TEORICO, é feita uma revisão da literatura sobre manutenção, ensaios não destrutivos e seus elementos fundamentais.

O terceiro capítulo, MÉTODO E RECURSOS, apresenta o método e os recursos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

O quarto capítulo, ESTUDO DE CASO, tem o objetivo de informar sobre o estudo de caso. Nele é apresentado a empresa de engenharia e seus serviços de inspeção geral em tanques de armazenamento, além das etapas do planejamento e da execução de inspeções por EA em fundo de tanque de armazenamento.

No quinto capítulo, ANÁLISE DOS DADOS, são apresentadas as análises dos dados coletados dando ênfase ao atendimento do escopo dos serviços contratados e a avaliação do cumprimento dos prazos do cronograma e dos custos de mão de obra.

Por fim, o sexto capítulo, CONCLUSÕES, apresenta as conclusões sobre o estudo de caso elucidando o atendimento aos objetivos propostos e fazendo sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, de início são apresentados os conceitos e tipos de manutenção, posteriormente são destacadas as principais técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos (END) e ao final aborda-se a respeito dos elementos fundamentais a serem considerados no planejamento e na execução das inspeções por END.

2.1 MANUTENÇÃO

A palavra manutenção pode ser considerada um dos termos citados nas fábricas e indústrias mais comumente presente no cotidiano das pessoas. Estas em suas casas fazem manutenção ao limpar o filtro do ar condicionado e a caixa d'água. Também é de conhecimento que a revisão anual do automóvel da família é uma forma de manutenção. Mas afinal, o que de fato significa ou representa a manutenção?

De acordo com Viana (2002) a palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere* e significa manter o que se tem. De maneira equivalente Souza (2008) afirma que o termo manutenção tem sua origem no vocabulário militar e era utilizado no sentido de manter, nas unidades de combate, tanto o efetivo quanto o material em um nível constante. A utilização da palavra manutenção na indústria ocorreu no ano de 1950 nos Estados Unidos da América (SOUZA, 2008).

Segundo a norma brasileira (NBR), da Associação Brasileira de Normas Técnicas, manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT NBR 5462, 1994, p. 6).

Para Dhillon (2002) a manutenção é definida como sendo todas as ações apropriadas para manter um item/peça/equipamento em, ou restaurá-lo para, uma determinada condição. Atualmente esta definição evoluiu e passou a tratar a manutenção como uma missão dentro das organizações. Pinto e Xavier (2009, p. 23) descrevem que “a Missão da Manutenção é: garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados”.

O conhecimento e o estudo das melhores práticas de aplicação dos conceitos da manutenção se transformaram ao longo dos anos. Em paralelo a esta transformação, o termo manutenção passou a ser utilizado acompanhado do tipo ou característica que a manutenção representa. Os seis principais tipos de manutenção, de acordo com Pinto e Xavier (2009), são: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

2.1.1 Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva tem o objetivo de devolver itens/equipamentos para um estado de funcionamento ideal após a incidência de uma falha ou desempenho aquém do esperado, mobilizando assim equipes de manutenção (DHILLON, 2002). De maneira geral, a Manutenção Corretiva busca corrigir ou restabelecer as condições de bom funcionamento do equipamento ou sistema (PINTO; XAVIER, 2009).

Quando a manutenção é acionada de forma emergencial após uma falha ou quebra de um equipamento, por exemplo, essa é considerada uma Manutenção Corretiva Não Planejada devido ao não planejamento do serviço de reparo pela equipe de manutenção.

A Manutenção Corretiva Planejada se diferencia, da anteriormente mencionada, devido ao conhecimento e planejamento prévio da equipe de manutenção em relação a falhas ou quebras em equipamentos. Esta possui o aval da gerencia para o acompanhamento por técnicas preditivas ou decisão de operar até a quebra do equipamento.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Como a própria denominação sugere, a Manutenção Preventiva atua de forma a prevenir a ocorrência de uma falha ou quebra inesperada de um equipamento e, por consequência, evitar que um mal maior relacionado a acidente de trabalho, por exemplo, aconteça. Para ser considerada preventiva o serviço de manutenção deve ser executado em equipamentos que estão em condições normais de funcionamento e ausentes de defeitos conhecidos (VIANA, 2002).

Nas visões de Pinto e Xavier (2009) a Manutenção Preventiva requer planejamento prévio com base em intervalos bem definidos de tempo, proporcionando a segurança de evitar ou reduzir os efeitos indesejados de uma falha ou quebra de equipamento.

A Manutenção Preventiva é planejada com o objetivo de evitar que qualquer alteração indesejada possa acontecer e, por consequência, comprometer o desempenho ótimo do equipamento.

2.1.3 Manutenção Preditiva

O uso de métodos modernos de medição e processamento de sinais para diagnosticar com precisão a condição do item/equipamento durante a operação são característicos da Manutenção Preditiva (DHILLON, 2002).

A Manutenção Preditiva é descrita na norma ABNT NBR 5462 (1994, p. 7) como:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Segundo Viana (2002) este tipo de manutenção tem por objetivo determinar o tempo correto da necessidade da intervenção da equipe de manutenção corretiva, com isso evita-se a desmontagem do equipamento para inspeção e possibilita a utilização ótima do componente até o máximo de sua vida útil.

Em relação a importância da Manutenção Preditiva, Pinto e Xavier (2009, p. 45) evidenciam que:

A Manutenção Preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na Manutenção e tanto mais se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais em funcionamento.

Dentre as principais técnicas de Manutenção Preditiva utilizadas nas indústrias são destaque: as análises de vibrações mecânicas e de óleos lubrificantes e principalmente as técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos (que serão enfatizadas na seção 2.2 deste capítulo).

2.1.4 Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva refere-se ao trabalho que determina se uma falha já ocorreu e aplica-se bem a falhas ocultas que não são (pelo menos inicialmente) evidentes quando ocorrem.

Na visão de Pinto e Xavier (2009) a Manutenção Detectiva atua nos sistemas de proteção com o objetivo de detectar falhas ocultas ou não perceptíveis a equipe de manutenção, citam como exemplo simples a utilização do botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis e complementam com a informação de que é crescente a utilização de computadores digitais na instrumentação e no controle de processo nos mais variados tipos de plantas industriais.

A atuação da Manutenção Detectiva, na identificação de falhas ocultas, contribui para manter a ótima operação dos equipamentos, sendo fator de garantia da confiabilidade destes. Com equipamentos e sistemas se tornando cada vez mais complexos, as ações da manutenção detectiva devem começar com treinamento e qualificação da equipe de manutenção, sendo supervisionada pelo setor de operação (PINTO; XAVIER, 2002; BLOG SESMT, 2015).

2.1.5 Engenharia de Manutenção

Considera-se a Engenharia de Manutenção como um tipo de manutenção que provém técnicas e ferramentas de gestão que são aplicados no dia a dia da função (OLIVEIRA, 2013).

O conjunto de atividades de manutenção de equipamentos, denominado de Engenharia de Manutenção, desenvolve conceitos, critérios e requisitos técnicos nas fases de concepção e aquisição para serem utilizados e mantidos em um estado atual durante a fase operacional com a finalidade de assegurar o suporte efetivo de manutenção do equipamento (DHILLON, 2002).

Ao considerar a Engenharia de Manutenção como segunda quebra de paradigma na Manutenção, Pinto e Xavier (2009) afirmam que a engenharia de manutenção é uma mudança cultural com foco em consolidar a rotina e implantar a melhoria na manutenção, complementam que essa tem como meta utilizar técnicas, perseguir

benchmarks, almejando assim, alcançar as práticas de manutenção do Primeiro Mundo.

O objetivo principal dos tipos de manutenção inicialmente apresentados consta no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivo principal dos tipos de manutenção

Manutenção	Objetivo Principal
Corretiva não planejada	Corrigir falhas que já tenham ocorrido.
Corretiva planejada	Corrigir uma situação apontada pelo acompanhamento da condição.
Preventiva	Prevenir e evitar as consequências das falhas.
Preditiva	Previsão ou antecipação da falha (mede parâmetros que indiquem a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas).
Detectiva	Procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não sejam percebidas.
Eng. de Manutenção	Consolidar a rotina e implantar a melhoria na manutenção utilizando técnicas para alcançar as melhores práticas de manutenção existentes

Fonte: Adaptado de Siqueira (2005) e Pinto e Xavier (2009)

Os tipos de manutenção foram apresentados no Quadro 1 de forma crescente em relação aos resultados operacionais obtidos através da evolução e melhoria das técnicas empregadas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Resultados x evolução dos tipos de manutenção



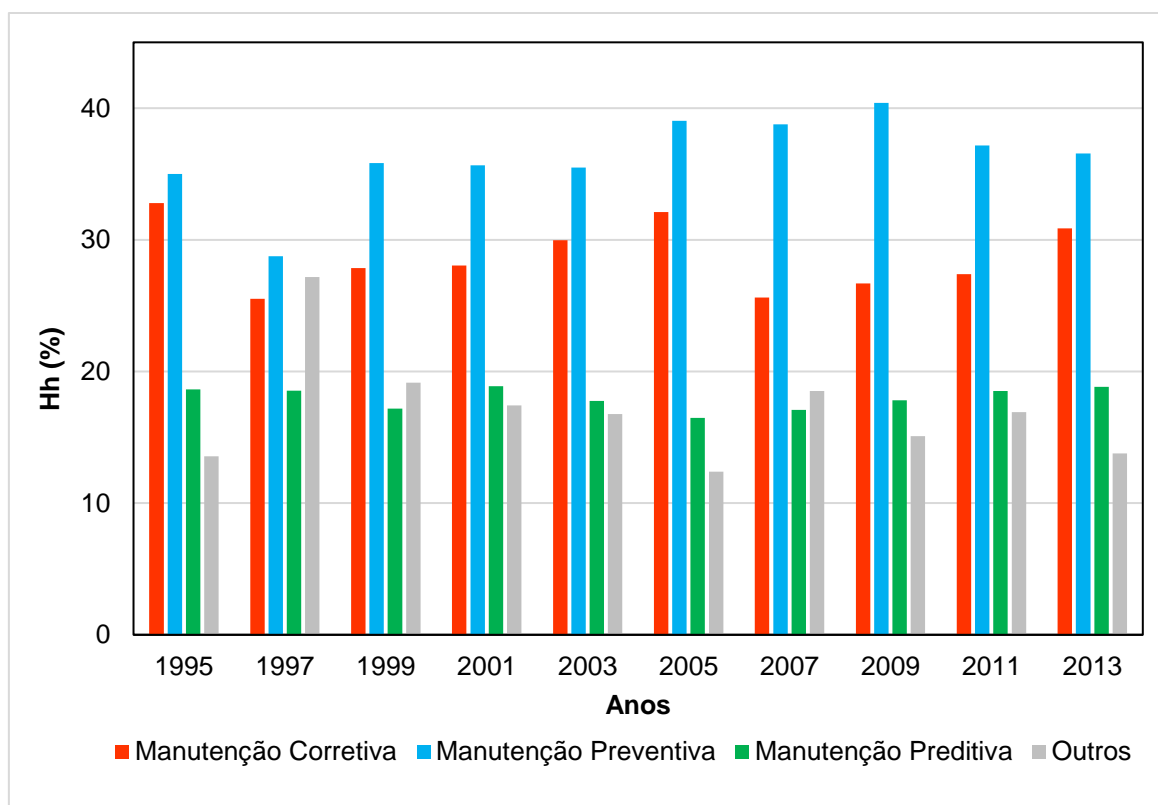
Fonte: Adaptada de Pinto e Xavier (2009)

Ao interpretar a Figura 1 fica evidente que os resultados operacionais (disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, segurança operacional e pessoal, entre outros) aumentam conforme as novas técnicas de manutenção são adotadas. Ao mudar da Preventiva para a Preditiva ocorre a chamada primeira quebra de paradigma, quando ocorrem ganhos significativos nos resultados, já a segunda quebra de paradigma acontece ao adotar a Engenharia de Manutenção, resultando em ganhos ainda mais significativos (PINTO; XAVIER, 2009).

Apesar da evolução dos tipos de manutenção que aconteceram nas últimas décadas, as manutenções Preventiva e Corretiva são as mais adotadas nas empresas do Brasil, quando se trata da aplicação dos recursos empregados na Manutenção. Conforme consta no Documento Nacional 2013, divulgado pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), as médias correspondentes à aplicação dos recursos em manutenção são de: 28,69%, Manutenção Corretiva; 36,27%, Manutenção Preventiva; 17,97%, Manutenção Preditiva e 17,07% para outros tipos de Manutenção. Estas médias correspondem ao percentual de Hh (Homem-hora) por

tipo de manutenção pelo total de Hh empregados na Manutenção, sendo considerados os dados das pesquisas dos anos de 1995 a 2013, divulgados bianualmente pela ABRAMAN através do seu Documento Nacional e apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Percentual de Hh por tipo de manutenção



Fonte: Adaptado de ABRAMAN (2013b)

Os percentuais de Hh por tipo de Manutenção apresentados no Gráfico 1 mostram que dos anos de 1995 a 2013, a Manutenção Corretiva tem grande presença nas empresas, bem como a Manutenção Preventiva que obteve representatividade de mais de 35% em praticamente todos os anos da pesquisa, exceto no ano de 1997, sendo praticamente o dobro comparando-se com as médias 17,97% e 17,07%, obtidas, respectivamente, pela Manutenção Preditiva e pelos outros tipos de manutenção (Manutenção Detectiva, Engenharia de Manutenção).

Como justificativas para a representatividade da Manutenção Preditiva não ter alcançado 20% da aplicação dos recursos em Hh, nas últimas duas décadas, é plausível considerar que muitas empresas concordam com Branco Filho (2008)

quando este afirma que a Manutenção Preditiva é aceitável quando o custo da falha é grande ou quando as despesas com esta são menores se comparadas com as despesas e gastos com reparos, custos de indenização e custos de perda de produção.

A decisão de utilizar a Manutenção Preditiva pode ser tomada levando em conta outros aspectos importantes, como, por exemplo, avaliar o custo-benefício da utilização dos ensaios não destrutivos. Assim, a próxima seção define os ensaios destrutivos e algumas de suas principais técnicas utilizadas na inspeção/manutenção de peças e equipamentos.

2.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (END)

A ABENDI (2016) define os ensaios não destrutivos (END) como “técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção”.

Para a ASNT (2016a) END é o processo de inspeção, teste ou avaliação de materiais, componentes ou montagens, com a finalidade de identificar discontinuidades ou diferenças de características sem destruir a capacidade de manutenção da peça ou sistema. Em outras palavras, quando a inspeção ou teste é concluído; em peças acabadas ou semiacabadas; as peças ainda podem ser utilizadas, pois o END não interfere no uso futuro ou no funcionamento das mesmas (ASNT, 2016a; SANTOS, 2014)

De acordo com Martin (2012) e Santos (2014) a utilização dos END, principalmente nas indústrias, justificam-se por três motivos relevantes: (1) garantir a confiabilidade da peça ou equipamento em inspeção, com base em um código, norma ou projeto; (2) aumentar a produtividade das empresas e, por consequência, evitar paralisações e (3) prevenir acidentes e evitar riscos a vida humana.

Complementando, Martin (2012) destaca que, apesar da relevância dos fatores técnicos e econômicos, estes têm menos importância quando se comparados com o fator prevenção de acidentes, pois a segurança foi a grande razão para a introdução dos END na engenharia.

O uso das técnicas de END como ferramenta de manutenção de monitoramento e diagnóstico é conduzido por economia e/ou segurança, pois a manutenção periódica planejada dos componentes é muito mais econômica do que uma falha inesperada (SHULL, 2002).

No Brasil a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI) - uma entidade técnico-científica, sem fins econômicos, de direito privado - atua, há mais de 30 anos, para garantir a confiabilidade e a segurança das inspeções, através da certificação e do credenciamento de normas e profissionais de END (ABENDI, 2015b).

