



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

TATIANA MARIA FERREIRA ALVES

**MODELOS DE AMOSTRAGEM E REPRESENTAÇÃO ESTATÍSTICA PARA
AVALIAÇÃO DE VIDA RESIDUAL DE FEIXES DE TUBOS DE PERMUTADORES
DE CALOR**

Recife
2024

TATIANA MARIA FERREIRA ALVES

**MODELOS DE AMOSTRAGEM E REPRESENTAÇÃO ESTATÍSTICA PARA
AVALIAÇÃO DE VIDA RESIDUAL DE FEIXES DE TUBOS DE PERMUTADORES
DE CALOR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Pernambuco como requisito para obtenção
do grau de Bacharela em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Luiz Adeildo da Silva
Júnior.

Recife
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Alves, Tatiana Maria Ferreira.

Modelos de amostragem e representação estatística para avaliação de vida residual de feixes de tubos de permutadores de calor / Tatiana Maria Ferreira Alves. - Recife, 2024.

95 p. : il., tab.

Orientador(a): Luiz Adeildo da Silva Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, anexos.

1. Inspeção. 2. Ensaios não destrutivos. 3. Permutadores de calor. 4. Feixes de troca térmica. I. Silva Júnior, Luiz Adeildo da. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

TATIANA MARIA FERREIRA ALVES

**MODELOS DE AMOSTRAGEM E REPRESENTAÇÃO ESTATÍSTICA PARA
AVALIAÇÃO DE VIDA RESIDUAL DE FEIXES DE TUBOS DE PERMUTADORES
DE CALOR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Pernambuco como requisito para obtenção
do grau de Bacharela em Engenharia
Mecânica.

Aprovada em: 18/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Luiz Adeildo da Silva Junior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Francisco Espedito de Lima (Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Janaina Moreira de Meneses (Examinadora)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Permutadores de calor são equipamentos críticos em processos