Conforme consta no Guia de END e Inspeção, divulgado no ano de 2015 pela ABENDI, existem 26 métodos reconhecidos de inspeção por END. Dentre esses métodos, nesta seção serão apresentadas de maneira sucinta as aplicações, vantagens e limitações das principais técnicas utilizadas, e que são necessárias para o melhor entendimento deste trabalho.

2.2.1 Ensaio Visual (EV)

Nesta técnica, a inspeção visual direta ou auxiliada é aplicada à superfície do objeto para detectar falhas e anomalias, “[...] tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidades, porosidade, montagem de sistemas mecânicos e muitos outros” (ABENDI, 2015a). Se forem detectadas falhas significativas durante a inspeção visual, a peça inspecionada pode ser rejeitada no teste (IAEA, 1999).

Embora o Ensaio Visual (EV) possa ser considerado como a técnica de inspeção mais simples de END, o uso da visão é um importante recurso na avaliação da condição de equipamentos, componentes e estruturas (PINTO; XAVIER, 2009).

Como principais vantagens da utilização do EV são destaque o menor custo em relação as outras técnicas de END, a aplicação em todos os estágios de construção ou fabricação das peças ou componentes, não requerem treinamento extensivo do profissional responsável pela inspeção, além da possibilidade de obter parecer imediato durante a inspeção.

Apesar de ser aplicado a todos os materiais e equipamentos o EV é limitado apenas à inspeção de superfície, requer iluminação adequada e a interpretação correta das descontinuidades identificadas por um inspetor qualificado (IAEA, 2005; ABENDI, 2015a).

2.2.2 Líquido Penetrante (LP)

A técnica de inspeção por Líquido Penetrante (LP) é utilizada para a detecção de descontinuidades abertas à superfície de qualquer componente industrial fabricado de material sólido e não poroso, magnético ou não magnético. Neste método, após a limpeza da superfície, é aplicado um líquido penetrante à superfície do material durante um determinado período de tempo predeterminado após o qual o excesso de penetrante é removido da superfície. A superfície do material é então seca e um revelador é aplicado a ela. O penetrante que permanece na descontinuidade é absorvido pelo revelador para indicar a presença assim como a localização, tamanho e natureza da descontinuidade (IAEA, 1999).

De acordo com a ABENDI (2015a) a inspeção com uso do LP é considerada de simples execução, tanto em superfície de geometria simples e plana, quanto para detecção de vazamentos em tubos, tanques, soldas e componentes (ensaio de capilaridade). Uma outra vantagem importante é a possibilidade de aplicação em ambientes escuros (técnica fluorescente) ou em grandes áreas.

As principais restrições da técnica são a limitação à detecção de ruptura de superfície em materiais não porosos, também exige a limpeza rigorosa do material antes do ensaio e cuidado na interpretação do resultado da inspeção, pois uma superfície irregular pode causar a presença de indicação não relevante (IAEA, 2005).

2.2.3 Partículas Magnéticas (PM)

O método de ensaio por partículas magnéticas (PM) utiliza um ou mais campos magnéticos para localizar as descontinuidades superficiais e próximas da superfície em materiais ferromagnéticos. O campo magnético pode ser aplicado com um ímã permanente ou um eletroímã. Ao usar um eletroímã, o campo está presente somente quando a corrente está sendo aplicada (ASNT, 2016b).

As descontinuidades podem ser melhor detectadas quando a direção do campo magnético é perpendicular. A possibilidade de detecção diminui à medida que o ângulo entre o campo magnético e o plano de defeito diminui. Quando o ângulo entre o campo magnético e o plano de defeito é zero, isto é, o campo magnético é paralelo ao plano de defeito, então a possibilidade de detecção torna-se zero (IAEA, 2005).

De maneira simplificada, a aplicação da técnica consiste em espalhar partículas magnéticas sobre a superfície de teste, posteriormente o campo magnético é aplicado na região a ser testada o que ocasiona a concentração das partículas magnéticas em torno das áreas das descontinuidades existentes (PINTO; XAVIER, 2009).

Bem como as técnicas de inspeção por EV e LP o ensaio por PM é considerado de baixo custo e de rapidez e simplicidade de execução e interpretação dos resultados, dependendo de como a técnica é utilizada é possível realizar o ensaio em peças de geometria complexa. Outro ponto favorável é alta sensibilidade ao detectar descontinuidades superficiais (como as trincas de fadiga) muito pequenas (ABENDI, 2015a).

Como principais limitações a IAEA (2005) evidencia a aplicação do ensaio por PM à apenas materiais ferromagnéticos, as necessidades de magnetização e desmagnetização dos materiais a serem inspecionados e de uma fonte de alimentação para magnetização. O ensaio é considerado insensível a defeitos internos e o revestimento da superfície de teste pode mascarar a indicação do resultado da inspeção.

2.2.4 Ultrassom (US)

A ABENDI (2015a, p. 37) descreve o som como sendo “a propagação de energia mecânica (vibrações) através de meios elásticos (sólidos, líquidos e gasosos), com transporte de energia, mas não de massa”. O ensaio por ultrassom (US) “utiliza a energia do som de alta frequência para realizar inspeções e medições” (MARTIN, 2012, p. 31)

O princípio de inspeção por ensaio ultrassônico é um método de END baseado na reflexão de ondas ultrassônicas que ocorre quando estas encontram barreiras à sua propagação dentro do material inspecionado (LOURENÇO, 2012). A maioria dos

ensaios ultrassônicos são realizados com frequências entre 0,5 e 25 MHz bem acima do intervalo de audição humana, que é de cerca de 20 Hz a 20 kHz (IAEA, 1999).

Pinto e Xavier (2009, p. 279) afirmam que o princípio da medição por ultrassom é:

Um sinal sonoro de alta frequência é aplicado, através do cabeçote, à parede de um vaso de pressão e refletido na parede mais distante ao passar através do material. O tempo decorrido entre o sinal passar através do material e ser refletido é lido diretamente no instrumento. Essa propriedade é largamente utilizada na detecção de trincas e outros defeitos nos materiais.

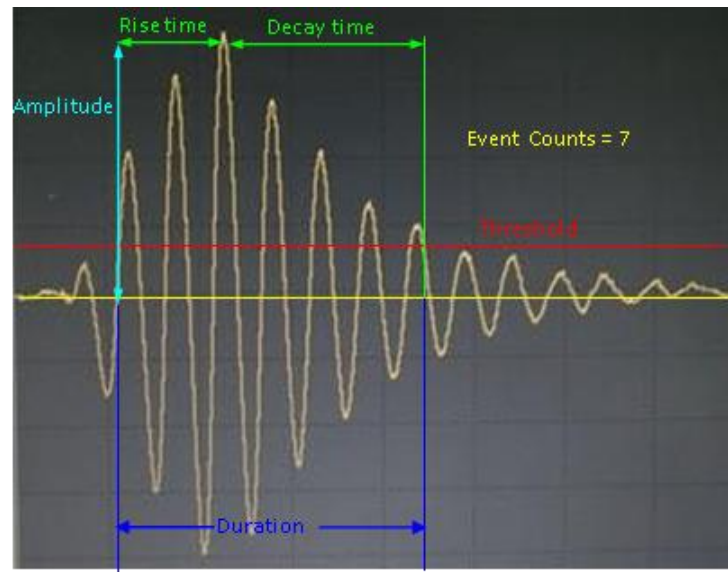
As principais vantagens do método de inspeção por US são: a portabilidade dos equipamentos (sendo adequados para inspeção de campo), aplicável para medição de espessura, detecção de descontinuidade e determinação de propriedades do material, capaz de detectar defeitos internos e de fornecer o tamanho da descontinuidade detectada com alta sensibilidade, requer acesso por apenas um lado da peça e aplicável para materiais de maior espessura devido ao grande poder penetração (IAEA, 2005; ABENDI, 2015a).

Como limitações do método de inspeção por US a IAEA (2005) e a ABENDI (2015a) compartilham de que: o inspetor ou equipe de inspeção deve ser altamente qualificada tanto para a execução quanto para a interpretação do resultado do ensaio, indispensável a utilização de diversos blocos padrão de calibração, dificuldade de detectar descontinuidades próximas à superfície e de execução em peças com pequenas espessuras e diâmetros.

2.2.5 Emissão Acústica (EA)

A emissão acústica (EA) é considerada uma técnica passiva na qual um conjunto de sensores são instalados em torno do equipamento sob teste, dessa forma, os sinais de emissão acústica captados do equipamento, por intermédio dos sensores, são registrados. Segundo Martin (2013) o sinal detectado por um sensor normalmente se parece com a onda de emissão acústica representada na Figura 2.

Figura 2 – Características do sinal de EA

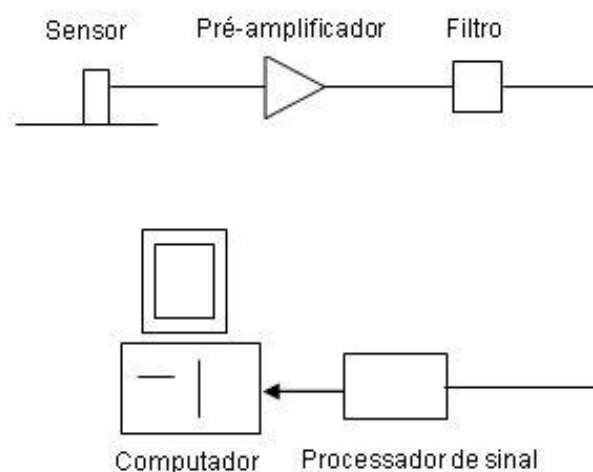


Fonte: Martin (2013)

Observa-se na Figura 2 as seguintes características do sinal de EA: amplitude; duração (Duration); tempo de subida (Rise time); tempo de decaimento (Decay time) e contagem de eventos (Event Counts) de EA. Vale destacar que normalmente os sinais de EA estão na faixa de 20 kHz a 1MHz, sendo que a maioria destes se encontram na extremidade inferior do espectro entre 20kHz e 150kHz (MARTIN, 2013).

De maneira simplificada, a Figura 3 mostra os componentes de um sistema em EA composto por apenas um canal.

Figura 3 – Esquema de um sistema de EA com um canal



Fonte: Adaptada de Martin (2013)

Na prática, o sistema em EA possui mais de um canal e “[...] consiste em sensores, pré-amplificadores, filtros, processadores de sinal e um dispositivo de armazenamento de dados junto com cabos de interconexão” (ABENDI, 2003 p. 2).

As fontes de emissão acústica são determinadas calculando a diferença no tempo necessário para que a onda chegue a diferentes sensores. A velocidade das ondas na superfície de teste é determinada usando o método de velocidade de pulso.

A técnica de inspeção por EA é empregada de acordo com Pinto e Xavier (2001) e a ABENDI (2015a) na localização de defeitos em diversos equipamentos tais como equipamentos mecânicos estacionários e equipamentos metálicos pressurizados, como vasos de pressão, esferas, reatores, colunas, trocadores de calor, tubulações, cilindros de alta pressão, para verificação da integridade do material.

A vantagem mais notável da técnica de EA é o fornecimento de informações quantitativas sobre o comportamento das descontinuidades bem como as suas taxas de propagação. No entanto, tal técnica é considerada um método muito sofisticado que requer pessoal altamente qualificado (IAEA, 2005).

Uma limitação importante da técnica de EA é o fato de não se obter a dimensão e a característica da descontinuidade o que torna a necessidade da complementação por outro END. Os ensaios por US, PM e ACFM (Alternating Current Field Measurement - medição de campos de corrente alternada) são exemplos de ensaios complementares.

O Quadro 2, mostra, em resumo, a comparação entre os principais métodos de END apresentados. Nele é possível identificar que conforme descreve Oliveira (2014) os métodos de END podem ser classificados em dois grupos:

I. Métodos de inspeção nas superfícies, em que as descontinuidades são observadas na superfície externa ou subsuperfície, como exemplos os métodos EV, LP e PM; e

II. Métodos de inspeção volumétrica, onde as descontinuidades são observadas no interior dos materiais, como exemplos os métodos EA, US, entre outros.

Quadro 2 – Comparação dos métodos de ensaios não destrutivos (END)

Método	Aplicações	Vantagens	Limitações
Ensaio Visual (EV)	Descontinuidades de superfície: rachaduras, porosidade, escórias, desalinhamento, distorção, tamanho ou número incorreto.	Baixo custo, rápido, simples, utilizado durante o processamento. Pode eliminar a necessidade de outros métodos.	Somente superfície, resolução variável e fraca, fadiga, distrações. Precisa de boa iluminação.
Líquido Penetrante (LP)	Descontinuidades de superfície: rachaduras, porosidade, costuras, voltas, vazamentos.	Baixo custo, portátil, fácil e rápido de aplicar, mais sensível do que o método visual, materiais magnéticos ou não magnéticos.	Superfície somente, não útil em alta temperatura, sujo, pintado, superfície áspera (porosa). Requer Alguma técnica.
Partícula Magnética (PM)	Superfície e superfície próxima, descontinuidades: fissuras, vazios, porosidade, inclusões, costuras, voltas.	Baixo custo, rápido, mais sensível a fissuras apertadas que LP, pode fazer perto da superfície, portátil.	Material deve ser ferromagnético, superfície deve estar limpa e bom contato feito, parte pode precisar de desmagnetização, o alinhamento do campo é importante. Requer a técnica do operador.
Ultrassom (US)	Superfície e profundidade subsuperfície e volumétrico Descontinuidades: fissuras, Laminação, porosidade, Falta de fusão, Inclusões, espessura.	Rápido se automatizado (manual é lento), aplicável em materiais de maior espessura, pode dar a posição e o tamanho dos defeitos, boa sensibilidade, inspeciona de um lado, portátil.	Acoplante necessário, formas complexas finas são difíceis, orientação de defeito importante, muito dependente do operador.
Emissão Acústica (EA)	Descontinuidades superficiais e subsuperficiais: iniciação e crescimento da fissura, vazamentos, ebulição e cavitação, mudanças de fase.	Vigilância remota e contínua, localização, gravidade, registro permanente. Testa um vaso inteiro ou sistema.	Contato com o sistema, pode precisar de muitos pontos de contato, interpretação complexa, o sistema deve ser salientado, geralmente caro, alguns sistemas são muito complexos.

Fonte: Adaptado da IAEA (1999)

A próxima seção trata a respeito dos elementos essenciais para os resultados dos END e que devem ser considerados no planejamento e na execução das inspeções.

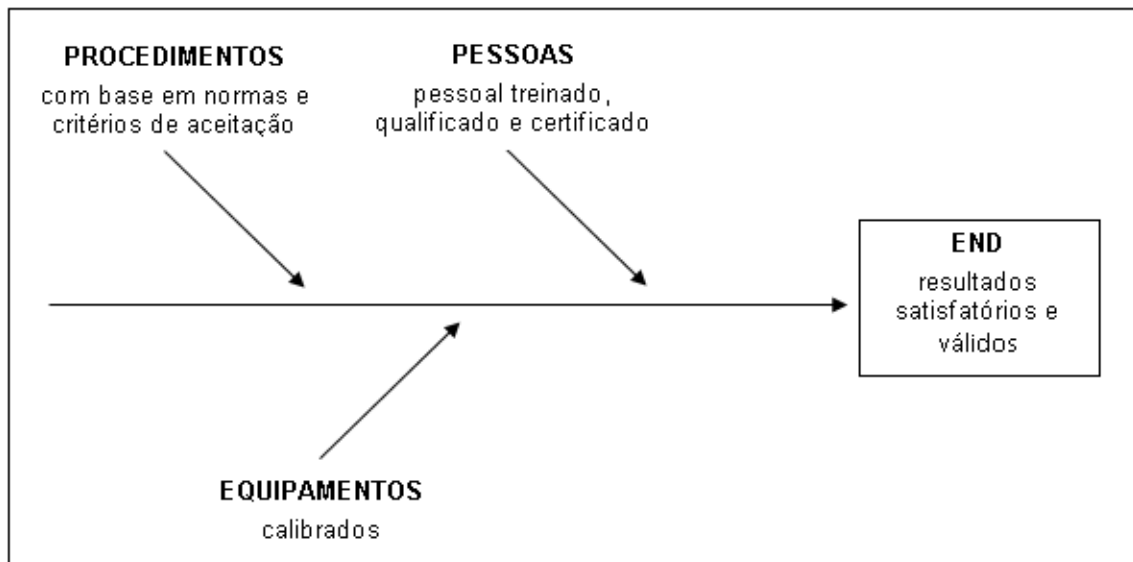
2.3 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA OS END

De acordo com a ABENDI (2016) são três os elementos fundamentais para que os END obtenham resultados satisfatórios e válidos:

- Pessoal treinado, qualificado e certificado;
- Equipamentos calibrados;
- Procedimentos de execução de ensaios qualificados com base em normas e critérios de aceitação previamente definidos e estabelecidos.

Os elementos fundamentais listados podem ser interpretados como as Causas para se obter um Efeito. Neste caso, o Efeito desejado pode ser interpretado como a obtenção de resultados satisfatórios e válidos para os END, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Diagrama de Causa e Efeito: elementos fundamentais para os END



Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

A Figura 4 evidencia que as pessoas, os equipamentos e os procedimentos vão ao encontro das melhores práticas de inspeções por END e são fatores primordiais a serem considerados no planejamento e na execução das inspeções.

2.3.1 Qualificação e certificação de pessoas

A certificação comprova que uma pessoa tem o domínio de determinado(s) método(s) de END, e, portanto, comprova a sua qualificação profissional para que possa interpretar e atestar o resultado do END, de forma confiável e segura (MAZZOCHI, 2015).

A norma ABNT NBR NM ISO 9712:2014, que trata das questões relacionadas a qualificação e certificação de pessoal em END, enfatiza a importância da capacitação das pessoas em prol de assegurar a eficácia de qualquer aplicação de END. Tendo como base e em conformidade com a ABNT NBR NM ISO 9712, a norma ABENDI nº 1 (NA-001) especifica os requisitos necessários para a qualificação e certificação de pessoas para realizar END industriais (ABENDI, 2017a).

De acordo com a NA-001 existem três níveis (N1, N2 e N3) de qualificação e certificação que uma pessoa pode obter para atuar como profissional de determinado método de END. De forma resumida a ABENDI (2015b, p. 11) destaca as tarefas definidas para cada nível de qualificação:

Funções do Nível 1: Executar o ensaio de acordo com instruções.

Funções do Nível 2: Faz as atividades do N1, interpreta e avalia os resultados com base em códigos, normas ou especificações. É responsável pela supervisão dos N1.

Funções do Nível 3: É responsável por todas as atividades de uma instalação de END e pelos profissionais N1 e N2, incluindo treinamento, supervisão e elaboração dos procedimentos dos respectivos ensaios.

Para os três níveis de qualificação, Mazzochi (2015) descreve que a certificação de pessoas/profissionais no Brasil é realizada pela ABENDI mediante o Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em ensaios não destrutivos (SNQC/END). Dessa forma, para estar apto a participar de um processo para certificação em determinado método de END é necessária determinada escolaridade/formação mínima, bem como a exigência de um número mínimo de horas de treinamento e de experiência profissional industrial (ABENDI, 2015b).

A Tabela 1 e a Tabela 2 mostram, respectivamente, as quantidades mínimas em horas de treinamento e em meses de experiência profissional para a certificação em alguns dos métodos de END que foram apresentados na seção 2.2.

Na interpretação da Tabela 1, deve-se considerar que o acesso direto ao Nível 2 requer o total de horas definidas para os Níveis 1 e 2, e que o acesso direto ao Nível 3 requer o total de horas definidas para os Níveis 1, 2 e 3 (ABENDI, 2017a). A mesma interpretação pode ser considerada para a Tabela 2, quanto ao tempo total de experiência para a qualificação direta para o Nível 2 e para o Nível 3.

Tabela 1 – Quantidade mínima em horas de treinamento

Método de END	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Ensaio Visual	-	40	24
Líquido Penetrante	40	24	24
Partícula Magnética	40	24	32
Emissão Acústica	40	64	48
Ultrassom	40	80	40

Fonte: Adaptada da NA-001, ABENDI (2017a)

Vale destacar que, para todos os níveis, os treinamentos devem ser reconhecidos pela ABENDI além de serem obrigatoriamente compostos por teoria e prática (ABENDI, 2017a).

Tabela 2 – Quantidade mínima em meses de experiência industrial

Método de END	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Ensaio Visual	-	4	12
Líquido Penetrante	1	3	12
Partícula Magnética	1	3	12
Emissão Acústica	3	9	18
Ultrassom	3	9	18

Fonte: Adaptada da NA-001, ABENDI (2017a)

Como Nota da Tabela 2, deve-se considerar como experiência industrial em meses o trabalho, devidamente comprovado, exercido em 40 horas por semana ou em semana legal de trabalho.

2.3.2 Calibração de equipamentos

O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), publicado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), define calibração como sendo a:

Operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os **valores** e as **incertezas de medição** fornecidos por **padrões** e as **indicações** correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação

para estabelecer uma relação visando a obtenção dum **resultado de medição** a partir duma indicação (INMETRO, 2012, p. 27).

A calibração tem a finalidade de atestar que o instrumento ou equipamento está de acordo com as referências de padrões nacionais e/ou internacionais, com o objetivo de garantir a segurança nos resultados da utilização deste. Portanto, “calibrar”, conforme menciona a ABENDI (2014, p. 12), “[...] significa colocar um instrumento de medição em condições seguras de utilização”.

Neste contexto, evidencia-se a importância da calibração dos equipamentos utilizados nos END, pois, bem como são vários os métodos, também são vários os instrumentos de medição utilizados, sendo que estes devem ser de alta confiabilidade para assegurar a qualidade dos resultados dos ensaios (ABENDI, 2014).

No Quadro 3 são descritas as principais aplicações e vantagens da calibração em prol dos END.

Quadro 3 – Aplicações e vantagens da calibração para os END

Aplicações	Vantagens
<ul style="list-style-type: none"> • A finalidade dos END na indústria é a detecção de falhas e discontinuidades. • Conhecer a localização correta e a dimensão destas falhas é de fundamental importância para a caracterização dos materiais e a definição de segurança operacional dos equipamentos. • Erros nestas medições ocasionam elevados riscos ao patrimônio e às vidas humanas. • Assegurar a qualidade destas medições é a função da calibração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos calibrados e certificados elevam, consideravelmente, o valor técnico dos END. • Permitem uma estimativa segura quanto à vida útil dos equipamentos em operação. • Os resultados da calibração do instrumento de medição, expressos em um certificado de calibração bem elaborado, fornecem informações válidas e úteis que podem auxiliar na tomada de decisões técnicas e gerenciais de elevada importância.

Fonte: Adaptado da ABENDI (2014)

O INMETRO é o órgão responsável por conceder a acreditação para os denominados laboratórios de calibração de acordo com os requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 (INMETRO, 2017). Os laboratórios de calibração prestam os serviços de calibração em instalações próprias ou nas instalações dos clientes, sendo que um instrumento/equipamento de medição é atestado como calibrado através de um documento, chamado Certificado de

Calibração, entregue ao cliente. O Certificado de Calibração estabelece, entre outros aspectos, quando deve ser realizada uma nova inspeção de calibração, desde que sejam respeitadas as condições de uso do instrumento/equipamento de medição estabelecidas no próprio certificado.

Quanto a frequência da calibração, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17020 (2012a) os equipamentos de medição que influenciam de maneira significativa nos resultados da inspeção devem ser calibrados antes e após serem colocados em serviço, respeitando um programa de calibração estabelecido.

2.3.3 Procedimentos de inspeção

Quanto mais complexas as técnicas e os equipamentos utilizados nos END, maiores são as possibilidades de acontecerem erros e, por isso, os procedimentos de inspeção precisam ser claros e suficientemente detalhados, bem como os inspetores precisam ser qualificados e treinados nas técnicas de inspeção por END (HSE, 2017).

Em relação as empresas prestadoras de serviços de inspeção, em geral, estas têm por obrigação normativa utilizar procedimentos documentados para o planejamento da inspeção, sendo que a inexistência destes pode colocar em risco a eficácia do processo de inspeção (ABNT NBR ISO/IEC 17020, 2012a).

O documento normativo NIT-DIOIS-019, de responsabilidade do INMETRO, estabelece que os organismos (prestadoras de serviços) de inspeção de END devem ter “[...] procedimentos de ensaios documentados para o planejamento e para a realização de serviços de END, devidamente validados pelo ST (Nível 3), de acordo com seu escopo acreditado, assim como de todas as suas revisões” (INMETRO, 2018, p. 40). Entende-se como ST (Nível 3) o profissional que exerça a função de supervisor técnico e que seja certificado Nível 3 (N3) em um método de END específico.

Conforme o exposto, entende-se que os procedimentos de inspeção para os END devem ser embasados em normas técnicas e critérios de aceitação. De acordo com a ABENDI (2017b) estas normas técnicas podem ser classificadas em Nacionais, Regionais ou Internacionais, conforme consta no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação e definição das normas

Normas	Definições
Nacionais	Normas técnicas estabelecidas por um organismo nacional de normalização para aplicação num dado país. No Brasil, as normas brasileiras (NBR) são elaboradas por Comitês Brasileiros credenciados pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, como é o caso do ONS-58, que é o comitê de ensaios não destrutivos, abrigado pela ABENDI.
Regionais	Normas técnicas estabelecidas por um organismo regional de normalização para aplicação num conjunto de países. As normas Mercosul (NM) são elaboradas pela Associação Mercosul de Normalização (AMN) e a participação na elaboração das NM é feita através da ABNT, sendo que o ONS-58 é o seu representante no Comitê Mercosul de Ensaios Não Destrutivos (CSM 24).
Internacionais	Normas técnicas estabelecidas por um organismo internacional de normalização para aplicação em âmbito mundial e reconhecidas pela Organização Mundial do Comércio - OMC como a base para o comércio internacional para ultrapassar eventuais barreiras técnicas. O ONS-58 é espelho do Comitê Técnico da ISO que trata de ensaios não destrutivos, chamado TC-135.

Fonte: Adaptado da ABENDI (2017b)

Além da ABENDI e da ABNT, já mencionadas neste trabalho, o Quadro 4 destaca os organismos de normalização:

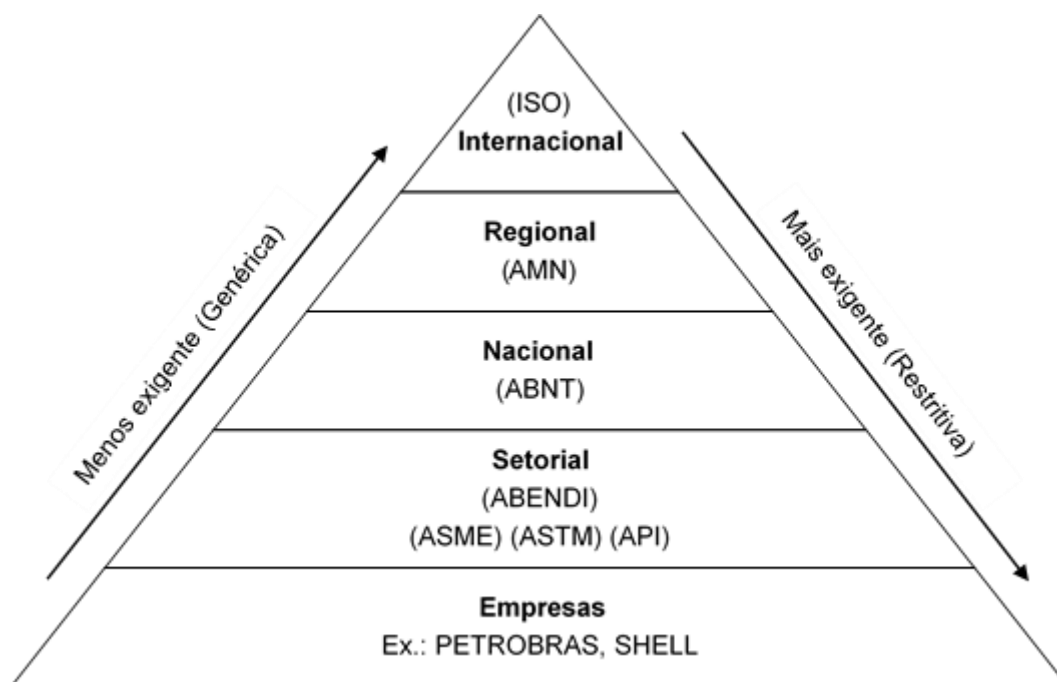
- AMN – Associação Mercosul de Normalização.
- ISO – International Organization for Standardization, ou Organização Internacional para Padronização, em português.

Existem outros organismos de normalização, sendo que para a elaboração de procedimentos de inspeção de END são referências as normas técnicas da:

- ASME – The American Society of Mechanical Engineers.
- ASMT – American Society for Testing and Materials.
- API – American Petroleum Institute.

A Figura 5 ilustra os chamados níveis de normalização ampliando a classificação apresentada no Quadro 4.

Figura 5 – Níveis de normalização



Fonte: Adaptada de Almeida (2008)

Em geral, as normas técnicas elaboradas pelos organismos de normalização internacionais e regionais/nacionais são menos exigentes quando comparadas com as normas técnicas elaboradas pelos organismos de normalização setoriais, conforme apresentado na Figura 5.

Tratando-se das normas técnicas mais exigentes (restritivas) a norma API 653 - Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction (Inspeção, Reparo, Alteração e Reconstrução de Tanques, em português), por exemplo, é referência para os procedimentos de inspeção geral, inclusive por métodos de END, em tanques de armazenamento.

Referente aos END por EA descritos na seção 2.2.5, o Quadro 5 apresenta as principais normas da ABNT e da ISO relacionadas a inspeções por EA em tanques de armazenamento que serão abordadas nas seções 4.3 e 4.4.

Quadro 5 – Normas relacionadas ao método de END por EA

Normas	Títulos	Publicação
ABNT NBR NM 302	Ensaaios Não Destrutivos – Emissão Acústica – Terminologia	2012
ABNT NBR NM 326	Ensaaios Não Destrutivos – Montagem de sensores piezoelétricos de contato por Emissão Acústica – Procedimento	2014
ABNT NBR NM 340	Ensaaios não destrutivos – Ensaio de emissão acústica (EA) de tanques metálicos de armazenamento, com líquido à pressão atmosférica e baixa pressão	2014
ABNT NBR NM 341	Ensaaios não destrutivos – Ensaio de emissão acústica (EA) – Verificação de sensores	2014
ABNT NBR 15360	Ensaaios não destrutivos – Emissão acústica – Caracterização do sistema de medição	2013
ABNT NBR 15361	Ensaaios não destrutivos – Ensaio de emissão acústica – Determinação da reprodutibilidade da resposta do sensor de emissão acústica	2015
ISO 12716	Non-Destructive Testing – Acoustic Emission Inspection – Vocabulary	2001
ISO 18081	Non-destructive testing – Acoustic emission testing (AT) – Leak detection by means of acoustic emission	2016

Fonte: Adaptado da ABENDI (2015a)

Findado o capítulo de referencial teórico, a seguir tem-se o método e recursos utilizados para elaboração do presente trabalho.

3 MÉTODO E RECURSOS

Este capítulo tem como propósito apresentar a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos (materiais e métodos) que serão utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme propõe Vergara (1998) as pesquisas podem ser classificadas seguindo dois critérios: (a) quanto a finalidade e (b) quanto aos meios de investigação.

De acordo com o critério referente aos objetivos, ou finalidade, a presente pesquisa é exploratória, pois serão analisadas fontes de dados que visam proporcionar ao autor maior conhecimento a respeito do tema. Para Gil (2002) este tipo de pesquisa “[...] têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições”.

Quanto ao critério referente aos meios de investigação, o trabalho é classificado como sendo um estudo de caso, por se tratar da análise de uma prestação de serviço (caso), sendo utilizadas mais de uma forma de instrumentos de coleta de dados e contando com a presença e interação do autor com o objeto de pesquisa (MIGUEL et al., 2012).

A forma de abordagem da pesquisa tem caráter qualitativa no que se refere ao entendimento e a análise dos processos do objeto de estudo, e também quantitativa descritiva, pois têm como objetivos observar, registrar e descrever as características que ocorrem em uma amostra de dados (MIGUEL et al., 2012; FONTELLES et al., 2009).

3.2 MATERIAIS

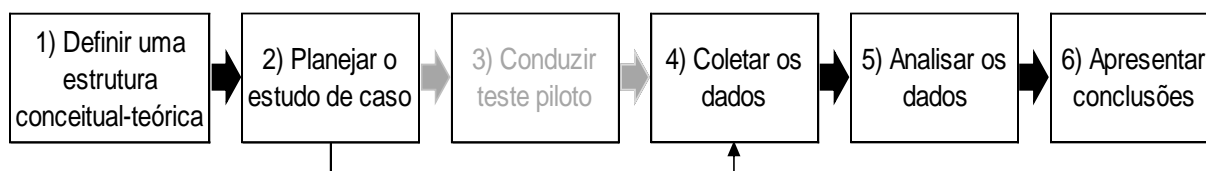
O processo de coleta de dados e informações aconteceu internamente na Empresa W, tendo acesso permitido aos arquivos disponíveis - principalmente dos setores comercial, planejamento e engenharia - na rede local de computadores. Também foram fonte de coleta o conteúdo dos e-mails recebidos e das mensagens e fotos do grupo de um aplicativo de comunicação. Os dados e informações coletados se referem ao período compreendido entre 1º de junho de 2017 e 23 de agosto de 2017.

Para a organização, edição e análise dos dados foram utilizados o Microsoft Office Word® 2013 e o Microsoft Office Excel® 2013.

3.3 METODOLOGIA

A sequência para a condução e a proposta de conteúdo de um estudo de caso propostos por Miguel *et al.* (2012) foram adaptadas e seguidas no decorrer das etapas de desenvolvimento deste trabalho, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Etapas para condução do estudo de caso



Fonte: Adaptado de Miguel *et al.* (2012)

A primeira etapa, a elaboração do referencial teórico (consta no segundo capítulo), foi estabelecida com a finalidade de apresentar ao leitor deste trabalho os principais conceitos e definições necessários para a correta compreensão da problemática analisada, conforme justificativa e objetivos apresentados no capítulo de introdução.

Na segunda etapa, que consiste em planejar o caso, primeiramente ficou definida a intenção de utilizar como objeto de estudo uma prestação de serviço de curto prazo e que envolvesse a utilização de múltiplas técnicas de ensaios não destrutivos (END) além de deslocamento significativo de pessoas e equipamentos. Posteriormente, em segundo momento, optou-se por analisar uma única técnica de inspeção por END durante a prestação de serviço de inspeção geral para dar maior ênfase nas inspeções por emissão acústica (EA) em fundo de tanques de armazenamento de material combustível. Vale ressaltar que esta etapa foi conduzida após algumas conversas/reuniões informais com o Coordenador do setor de Planejamento da Empresa W.

Outra questão importante a ser mencionada, na segunda etapa, foi a obtenção da autorização por parte do Diretor comercial, obtida por e-mail no dia 19/06/2017, para utilizar os dados provenientes do planejamento e da execução da prestação de serviço de inspeção geral escolhida para objeto de análise no estudo de caso.

Em relação ao teste piloto, proposto na terceira etapa pelo modelo de Miguel *et al.* (2012), este não se fez necessário, no sentido de que a prática de coleta de dados requerida para o objeto de estudo já era praticada e estava ao alcance do pesquisador no setor de planejamento da Empresa W.

Para a coleta de dados, que corresponde à quarta etapa, além dos itens mencionados na seção 3.2, foram utilizados dados e informações disponíveis nos seguintes documentos: proposta técnica e comercial, procedimento de inspeção, cronograma inicial do planejamento, *checklist* de equipamentos, relatórios diários de obra, relatórios técnicos de inspeção e certificado de calibração de equipamento.

Na quinta etapa, os dados coletados nas fontes mencionadas na quarta etapa foram manipulados para a criação de quadros, tabelas e figuras para melhor ilustração dos dados analisados. Com a análise dos dados os tanques inspecionados foram classificados em categorias quanto a atividade de corrosão e a probabilidade de vazamento e foram estipulados prazos para inspeção interna. Também foram analisados os prazos e custos de mão de obra, quanto ao Planejado *versus* Realizado.

Na sexta etapa, conclusões do trabalho, após as devidas manipulações e análises dos dados, foram feitas as comprovações de que os objetivos geral e específico foram atendidos, bem como respondida a pergunta de pesquisa.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, são apresentadas a empresa de engenharia estudada e as informações sobre os seus serviços de inspeção em tanques de armazenamento. Também são apresentadas as etapas para o planejamento e a execução de inspeções por emissão acústica (EA) nas chapas do fundo destes equipamentos.

4.1 SOBRE A EMPRESA DE ENGENHARIA

A Empresa W é uma empresa de engenharia de integridade de equipamentos, de pequeno porte, atualmente com sede no Estado do Espírito Santo, com expertise de quase duas décadas de prestação de serviço de inspeção de equipamentos em todo o território brasileiro. Destaca-se no segmento de inspeções por END contando com profissionais (engenheiros, técnicos e inspetores) experientes e qualificados e equipamentos de alta tecnologia para atender clientes dos mais variados setores, tais como: siderurgia, químico e petroquímico, mineração, geração de energia, óleo e gás, celulose, teleféricos, portuário e naval.

O objetivo da Empresa W é oferecer aos seus clientes uma série de produtos e serviços que possibilitem a manutenção da propriedade industrial, comercial e pessoal, dentro de elevados padrões de segurança e qualidade reconhecidos nos âmbitos nacional e internacional. Para alcançar este objetivo, a empresa é certificada ISO 9001:2008 e está implantando o Sistema de Gestão Integrada, para atender em conjunto as normas NBR ISO 9001, ISO NBR 14001 e OHSAS 18001, referentes aos sistemas de gestão da qualidade, ambiental e de saúde e segurança ocupacional, respectivamente.

4.2 INSPEÇÃO EM TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Devido as ações intensivas do seu setor comercial e o histórico de qualidade nos serviços prestados, a Empresa W tem identificado uma crescente demanda de contratação dos serviços de inspeção em tanques de armazenamento, mais especificamente, a inspeção geral.

Comprovando-se o anteriormente mencionado, a Empresa W foi contratada por uma empresa, doravante chamada de Empresa Cliente, do setor de geração de energia elétrica, localizada do Estado de Pernambuco, para a inspeção geral em dois tanques de armazenamento. Os tanques, ilustrados na Figura 7, armazenam HFO (Heavy Fuel Oil) e LFO (Light Fuel Oil), óleo combustível pesado e óleo combustível leve, respectivamente.

Figura 7 – Fotos dos tanques que armazenam HFO (acima) e LFO



Fonte: RT-17XXX-001, Empresa W (2017a) e RT-17XXX-002, Empresa W (2017b)

A Tabela 3 contém a identificação (ID), as dimensões, o volume nominal (útil) e o material de construção dos tanques de armazenamento.

Tabela 3 – Especificações básicas dos tanques de armazenamento

ID	Diâmetro (m)	Altura (m)	Volume Nominal (m ³)	Material de Construção
TQ-01-HFO	12,6	12,6	1500	ASTM A 283 GR.C
TQ-02-LFO	6,8	9	300	ASTM A 283 GR.C

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Vale destacar que a contratação do serviço foi aceita sob a seguinte condição/Nota: “No caso de aceitação dos serviços para os dois tanques, a inspeção tem que ser sequencial, sem desmobilização entre a inspeção dos dois tanques, ou seja, o serviço será executado em um tanque e imediatamente após no outro”. Tal condição consta na Proposta Técnica e Comercial emitida pela Empresa W e aprovada em 01/06/2017 pela Empresa Cliente.

Quanto a disponibilidade para o início da inspeção geral nos tanques de armazenamento, a Empresa W comprometeu-se em estar disponível em até 5 (cinco) dias corridos da emissão da autorização de fornecimento ou do aceite da Proposta Técnica e Comercial, por parte da Empresa Cliente, ou acordo de datas entre as duas partes.

Um resumo das informações da Proposta Técnica e Comercial sobre o Escopo dos serviços contratados e das responsabilidades de fornecimento da Empresa W e da Empresa Cliente são descritas a seguir.

4.2.1 Escopo dos serviços de inspeção geral

Inspeção geral nos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO, em conformidade com a norma API 653. Trata-se de inspeção não intrusiva, o que significa que as inspeções são realizadas com os tanques de armazenamento em serviço/operação e, quando aplicáveis, nos seguintes componentes de cada tanque:

BASE

- Inspeção externa/visual nos itens: anel de concreto; sistema de drenagem.

FUNDO

- Inspeção com o método de EA com o objetivo de avaliar a condição das chapas do fundo do tanque quanto ao processo de corrosão interna ou externa e determinar a probabilidade de vazamento das mesmas sem a retirada do equipamento de serviço.

LIGAÇÃO FUNDO x COSTADO

- Inspeção por ACFM em todas as soldas fundo x costado (lado externo).
- Inspeção externa/visual e dimensional da solda fundo x costado (lado externo).

BACIA DE CONTENÇÃO

- Inspeção externa/visual nos itens: bacia; dique; sistema de drenagem: canaletas e válvulas; escadas e plataformas; eletrodutos e tubulações.

ESCADAS, PLATAFORMAS E PASSADIÇOS

- Inspeção externa/visual nos itens: degraus; soldas; corrimãos e plataformas.

COSTADO

- Inspeção externa/visual nos itens: chapas e juntas soldadas; porta de limpeza e bocas de visita; sistema de combate a incêndio; acessórios, equipamentos e instrumentação.
- Medição de espessura com o método de US nas chapas.
- Varredura com o método MFL (Magnetic Flux Leakage - vazamento de fluxo magnético) em 100% da superfície das chapas do primeiro anel e amostragem nas chapas inferiores.

TETO

- Inspeção externa/visual nos itens: chapas e juntas soldadas; bocas de visitas; conexões e acessórios.
- Varredura com o método MFL em 100% das chapas.

4.2.2 Responsabilidades de fornecimento

ITENS DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA W:

- Cronograma de Trabalho;
- Equipe de trabalho com formação e experiência para o trabalho para atendimento ao escopo;
- Equipamentos de Proteção Individual;
- Equipamentos calibrados e em perfeitas condições de operação;
- Procedimentos técnicos para as inspeções e testes a serem realizados;
- Registro fotográfico para as não conformidades evidenciadas;
- Emissão de ART - Anotação de Responsabilidade Técnica.

ITENS DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA CLIENTE:

- Documentação dos equipamentos (desenhos de conjunto, detalhes, relatórios anteriores e registro de informações de fabricação - "Data Book");
- Normas e treinamento de segurança, específicos da Empresa;
- Local apropriado para a instalação da nossa equipe de trabalho, com pontos de energia em baixa tensão, água corrente potável e filtrada, sanitários e chuveiros.

Conforme descrito no escopo dos serviços, a inspeção geral em tanques de armazenamento envolve a utilização de múltiplas técnicas de END e, por consequência, exige-se maior necessidade de atenção quanto ao planejamento e a execução das inspeções, bem como a logística para o deslocamento de pessoas e equipamentos.

Para este estudo, especificamente, foram escolhidas somente as inspeções por EA, realizadas no fundo dos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO, para serem analisadas durante a prestação de serviço de inspeção geral. A escolha tem como justificativa o objetivo de melhor analisar as etapas envolvidas no planejamento e na execução das inspeções por EA, visto que a Empresa Cliente manifestou maior preocupação e prioridade na avaliação do estado de integridade do fundo dos tanques e urgência em receber os relatórios técnicos das inspeções.

4.3 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES POR (EA) EM FUNDO DE TANQUE

Por que planejar? “Planejar para que os eventos ocorram dentro de parâmetros aceitáveis e desejados, tanto em tempo, como em risco de acidentes quanto no uso de recursos e seu custo” (BRANCO FILHO, 2008, p. 115).

Assim, a equipe de trabalho foi definida na reunião de planejamento semanal que aconteceu em 01/06/2017 de manhã e, posteriormente, no mesmo dia a tarde o Diretor Comercial comunicou por e-mail a todos da Empresa W sobre a aprovação e o escopo dos serviços. Composição da equipe para as inspeções por EA: Colaborador 1, Engenheiro Mecânico e responsável pelas inspeções por EA e demais técnicas; Colaborador 2, Ajudante.

No Quadro 6 constam as descrições dos e-mails referentes aos principais eventos relacionados ao planejamento para a mobilização da equipe de trabalho (Colaboradores 1 e 2) do Espírito Santo para o local onde estão instalados os tanques de armazenamento TQ-01-HFO e TQ-02-LFO na sede da Empresa Cliente, em Pernambuco.

No dia 05/06/2017 foram enviados à Empresa Cliente cópias dos documentos dos Colaboradores da Empresa W responsáveis pelas inspeções. Segue relação das cópias dos documentos enviados:

- Carteira de Identidade e CPF;
- Atestado de Saúde Ocupacional (ASO) – (o ASO, dentro da sua validade, atesta que o colaborador foi aprovado nos exames médicos periódicos e está apto/saudável para determinados trabalhos);
- Certificados das Normas Regulamentadoras: NR-20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis; NR-33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados e NR-35 – Trabalho em Altura (estes certificados, dentro das suas validades, atestam que o colaborador foi aprovado em treinamentos específicos para cada NR e está apto para exercer trabalhos em determinados ambientes).













Quadro 6 – Eventos do planejamento da mobilização comunicados por e-mail

Data	Remetente (Setor)	Descrição	Destinatário (Setor)
01/06/17	Empresa W (Comercial)	Diretor do setor Comercial comunica sobre a aprovação do serviço de Inspeção Geral em dois tanques / solicita ao Coordenador do setor de Planejamento que inicie o contato o Cliente.	Empresa W (Todos)
05/06/17	Empresa W (Planejamento)	Estagiário de Eng. de Produção envia as cópias dos documentos para a liberação dos colaboradores da Empresa W na planta industrial do Cliente.	Cliente
05/06/17	Cliente	Confirmação do recebimento das cópias dos documentos / solicitação de envio de um resumo do planejamento dos trabalhos.	Empresa W (Planejamento)
07/06/17	Empresa W (Planejamento)	Coordenador do setor de Planejamento envia o cronograma inicial previsto para as Inspeções nos dois tanques.	Cliente
07/06/17	Cliente	Cliente pergunta: Quanto tempo os tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO têm que estar parados (sem operação) antes do início das Inspeções?	Empresa W (Engenharia)
08/06/17	Empresa W (Planejamento)	Coordenador do setor de Planejamento envia divulgação interna com as datas e etapas acordadas com o Cliente.	Empresa W (Todos)
08/06/17	Empresa W (Financeiro)	Coordenadora do setor Financeiro envia os bilhetes/códigos das passagens aéreas referente a mobilização (em 11/06/2017) e as informações de localização do hotel, referente a hospedagem da equipe (Colaboradores 1 e 2) da Empresa W.	Empresa W (Planej./Eng.)
09/06/17	Empresa W (Engenharia)	Resposta do Engenheiro responsável pelo projeto: Dado as características de fluidos e dimensões dos Tanques, exige-se um repouso mínimo de 12 horas para cada um dos tanques.	Cliente

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No e-mail, em que foram enviadas as cópias dos documentos, também foi questionado sobre a necessidade de envio de outro(s) documento(s). O responsável da Empresa Cliente respondeu que estava tudo certo (quanto aos documentos), porém solicitou um “resumo do planejamento dos trabalhos”. Como resposta a solicitação o Coordenador do setor de Planejamento enviou no dia 07/06/2017 o cronograma previsto, vide a Figura 8, para as inspeções nos tanques de armazenamento TQ-01-HFO e TQ-02-LFO.

Figura 8 – Cronograma previsto para as inspeções nos tanques

		Nome	Início	Fim
1		<input type="checkbox"/> PROJETO INSP. GERAL	01/06/17 08:00	26/06/17 17:00
2		<input type="checkbox"/> PRI-17XXX	01/06/17 08:00	26/06/17 17:00
3		INICIO	01/06/17 08:00	01/06/17 08:00
4		<input type="checkbox"/> MOBILIZAÇÃO	11/06/17 08:00	11/06/17 17:00
5		MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE	11/06/17 08:00	11/06/17 17:00
6		<input type="checkbox"/> EXECUÇÃO	12/06/17 08:00	26/06/17 17:00
7		INSPEÇÃO E.A (TQ HFO Ø =17,8m)	12/06/17 08:00	12/06/17 17:00
8		INSPEÇÃO E.A (TQ LFO Ø =6,8m)	13/06/17 08:00	13/06/17 17:00
9		INSPEÇÃO ACFM (TQ HFO Ø =17,8m)	14/06/17 08:00	14/06/17 17:00
10		INSPEÇÃO ACFM (TQ LFO Ø =6,8m)	15/06/17 08:00	15/06/17 17:00
11		INSPEÇÃO MFL (TQ HFO Ø =17,8m)	15/06/17 08:00	17/06/17 17:00
12		INSPEÇÃO MFL (TQ LFO Ø =6,8m)	17/06/17 08:00	18/06/17 17:00
13		EMITIR RELATÓRIO	20/06/17 08:00	26/06/17 17:00
14		APROVAÇÃO DO RELATÓRIO	26/06/17 08:00	26/06/17 17:00
15		<input type="checkbox"/> DESMOBILIZAÇÃO	19/06/17 08:00	19/06/17 17:00
16		DESMOBILIZAÇÃO DA EQUIPE	19/06/17 08:00	19/06/17 17:00
17		FIM	26/06/17 17:00	26/06/17 17:00

Fonte: Adaptada da Empresa W (2017c)

Conforme ilustrado na Figura 8, foram previstos dois dias de trabalho, dias 12 e 13/06/2017, para as inspeções por EA no fundo dos tanques. Nota-se que no cronograma previsto consta que o TQ-01-HFO têm 17,8m de diâmetro, sendo que a medida correta é 12,6m de diâmetro, conforme consta na Tabela 3.

Após receber o cronograma previsto para as inspeções o responsável da Empresa Cliente fez o seguinte questionamento: “Para a EA quanto tempo o tanque de HFO e o LFO tem que estar parado (sem operação) antes do início da inspeção? ”. O Coordenador do setor de Planejamento respondeu no dia 08/06/2017 que o Colaborador 1, que é o Engenheiro responsável pelo planejamento e a execução das inspeções por EA, responderia sobre os detalhes técnicos da inspeção. O Engenheiro, no dia 09/06/2017, enviou a seguinte resposta: “Dado as características de fluidos e dimensões dos tanques, exige-se um repouso mínimo de 12 horas para cada um dos tanques”. Esta resposta tem como base as informações da Tabela 4.

Tabela 4 – Tempo de repouso de tanques para inspeção por EA

Produto	Diâmetro (metros)	Tempo de Repouso (horas)
Petróleo, óleos pesados	> 20	24 (mínimo)
Petróleo, óleos pesados	< 20	12 (mínimo)
Derivados leves, produtos químicos	> 20	12 (mínimo)
Derivados leves, produtos químicos	< 20	06 (mínimo)

Fonte: Adaptada do PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

O tempo de repouso, solicitado pelo Colaborador 1, significa que não deve ocorrer nenhum fluxo de fluído para dentro ou para fora dos tanques, conforme descrito no Procedimento de Inspeção PR-SGI-033 - ENSAIO POR EMISSÃO ACÚSTICA EM FUNDO DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO aprovado pelo inspetor Nível 3 de EA, colaborador da Empresa W.

Dando continuidade as atividades do planejamento, que antecedem a mobilização da equipe de trabalho, no dia 09/06/2017 o Colaborador 1 ficou responsável por separar (em quantidade), organizar e testar todos os materiais, ferramentas e equipamentos necessários para as inspeções nos tanques, de acordo com o escopo dos serviços. Todos os itens foram registrados em um documento denominado CHECKLIST DE MATERIAL PARA VIAGEM. A versão adaptada deste documento pode ser visualizada no ANEXO A.

Finalizando a etapa de planejamento interno, e conforme o cronograma previsto, a mobilização dos Colaboradores 1 e 2 aconteceu no dia 11/06/2017. O Deslocamento aconteceu via transporte aéreo (aeroportos VIX x REC).

Na próxima seção são descritos os principais acontecimentos que ocorreram durante a execução das inspeções.

4.4 EXECUÇÃO DAS INSPEÇÕES POR (EA) EM FUNDO DE TANQUE

As inspeções, ou ensaios, por EA no fundo dos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO foram realizadas nos dias 12 e 13/06/2017, respectivamente. As informações apresentadas nesta seção foram extraídas dos relatórios diários de obra (RDO), dos

relatórios técnicos de inspeção RT-17XXX-001 (referente ao TQ-01-HFO) e RT-17XXX-002 (referente ao TQ-02 - LFO), das mensagens de texto trocadas via aplicativo de celular - no grupo interno da Empresa W durante as inspeções - e demais itens mencionados.

A metodologia dos ensaios foi estabelecida conforme o procedimento PR-SGI-033, onde são mencionadas como documentos complementares as normas da ABNT listadas no Quadro 5, e as seguintes normas mencionadas nos relatórios técnicos de inspeção:

- ASTM E1930-02. Standard Test Method for Examination of Liquid-Filled Atmospheric and Low-Pressure Metal Storage Tanks Using Acoustic Emission (ASTM), 2002.
- ASTM E1316 Standard Terminology for Nondestructive Examinations.
- ASTM E650-97. Standard Guide for Mounting Piezoelectric Acoustic Emission Sensors. (ASTM), 1997.
- ASTM E976-99. Standard Guide for Determining the Reproducibility of Acoustic Emission Sensor Response. (ASTM), 1999.
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section V. Nondestructive Examination, Article 12. Acoustic Emission Examination of Metallic Vessels During Pressure Testing. (ASME).
- API Std. 620. Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks. (API), 1996.
- API Std. 650. Welded Steel Tanks for Oil Storage. (API), 2013.

A especificação da instrumentação utilizada nos ensaios, referente aos itens 1.1 (equipamento do Sistema de EA) e 1.2 (Sensores) do ANEXO A, está descrita na Figura 9. O Certificado de Calibração do equipamento de EA pode ser visualizado no ANEXO B.

Figura 9 – Informações da instrumentação utilizada nos ensaios de EA

	Fabricante	Modelo	Características	
Sistema EA	ELTEST FORTECHLAB RANIS	2012 16C 12C	Número de canais	2-256
			Faixa de frequência, kHz	20-500
			Taxa de amostragem, MHz	3
			Resolução do Conversor Analógico-Digital (ADC), bit	16
			Faixa do limite de referência (Threshold)	4-100 dB, resolução de 1 bit do ADC
			Faixa Dinâmica, dB	78
			Filtros lineares dinâmicos (HPF e LPF),	20,50, 100,150, 200,250,300, 350,400,450, 500
			Resolução de tempo, μ s	0.33
			Faixa de ajuste do tempo morto, μ s, (dead time)	1-5,592,405
			Faixa de ajuste do tempo limite, μ s, (time out)	2-21,845
			Faixa de ajuste "prehistory", μ s	0.33-85
			Taxa de transf. de dados, hits/channel/sec.	50,000
			Gravação da forma de onda taxa de transf., Mbytes/sec	14
Sensores	ELTEST	LD03	Frequência de Ressonância	30 kHz
Amplificadores	ELTEST		Banda de frequência	<30 kHz>(25-40kHz)
			Ganho	40/60 dB

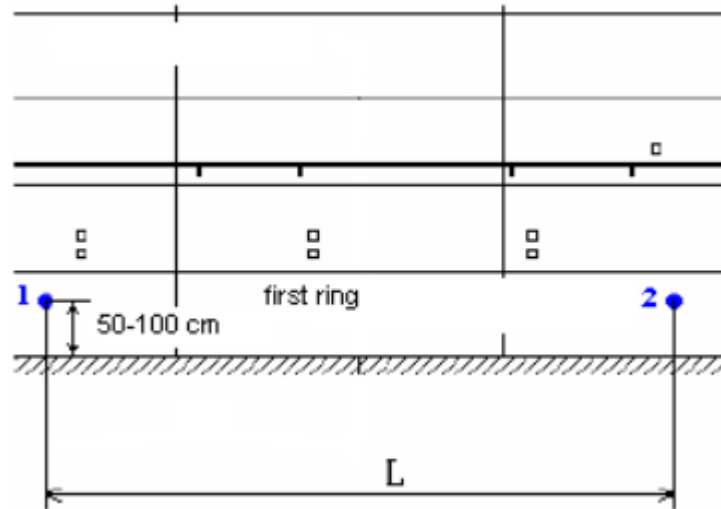
Fonte: PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

As etapas de instalação dos sensores e calibração do Sistema de EA, especificados na Figura 9, são etapas prévias e essenciais para os resultados dos monitoramentos das inspeções por EA. A forma como foram realizadas estas etapas é descrita a seguir.

4.4.1 Instalação dos sensores e calibração do sistema de EA

Os sensores piezoelétricos de base magnética foram fixados, em cada um dos tanques, com uso de um acoplante. Esta fixação aconteceu no sentido horário no perímetro do tanque a 50 cm acima da base e com distância L uniforme entre os sensores (vide Figura 10), utilizando como referência para instalação do sensor 1 a tubulação de entrada de vapor e janela de inspeção 1.

Figura 10 – Referência para instalação dos sensores nos tanques



Fonte: PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

Para a calibração e a realização dos ensaios de EA foram instalados oito sensores no TQ-01-HFO, conforme ilustrado na Figura 11 e quatro sensores no TQ-02-LFO, conforme ilustrado na Figura 12. A quantidade de sensores, instalados ao longo da circunferência do costado de cada um dos tanques, foi definida conforme as informações contidas no procedimento PR-SGI-033, na Tabela para definição do número de sensores em função do tamanho do tanque (ilustrada no ANEXO C).

A distância L entre os sensores instalados foi de 4,94m no TQ-01-HFO e 5,34m no TQ-02-LFO. Valores obtidos conforme a equação 1, mostrada a seguir, onde D é o diâmetro nominal do tanque e $Q_s (> 1)$ é a quantidade de sensores que deverão ser instalados.

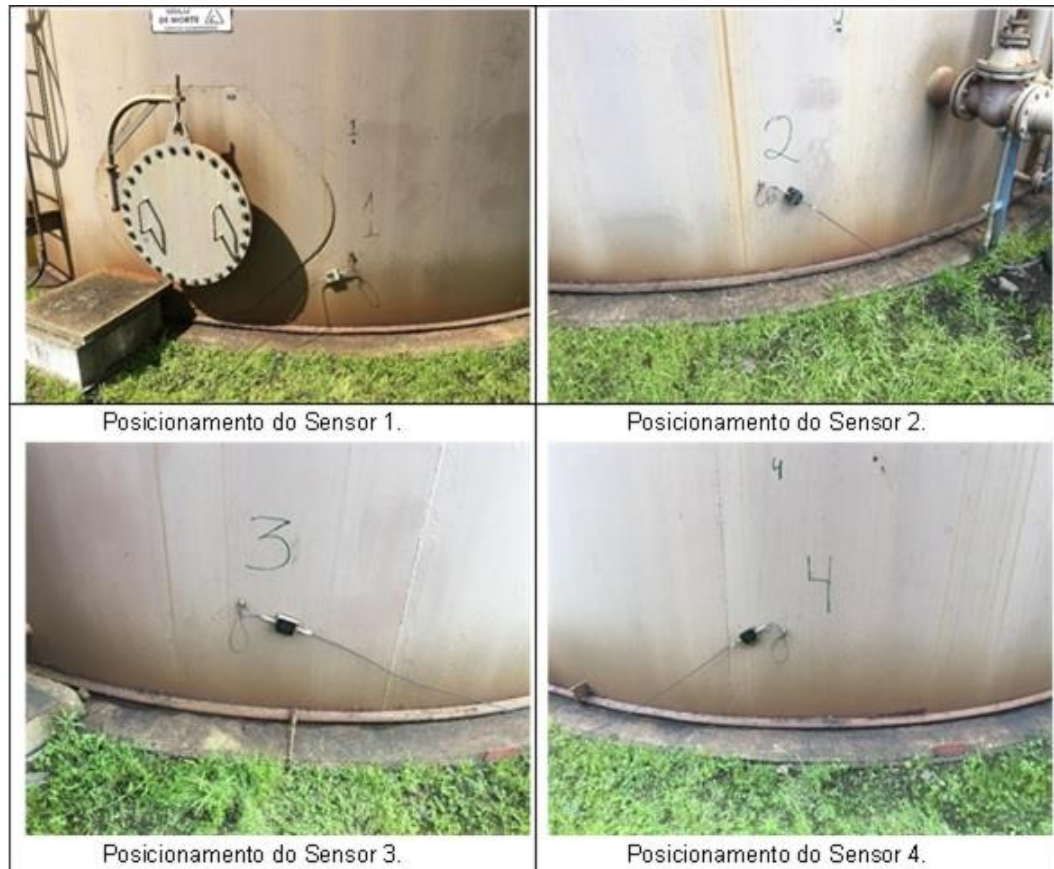
$$L = \pi D / Q_s \quad (1)$$

Figura 11 – Posicionamento dos sensores instalados no TQ-01-HFO



Fonte: RT-17XXX-001, Empresa W (2017a)

Figura 12 – Posicionamento dos sensores instalados no TQ-02-LFO



Fonte: RT-17XXX-002, Empresa W (2017b)

Conforme consta nos relatórios de inspeção, posteriormente a instalação dos sensores nos tanques, foram efetuadas calibrações do sistema a partir de um sinal acústico artificial de um simulador de EA (sensor piezoelétrico artificial conectado com a saída de um gerador de emissão acústica integrado em cada pré-amplificador). Antes do início dos ensaios foram identificadas fontes de ruídos acústicos anormais, tal como desmoronamento de areia, vibrações, etc. Estas fontes foram monitoradas e filtradas, a fim de não interferirem nos resultados dos ensaios.

4.4.2 Monitoramento por EA e outras atividades descritas no RDO

Com os sensores devidamente instalados, a calibração do sistema de EA e demais ajustes de trabalho realizados, deu-se o início das inspeções em cada tanque. Em ambos os tanques o fluido de teste foi o próprio produto armazenado e a sequência de ensaio aconteceu com nível constante acima de 70%. O tempo de

descanso/repouso antes do início do ensaio de EA foi de 17 horas no TQ-01-HFO e de 27 horas no TQ-02-LFO.

As principais atividades realizadas pelos Colaboradores 1 e 2 durante os ensaios por EA nos tanques foram registradas em relatórios diários de obra (RDO), conforme um modelo é apresentado no ANEXO D. As atividades relatadas nos RDO dos dias 12 e 13/06/2017 são descritas na Tabela 5 e na Tabela 6, respectivamente.

Tabela 5 – Atividades descritas no RDO referentes ao TQ-01-HFO

Descrição das Atividades do dia	Colaborador	% de Avanço	Início	Fim
Mobilização + liberação de documentos	1 e 2	-	08h00	08h30
Retirada de equipamentos na Transportadora Aérea	1 e 2	-	08h30	11h30
Entrada com equipamentos	1 e 2	-	11h30	12h00
Almoço	1 e 2	-	12h00	13h00
Inspeção por EA no TQ-01-HFO	1 e 2	100	13h00	18h30
Desmontagem do Sistema de EA	1 e 2	100	18h30	19h00
Desmobilização	1 e 2	-	19h00	19h30

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Conforme consta na Tabela 5, as atividades de Inspeção por EA no TQ-01-HFO foram iniciadas somente a partir das 13h00, principalmente devido a necessidade de retirada dos equipamentos que foram despachados via transporte aéreo da sede da Empresa W. Este atraso no início dos trabalhos gerou duas horas extras para cada um dos Colaboradores, pois de acordo com o Cronograma previsto (Figura 5) os trabalhos deveriam ter sido finalizados até as 17h00, horário comercial de trabalho. No total foram necessárias seis horas (13h00 as 19h00) para instalação dos sensores, Inspeção por EA e desinstalação dos sensores.

Nota-se na Tabela 5 que a atividade de instalação dos sensores não foi devidamente descrita no RDO. Esta pode ser considerada uma falha no preenchimento do documento. Consta no relatório técnico de inspeção RT-17XXX-001 que o monitoramento por EA teve duração total de três horas, assim é possível estimar que entre 13h00 e 18h30 a instalação dos sensores teve duração de até 2h30.

Tabela 6 – Atividades descritas no RDO referentes ao TQ-02-LFO

Descrição das Atividades do dia	Colaborador	% de Avanço	Início	Fim
Mobilização	1 e 2	-	08h04	08h10
Liberação / Revalidação de Permissão de Trabalho	1 e 2	-	08h10	08h30
Montagem / Inspeção por EA no TQ-02-LFO	1 e 2	67	08h30	12h15
Almoço	1 e 2	-	12h15	13h15
Aguardando chuva passar	1 e 2	-	13h15	15h00
Inspeção por EA no TQ-02-LFO	1 e 2	85	15h00	15h35
Aguardando chuva passar	1 e 2	-	15h35	16h15
Inspeção por EA no TQ-02-LFO	1 e 2	95	16h15	17h05
Desmobilização	1 e 2	-	17h05	17h27

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

No dia 13/06/2017 as inspeções por EA no TQ-02-LFO foram prejudicadas devido à forte chuva no local, sendo registrados no RDO dois momentos de paralisação das atividades totalizando 2h25. Dessa vez, tanto a atividade de instalação quanto a atividade de desinstalação dos sensores não foram descritas no RDO. De acordo com o relatório técnico de inspeção RT-17XXX-002 o monitoramento por EA no TQ-02-LFO também teve duração total, porém não consecutiva, de três horas. Descontado este tempo de monitoramento, pode-se estimar que a instalação e a desinstalação dos sensores tiveram duração de até 2h10.

Nota-se na Tabela 6 que a atividade Inspeção de EA foi finalizada as 17h05 com percentual de avanço 95%. Isso aconteceu porque o Colaborador 1 tinha a intenção de continuar o monitoramento no dia seguinte, porém o Inspetor Nível 3 de EA o informou que se já tivesse um somatório de duas horas de monitoramento seria o suficiente para fazer a análise dos dados obtidos. Dessa forma, a inspeção por EA no TQ-02-LFO foi considerada como encerrada (avanço 100%) no dia 13/06/2017. Vale destacar que a comunicação entre o Colaborador 1 e o Inspetor Nível 3 de EA aconteceu através de mensagens de texto via aplicativo de mensagens de celular, dentro do grupo interno de colaboradores da Empresa W.

5 ANÁLISE DOS DADOS

No início deste capítulo é apresentado um resumo das análises dos dados coletados em campo durante as inspeções por EA, com o objetivo de atender ao escopo dos serviços contratados. Em seguida, os dados obtidos através dos relatórios diários de obra são analisados quanto ao cumprimento dos prazos acordados com o cliente e dos custos de mão de obra previstos para execução das inspeções por EA.

5.1 ATENDIMENTO AO ESCOPO DOS SERVIÇOS

Em atendimento ao escopo dos serviços contratados, o método utilizado pela Empresa W, para as inspeções por EA no fundo dos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO, teve como objetivo avaliar a atividade do processo de corrosão e a probabilidade de vazamento. A possível identificação de um fenômeno químico, como a corrosão, e/ou fenômeno físico, como “turbilhonamento” indicativo de furo, são eventos localizados durante a inspeção por EA. Entende-se por eventos as anormalidades identificadas no material ensaiado (chapa do fundo do tanque) que produzem aumento de EA.

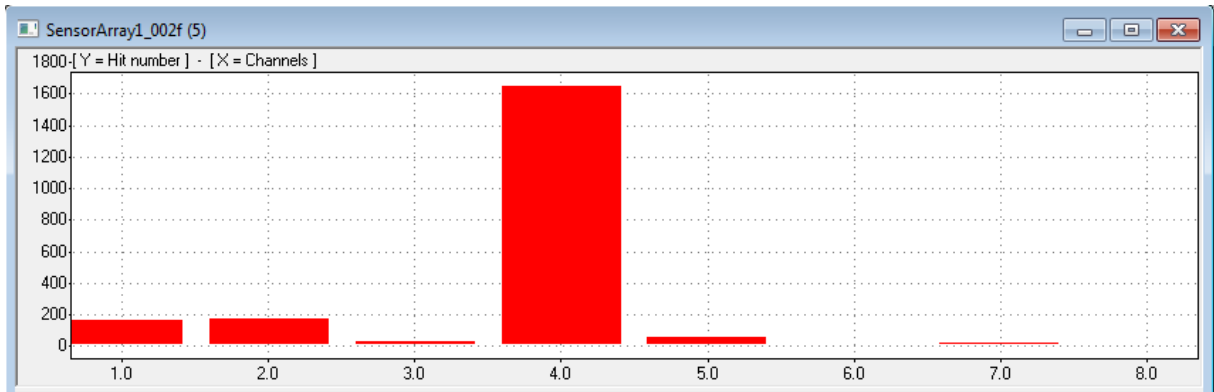
Durante as inspeções, todos os parâmetros de EA foram mensurados em conformidade com a norma ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V Nondestructive Examination, Article 12 - Acoustic Emission Examination of Metallic Vessels During Pressure Testing. Os parâmetros analisados neste trabalho são:

- **Atividade de emissão acústica por canal durante o teste de EA.** Neste parâmetro são identificados o número de *hits* registrados em cada sensor. O termo *hit* significa “detecção e medição de um sinal de EA em um canal” (ABNT NBR NM 302, 2012b, p. 5).
- **Posição dos eventos durante o monitoramento.** Neste parâmetro são identificadas, no fundo do tanque, as regiões de eventos muito próximos, chamadas de *cluster*.

Na sequência, segue um breve resumo de como os parâmetros mencionados foram analisados e descritos, pelo Inspetor N3 e o Engenheiro que realizou as inspeções, nos relatórios técnicos de inspeção.

No tanque TQ-01-HFO o maior nível de *hits* acumulados foi registrado pelo sensor 4, total de 1654, conforme a Figura 13.

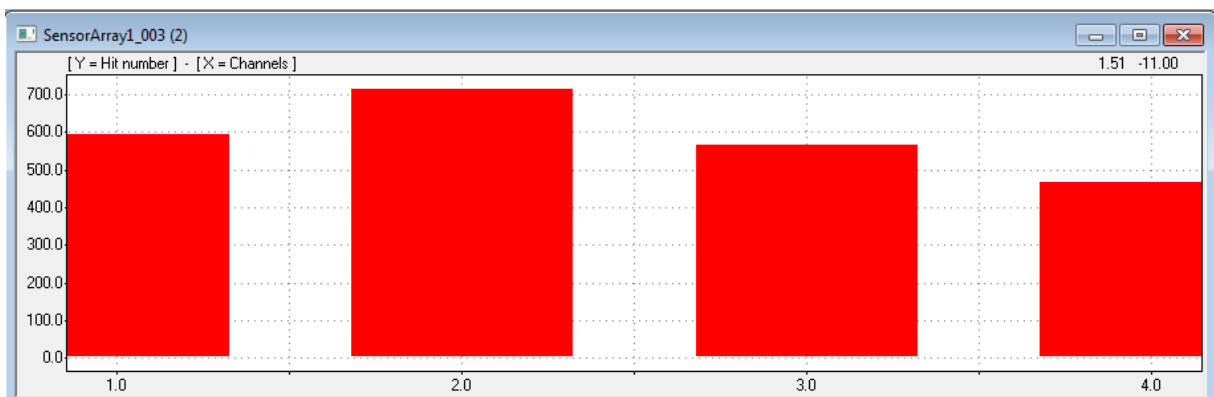
Figura 13 – Atividade de EA por canal durante teste no TQ-01-HFO



Fonte: RT-17XXX-001, Empresa W (2017a)

Já no tanque TQ-02-LFO o maior nível de *hits* acumulados foi registrado pelo sensor 2, total de 718, conforme a Figura 14.

Figura 14 – Atividade de EA por canal durante teste no TQ-02-LFO



Fonte: RT-17XXX-002, Empresa W (2017b)

A atividade do processo corrosivo em função do número de *hits* para o tempo reduzido de uma hora de monitoramento para cada canal foi classificada conforme a Tabela 7.

De acordo com a Tabela 7 os dois tanques foram classificados como Categoria I, ou seja, categoria de probabilidade de atividade de CORROSÃO MUITO BAIXA e sem recomendações (isto porque a quantidade de sinais ou *hits* por canal de EA ficou entre 500 e 2000).

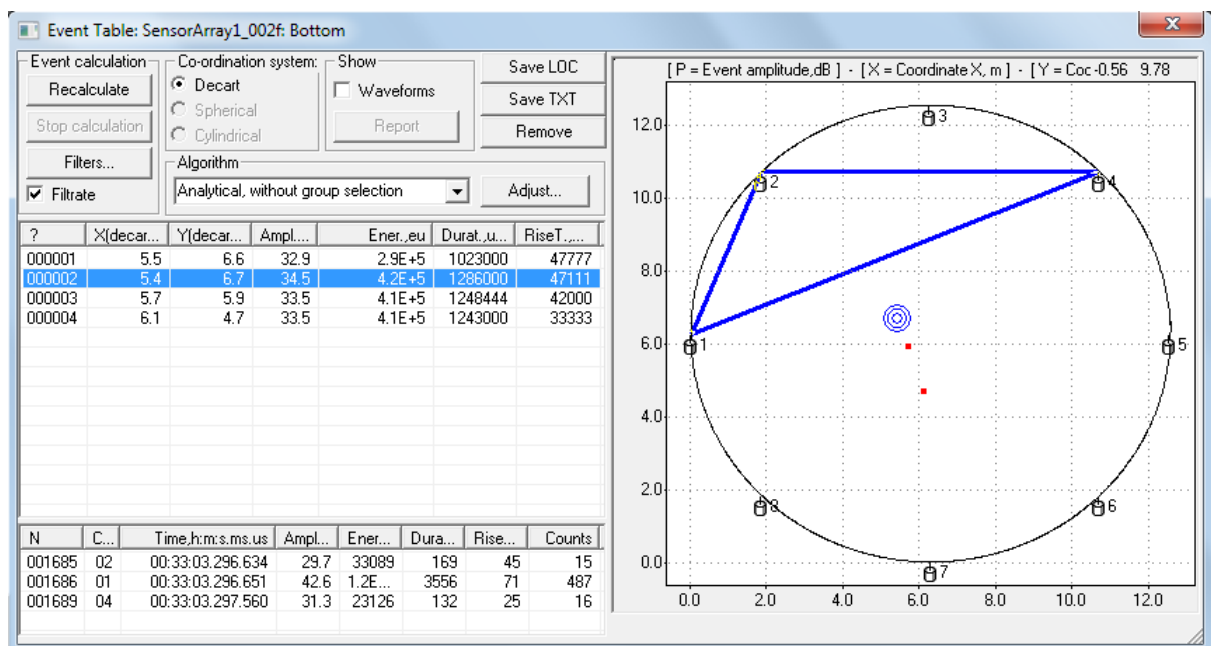
Tabela 7 – Classificação da atividade de corrosão

Número de sinais por canal de EA	Categoria da avaliação da atividade de corrosão	Características da categoria	Recomendações
< 500	–	–	–
500 – 2000	I	Muito baixa	–
2000 – 5000	II	Baixa	Repetir ensaio de EA em prazo inferior a um ano
5000 – 8000	III	Média	Repetir ensaio em prazo curto
8000 –10000	IV	Alta	Executar inspeção do fundo em prazo inferior a um ano
> 10000	V	Muito Alta	Executar inspeção em prazo curto

Fonte: Adaptado de PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

Em relação a probabilidade de vazamento, no TQ-01-HFO foram registrados quatro eventos no fundo do tanque e somente dois eventos no *cluster*, conforme a Figura 15. Enquanto que no TQ-02-LFO foram registrados 36 eventos no fundo do tanque e somente dois eventos no *cluster*, ilustrado na Figura 16.

Figura 15 – Posição dos eventos durante o monitoramento no TQ-01-HFO



Fonte: RT-17XXX-001, Empresa W (2017a)


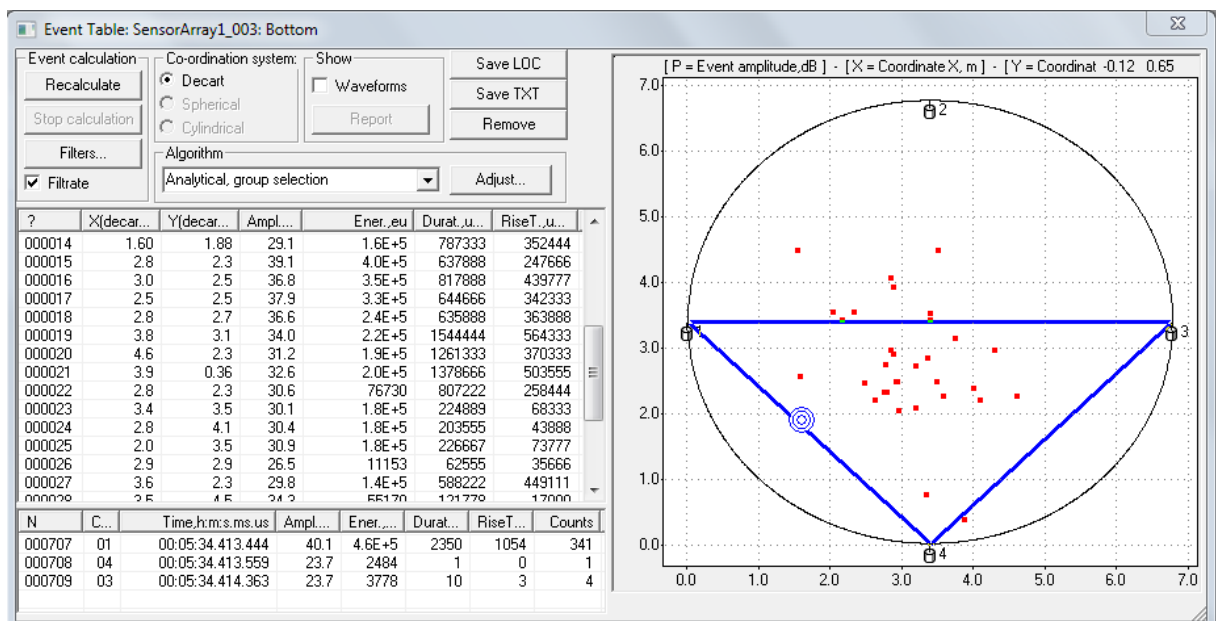
Nota-se na Figura 15 que a região indicada com a “marcação  ” é o *cluster*. Nessa região foram identificados dois eventos: um com coordenadas $X = 5,4\text{m}$ e $Y = 6,7\text{m}$, e outro com coordenadas $X = 5,5\text{m}$ e $Y = 6,6\text{m}$. A mesma interpretação pode ser utilizada na Figura 16, porém como no TQ-02-LFO foram registrados um maior número de eventos fez-se necessário a ampliação da região com grande aglomeração desses eventos para melhor quantificar o número de eventos em cada *cluster*, conforme a Figura 17.

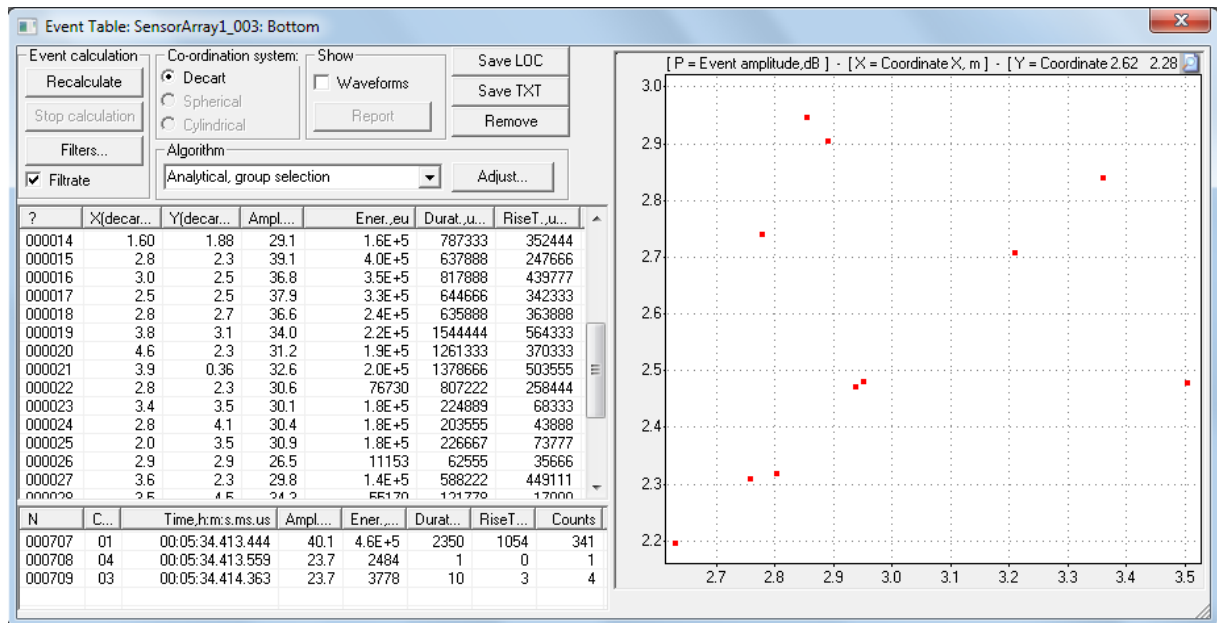
Figura 16 – Posição dos eventos durante o monitoramento no TQ-02-LFO



Fonte: RT-17XXX-002, Empresa W (2017b)

As regiões com *cluster* indicados na Figura 17 possuem dois eventos muito próximos aproximadamente às coordenadas $X = 2,8\text{m}$ e $Y = 2,3\text{m}$ e outros dois, mais próximos ainda, aproximadamente às coordenadas $X = 3,0\text{m}$ e $Y = 2,5\text{m}$.

Figura 17 – Região ampliada dos eventos em cluster no TQ-02-LFO



Fonte: RT-17XXX-002, Empresa W (2017b)

A Classificação da probabilidade de presença de vazamento, para o período reduzido de uma hora de monitoramento, considerando a concentração de eventos em aglomerações (*clusters*) em áreas de tamanho inferior a 1% da área do fundo do tanque foi realizada conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação do sinal para probabilidade de vazamento

Número de eventos em cada " <i>cluster</i> "	Categoria	Probabilidade de vazamento
< 3	–	–
3 – 9	I	Muito baixa
10 – 29	II	Baixa
30 – 59	III	Média
60 – 89	IV	Alta
> 90	V	Muito Alta

Fonte: Adaptado de PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

De acordo com a Tabela 8 os dois tanques obtiveram classificação abaixo da Categoria I e, portanto, pode ser considerada para ambos os tanques a categoria de probabilidade de VAZAMENTO MUITO BAIXA.

O critério de análise e prazos para as próximas inspeções, no fundo de cada tanque, pode ser obtido na Matriz da Figura 18. Estas informações são determinadas com o cruzamento da classificação da atividade de corrosão *versus* a probabilidade de vazamentos.

Figura 18 – Matriz para determinação da inspeção interna

Probabilidade de vazamento	I	II	III	IV	V
Categoria quanto à corrosão	PRAZOS RECOMENDADOS PARA INSPEÇÃO INTERNA (ANOS)				
I	6	6*	4*	2*	1*
II	6*	4*	4*	2*	1*
III	4*	4*	2*	2*	1*
IV	2*	2*	2*	1*	0
V	1*	1*	1*	0	0
(*) Realizar monitoramento por emissão acústica em metade do período estabelecido para a inspeção interna do tanque.					

Fonte: PR-SGI-033, Empresa W (2017d)

Como informação de recomendação descrita nos relatórios técnicos de inspeção é recomendado, para os tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO, a realização de nova inspeção interna no prazo máximo de 6 anos, conforme a Figura 18.

Vale ressaltar que as informações resumidas e descritas nesta seção foram extraídas de relatórios mais completos, com maiores detalhamentos técnicos e anexos para a interpretação e documentação por parte da Empresa Cliente. Conforme já mencionado, a análise dos dados coletados em campo pelo Engenheiro que realizou as inspeções foi realizada por um profissional N3 de EA e os relatórios técnicos foram fundamentados nas normas aplicáveis e vigentes, inclusive as apresentadas no início da seção 4.4.

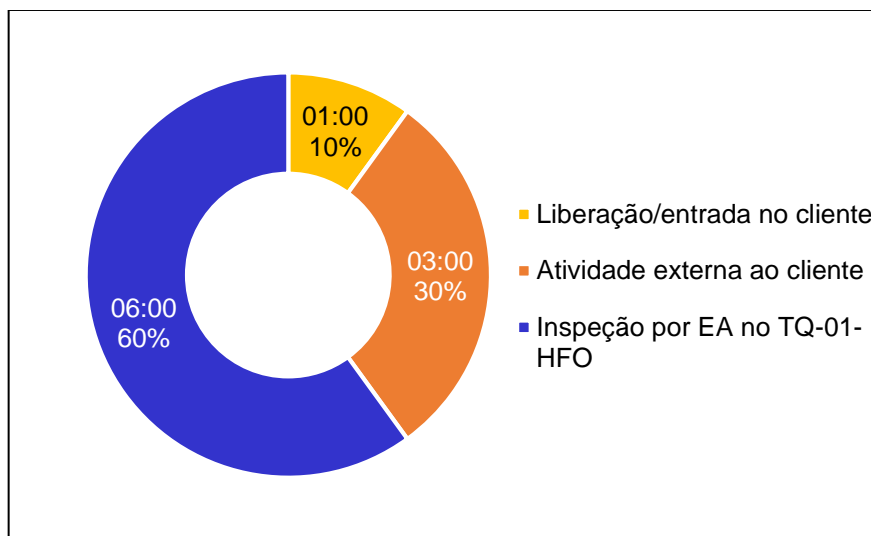
5.2 AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DO PRAZOS E DOS CUSTOS

A Empresa Cliente liberou os tanques de armazenamento para as inspeções por EA nas datas previstas no cronograma inicial. Conforme mencionado na seção 4.4.2 o

tempo de repouso mínimo de 12 horas para cada um dos tanques, solicitado pelo Engenheiro da Empresa W, também foi respeitado. Diante disso, os principais eventos que aconteceram no período planejado para as inspeções por EA nos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO foram registrados nos RDO. Esses eventos, e seus respectivos tempos e percentuais, podem ser observados nos Gráficos 2 e 3. Nesses dois gráficos são considerados o período de entrada dos colaboradores na Empresa Cliente até o término das atividades do dia, desconsiderando o tempo para desmobilização.

O Gráfico 2 mostra que se não tivesse ocorrido a necessidade de retirar os equipamentos na transportadora (atividade externa ao cliente), durante três horas no período da manhã do dia 12/06/2017, o período planejado de até oito horas teria sido suficiente para terminar as inspeções por EA até as 17h00 e, portanto, sem a necessidade de duas horas extras (a desmontagem do sistema de EA foi finalizada as 19h00).

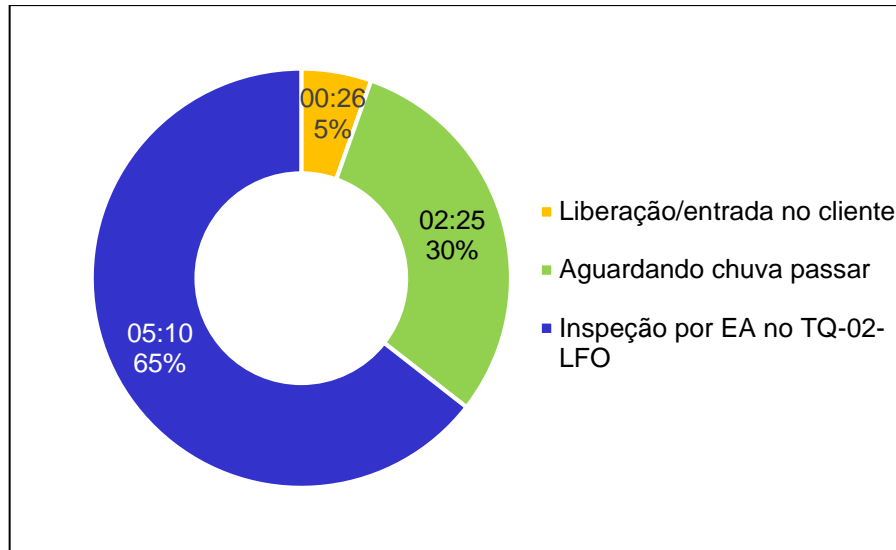
Gráfico 2 - Tempos e percentuais das atividades do RDO do 1º dia



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No dia 13/06/2017 o evento de maior relevância, conforme mostra o Gráfico 3, foi a incidência de chuva na região. Mesmo com as atividades interrompidas por duas vezes, totalizando 2h25 de interrupção, a inspeção por EA foi concluída até as 17h05, portanto sem a incidência de hora extra.

Gráfico 3 - Tempos e percentuais das atividades do RDO do 2º dia



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Os tempos de paralisação por conta da chuva justificam-se, pois em uma planta industrial as atividades de campo são normalmente interrompidas, por questões de segurança, devido a incidência de chuva forte. Outro motivo relevante para a paralisação é o de que a chuva também é uma fonte de ruído que gera interferência no ensaio de EA. No procedimento PR-SGI-033 da Empresa W consta que em casos extremos o ensaio de EA pode ser adiado até que se tenha a possibilidade de eliminar as fontes causadoras destes ruídos, que podem ser, por exemplo, impacto de partículas transportadas pelo vento, chuva, vazamentos de ar comprimido ou vapor, etc.

Finalizadas as inspeções por EA iniciou-se (a partir da chegada do Colaborador 1 a sede da Empresa W, dia 19/06/2017) o período de confecção dos relatórios técnicos de inspeção, os RT-17XXX-001 e RT-17XXX-002 já mencionados. Esses relatórios técnicos foram enviados para a Empresa Cliente no prazo máximo estabelecido no cronograma previsto, dia 26/06/2017. Portanto, os prazos para a execução das inspeções por EA e o envio dos relatórios técnicos foram cumpridos nas datas programadas.

Quanto aos custos de mão de obra, referente aos Colaboradores 1 e 2, durante os dois dias de inspeções por EA nos tanques TQ-01-HFO e TQ-02-LFO, foram

considerados na época os valores “fictícios” por hora de trabalho apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores das horas normal e extra praticadas em dias úteis

Colaborador	Hora normal (8 as 17h00)	Hora extra (17h01 as 19h00)
1	1,00	1,60
2	0,16	0,26

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Os custos previstos de mão de obra para as inspeções por EA nos tanques foram baseados no horário comercial, considerando trabalho realizado em oito horas normais por dia útil, das 8 às 17h00 (descontado o período de uma hora reservado para o almoço na Empresa Cliente). Para manter o sigilo dos valores de salários da Empresa W, a Tabela 9 mostra os valores “fictícios” das horas normais e extras referentes aos Colaboradores 1 e 2, sendo que foi mantida a proporcionalidade da diferença entre ganhos reais desses profissionais.

Com base na Tabela 9 e nos resumos dos RDO dos dias 12 e 13/06/2017, Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente, seguem os cálculos simples dos custos de mão de obra de cada um dos dias de trabalho:

- Dia 12/06/2017
 - Colaborador 1: oito horas normais (8 x 1) + duas horas extras (2x1,60) = 11,20;
 - Colaborador 2: oito horas normais (8 x 0,16) + duas horas extras (2 x 0,26) = 1,80.

Total Colaboradores 1 e 2 = 13,00.

- Dia 13/06/2017
 - Colaborador 1: oito horas normais (8 x 1) = 8,00;
 - Colaborador 2: oito horas normais (8 x 0,16) = 1,28.

Total Colaboradores 1 e 2 = 9,28.

Os custos totais de mão de obra, tanto o acumulado planejado quanto o acumulado executado (realizado) são ilustrados na Figura 19.

Figura 19 – Verificação dos custos de mão de obra planejado x executado

GRUPO DE SERVIÇOS	PLANEJADO	%	INÍCIO	TÉRMINO	DURAÇÃO		Dia 1	Dia 2
Inspeção EA (TQ-01-HFO)	9,28	50,0%	12/06/17	12/06/17	1	PLANEJ.	9,28	
						EXECUT.	13,00	
Inspeção EA (TQ-02-LFO)	9,28	50,0%	13/06/17	13/06/17	1	PLANEJ.		9,28
						EXECUT.		9,28
TOTAIS	18,56	100%						
PLANEJADO							9,28	9,28
Acumulado PLANEJADO							9,28	18,56
EXECUTADO							13,00	9,28
Acumulado EXECUTADO							13,00	22,28
VERIFICAÇÃO DE CUSTO:							CUSTO ACIMA DO PLANEJADO EM 20,04%	

Fonte: Adaptada de Guimarães (2017)

Conforme consta na planilha apresentada na Figura 19 o custo de mão de obra acumulado executado (22,28) ficou aproximadamente 20% acima do custo de mão de obra acumulado planejado (18,56). Este percentual acima do planejado justifica-se devido a necessidade de utilizar duas horas extras, por colaborador, para finalizar a inspeção por EA no TQ-01-HFO no dia 12/06/2017.

De acordo com o apurado na Empresa W, o acréscimo do custo de mão de obra devido a utilização de horas extras, conforme ocorreu no dia 12/06/2017, é aceitável já que a não utilização dessas horas extras provavelmente causaria atraso no cronograma previsto para execução total (inspeção geral) das inspeções nos tanques de armazenamento. Outra questão, que deve ser considerada, é que o atraso de ao menos um dia no cronograma previsto poderia gerar custos adicionais relacionados, por exemplo, a despesas com diária de hotel, alimentação e transporte para a equipe de trabalho.

6 CONCLUSÕES

As inspeções por EA determinaram a condição global das chapas do fundo de dois tanques de armazenamento, segundo uma classificação (categorias I, II, III, IV ou V), com a finalidade de indicar a necessidade da execução de inspeções internas. Para tanto, a empresa de engenharia utilizou procedimento próprio (PR-SGI-033 - Ensaio por Emissão Acústica em fundo de Tanques de Armazenamento) e as principais normas brasileiras (NBR) e internacionais (das entidades ASME, ASTM e API) como embasamento para a metodologia adotada no planejamento e na execução das inspeções por EA.

Por meio da classificação em categorias mencionada, concluiu-se nos relatórios técnicos de inspeção que os dois tanques apresentavam atividade de corrosão muito baixa (categoria I), probabilidade de vazamento também muito baixa (categoria I) e, com o cruzamento destas informações (atividade de corrosão *versus* a probabilidade de vazamento), foi recomendada a realização de nova inspeção interna no prazo máximo de 6 anos, para cada tanque. Portanto, foi constatado que a empresa cliente obteve o atendimento total ao escopo dos serviços contratados.

Em relação ao cronograma das inspeções, os dois tanques foram liberados para a operação conforme as datas estabelecidas no cronograma previsto, porém, mesmo com o cumprimento das datas, houve a necessidade de exceder em duas horas o tempo/horário limite previsto para o término da inspeção por EA em um dos tanques no primeiro dia. Esse tempo excedido foi ocasionado devido à tarefa (externa ao cliente) de retirar equipamentos em uma transportadora (durante três horas) e, portanto, como esta tarefa não foi considerada no cronograma previsto, conclui-se que houve um erro no planejamento do cronograma.

No que se referiu ao cumprimento dos custos, tão somente relacionados a mão de obra, constatou-se que estes ficaram, no total, cerca de 20% acima do planejado para os dois dias programados para as inspeções por EA nos tanques de armazenamento. Esse acréscimo, deve-se ao tempo excedido em relação ao cronograma previsto e que resultou na utilização de horas extras da equipe de trabalho para a finalização da inspeção por EA no primeiro tanque, no primeiro dia de inspeção.

Diante das devidas constatações e explicações apresentadas, consideram-se atingidos os objetivos deste trabalho e, como resposta à pergunta de pesquisa, conclui-se que os requisitos de qualidade e segurança da prestação do serviço de inspeções por EA foram atendidos. Para o cumprimento desses requisitos merecem destaque dois eventos: o cumprimento do tempo de repouso (sem operação) para cada tanque de armazenamento antes das inspeções e a paralisação das atividades em períodos de chuva no segundo dia das inspeções por EA.

Por fim, sugere-se, para trabalhos futuros, a utilização de um software (Microsoft® Project®, ou similar) para monitorar e analisar de forma mais aprofundada as etapas de planejamento, execução e conclusão de uma prestação de serviço de inspeção geral em tanques de armazenamento por completo, ou seja, verificar o cumprimento do escopo de todas as inspeções por END, do cronograma geral e dos custos e despesas totais envolvidos nas etapas mencionadas. Sugere-se ainda, a criação de um documento eletrônico de texto, ou planilha, para registro das lições aprendidas após o término das prestações de serviço de inspeção geral em tanques de armazenamento. Nesse documento, os problemas enfrentados e as principais recomendações de melhorias para as prestações de serviços futuros seriam registrados e atualizados quando necessário.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alvaro. **Qualidade e Produtividade: A Normalização e sua aplicação na avaliação de conformidade**. Recife, 29 set. 2008. 29 slides, color. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/51263/>>. Acesso em: 8 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO). **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>>. Acesso em: 12 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO (ABENDI). **ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO**. 2016. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=709&c=17&s=&friendly=>>>. Acesso em: 17 out. 2016.

_____. **Guia de END e Inspeção 2014**. ABENDI, 2014. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/guia_de_end_abendi_baixa.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

_____. **Guia de END e Inspeção 2015**. ABENDI, 2015a. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/upload/file/RevsitasAbendi/guia_end_2015.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2016.

_____. **GUIA ESTUDANTIL DE END**. ABENDI, 2015b. Disponível em: <<http://abendici.org.br/download/cartilhadigital.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

_____. **NA-001 QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAS EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**. ABENDI, 2017a. Disponível em: <http://www.e-erp.com.br/Contr_doc_int/Ver_doc.asp?doc=5416&out=2>. Acesso em: 30 abr. 2018.

_____. **NORMALIZAÇÃO**. 2017b. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?c=175>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

_____. **PR-058 MONITORAÇÃO CONTÍNUA POR EMISSÃO ACÚSTICA**. ABENDI, 2003. Disponível em: <http://www.e-erp.com.br/Contr_doc_int/Ver_doc.asp?doc=5578&out=2>. Acesso em: 30 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS (ABRAMAN). **Mapa brasileiro de manutenção é lançado**. 2013a. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/noticias/mapa-brasileiro-de-manutencao-e-lancado#>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

_____. **Documento nacional 2013**. ABRAMAN, 2013b. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade: terminologia**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

_____. **NBR ISO/IEC 17020: avaliação de conformidade: requisitos para o**

funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeção. Rio de Janeiro, 2012a. 21 p.

_____. **NBR NM 302**: ensaios não destrutivos: emissão acústica: terminologia. Rio de Janeiro, 2012b. 15 p.

_____. **NBR NM ISO 9712**: ensaios não destrutivos: qualificação e certificação de pessoal em END (ISO 9712:2012, IDT). Rio de Janeiro, 2014. 49 p.

BLOG SESMT. **Diferença entre Manutenção Preventiva / Corretiva / Preditiva / Detectiva**. 2015. Disponível em: <<http://www.sesmt.com.br/Blog/Artigo/sesmt-diferenca-entre-manutencao-preventiva-corretiva-preditiva-detectiva>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

DHILLON, Balbir S. **Engineering maintenance: a modern approach**. CRC Press, 2002.

EMPRESA W. **RT-17XXX-001**: relatório de inspeção por emissão acústica em fundo de tanque. 2017a

_____. **RT-17XXX-002**: relatório de inspeção por emissão acústica em fundo de tanque. 2017b.

_____. **Cronograma previsto** [mensagem pessoal]. 2017c. Mensagem recebida por <"e-mail confidencial"> em 7 jun. 2017.

_____. **PR-SGI-033**: ensaio por emissão acústica em fundo de tanque, rev. 3. 2017d.

FONTELLES, Mauro José Fontelles et al. Metodologia da Pesquisa Científica: Diretrizes para a elaboração de um Protocolo de Pesquisa. **Rev. Paraense de Medicina**, v.23, n. 3, jul.-set. 2009. Disponível em: <https://cienciassaude.medicina.ufg.br/up/150/o/Anexo_C8_NONAME.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

GARG, Amik; DESHMUKH, S.G. Maintenance management: literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, New Delhi, v. 12, n. 3, p. 205-238, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/13552510610685075>>. Acesso em: 19 out. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Fabrício. Planilha: **Elaborando uma Curva S no Excel** – Aluno, 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5BzKwCxXLkGNm1KUzVUNVpzOWM/view>>. Acesso em: 22 set. 2017.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). **Inspection/Non Destructive Testing**.

Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/techmeasndt.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2017

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Non-destructive Testing: A Guidebook for Industrial Management and Quality Control Personnel**. IAEA, Vienna, Austria, 1999. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/005/31005449.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2016.

_____. **Non-destructive Testing for Plant Life Assessment**. IAEA, Vienna, Austria, 2005. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-26_web.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Carta de Serviços ao Usuário**. Ed. revisada, 2017. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/cartadeservicos/pdf/carta_servicos_inmetro.pdf>. Acesso em: 1 maio 2018.

_____. **NIT-DIOIS-019**. Critérios Específicos para a Acreditação de Organismos de Inspeção. Rev. nº 12, 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa_link.asp?seq_tipo_documento=4&cod_uo_numeracao=00777&num_documento=019>. Acesso em: 8 maio 2018.

_____. **Vocabulário Internacional de Metrologia**: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94 p. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf>. Acesso em: 1 maio 2018.

LOURENÇO, Cirlei de Souza. **Os ensaios não destrutivos como ferramenta indispensável na garantia total da qualidade nos projetos de engenharia de tecnologia militar da marinha do Brasil**. 2012. 165 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Candido Mendes - AVM - Faculdades Integradas. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K219520.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2016.

MARTIN, César Coppen. **Ultrassom**. São Paulo: Abendi, 2012.

MARTIN, Gary. Acoustic Emission for Tank Bottom Monitoring. **Key Engineering Materials**, Vol. 558, p. 445-455, 2013. Disponível em: <<https://www.scientific.net/KEM.558.445>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MAZZOCHI, Geison. APLICAÇÕES DOS ENSAIOS DE LÍQUIDO PENETRANTE E PARTÍCULA MAGNÉTICA. In: **Congresso de Pesquisa e Extensão da Faculdade da Serra Gaúcha**. 2015. p. 30-42. Disponível em: <<http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao/article/view/1591/1372>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 3, p. 53, 2013.

OLIVEIRA, Márcio Jardim de. **Indicação de descontinuidades em materiais metálicos e compósitos**: uma comparação entre métodos não destrutivos. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos, Departamento de Engenharia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.24444>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

_____. _____. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SANTOS, Joaquim José Moreira dos. **Partículas magnéticas**. 3. ed. São Paulo: Abendi, 2014.

SHULL, Peter J. **Nondestructive evaluation**: theory, techniques, and applications. New York: Marcel Dekker, 2002.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, José Barrozo. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2008. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/100/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

THE AMERICAN SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING (ASNT). **Introduction to Nondestructive Testing**. 2016a. Disponível em: <<https://www.asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

_____. **Magnetic Particle Testing Examinations**. 2016b. Disponível em: <https://www.asnt.org/MajorSiteSections/Certification/ASNT_NDT_Level_III/Examinations/MT.aspx>. Acesso em: 23 nov. 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

ANEXO A – Checklist de materiais para viagem

Logomarca da Empresa Cliente		CHECK LIST DE MATERIAL PARA VIAGEM			Logomarca da Empresa W	
		N° 49				
Técnica		Responsável		Projeto N°:	Data:	
IG TANQUE + EA		Colaborador 1: Eng. Mecânico		17XXX	09/06/2017	
1. Retirada				2. Retorno		
Item:		N° de Série	QT.	Empresa W	Realocado Para:	QT.
1.1	RANIS 16 CH	1102	1			
1.2	SENSORES DE ALTA FREQ 150K	SN	12			
1.3	RABICHOS	SN	12			
1.4	CABOS COAXIAIS	SN	12			
1.5	ACOPLANTE	SN	1			
1.6	EXTENSÃO ELETRICA	SN	2			
1.7	CINTO SEG. C/ TALABARTE	SN	2			
1.8	ESCOVA DE AÇO	SN	1			
1.9	TSC AMIGO	247-5727	1			
1.10	SONDA PADRÃO	256-5631	1			
1.11	SONDA LAPIS	250-5626	1			
1.12	SONDA MICRO	253-5295	1			
1.13	CABO DE DADOS AMARELO	SN	1			
1.14	SETAS MAGNÉTICAS	SN	1			
1.15	PENDRIVE TSC AZUL	SN	1			
1.16	CARREGADOR ACFM	SN	1			
1.17	BLOCO PADRÃO AÇO	ACFM-002	1			
1.18	NOTEBOOK DELL INSPIRON 15	G1CQH22	1			
1.19	APARELHO ME A-1208	ME-02	1			
1.20	BLOCO PADRAO ESCALONADO 3-12,5	BLE-01	1			
1.21	PAQUIMETRO 150 mm	PQ-01	1			
1.22	CABEÇOTE ME 5 MHz	94011	1			
1.23	CABEÇOTE ME 10 MHz	1015883	1			
1.24	CALIBRE DE SOLDA	CS-01	1			
1.25	CORDA 50 m 11 mm	SN	1			
1.26	POLIAS GRANDES	SN	2			
1.27	POLIAS PEQUENAS	SN	1			
1.28	MOSQUETAO DE AÇO	SN	3			
1.29	CAMERA DIGITAL NIKON + CARR	SN	1			
1.30	LANTERNA + CARR	SN	1			
ATENÇÃO!						
Os equipamentos e máquinas deverão ser testados previamente, caso não estejam aptos as utilizações, deverão ser identificados com etiquetas de "SEGREGADO", "FORA DE USO" e ficarão separados dos equipamentos disponíveis para o uso. Conforme estabelece o PR-SGI-007 - GESTÃO DA MANUTENÇÃO.						
Observação de Retirada				Observação de Retorno		
Conferido Por:				Conferido Por:		
Data:				Data:		

ANEXO B – Certificado de calibração do equipamento de EA

ООО
«ForTechLab»

ИНН 5046073410, КПП 504601001,
142190, Московская область, г. Троицк,
Сиреневый бульвар, д.1, офис 63
www.e-mission.ru,
E-mail: info@e-mission.ru

26.03.2012 № 2012/03-02

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № 2012/03-02

от 26.03.2012 г.

Средство измерения : Система акустико-эмиссионная «РАНИС-11», 16 каналов
зав. № 1102, г.в. 2011,
поверена в соответствии с методикой поверки МП 32.Д4-11.

Заключение по результатам поверки:

Прибор соответствует техническим условиям 427615-001-86717380-2011 ТУ и
пригоден к эксплуатации.

Генеральный директор ООО «ФорттехЛаб» _____ /Д.А.Лапшин/



ANEXO C – Tabela para definição do número de sensores em função do tamanho do tanque

Volume do tanque (m³)	Diâmetro do Tanque (m)	Número mínimo de sensores
100	4,73	3
200	6,63	4
300	7,58	4
400	8,53	4
700	10,43	6
1000	12,33	6
2000	15,18	8
3000	18,98	8
5000	20,92	9
5000	22,80	9
10000	28,50	10
10000	34,20	12
15000	39,90	14
20000	39,90	14
20000	45,60	16
20000	47,10	16
30000	45,60	16
50000	60,70	18
70000	75,70	24
90000	90,50	30

ANEXO D – Modelo do relatório diário de obra (RDO)

Logomarca da Empresa W	TÍTULO:			DATA		
	RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA					
	CLIENTE		N° CONTRATO DO CLIENTE		PROJETO	
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO						
EFETIVO DO DIA (SE NECESSÁRIO USE O VERSO)						
NOME DO COLABORADOR	HORÁRIOS NO CLIENTE		NOME DO COLABORADOR	HORÁRIOS NO CLIENTE		
	ENTRADA	SAÍDA		ENTRADA	SAÍDA	
1.			5.			
2.			6.			
3.			7.			
4.			8.			
ANDAMENTO DAS ATIVIDADES DO DIA (SE APLICÁVEL RELATAR AS METRAGENS ENVOLVIDAS NO DIA)						
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DO DIA	Colaborador	% de Avanço	INÍCIO	FIM	HORAS PARADAS	
					Quantidade	Código
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
CÓDIGO DE HORAS PARADAS						
1) Sem liberação na portaria.		6) Paralisado pelo SMS do cliente.		11) Direito de recusa do trabalhador.		
2) Equipamento não liberado pelo cliente.		7) Paralisado pelo SMS da EMPRESA W.		12) Falta de acompanhante do cliente		
3) Emissão de análise de risco, PT ou similar.		8) Equipamento da EMPRESA W danificado.		13) Outros (descrever):		
4) Recurso de responsabilidade do cliente.		9) Aguardado engenharia da EMPRESA W.				
5) Chuva, ventos e risco de Raios.		10) Paralisado pela Fiscalização do cliente.				
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO UTILIZADOS				COMENTÁRIOS DA EMPRESA W (use verso se necessário)		
CHEK LIST EQUIPAMENTOS: N° _____ Data: ____/____/____						
RELAÇÃO DE RESÍDUOS DESCARTADOS NO CLIENTE:				COMENTÁRIO DO CLIENTE (use verso se necessário)		
Quant.	DESCRIÇÃO	Quant.	DESCRIÇÃO			
	EPI's		Vidro			
	Trapos		Metal			
	Papel em geral		Pilhas			
	Produtos perigosos		Outros:			
	Resíduos orgânicos					
VISTO SGI		ASSINATURA DO RESPONSÁVEL DA EMPRESA W		ASSINATURA DO RESPONSÁVEL DO CLIENTE		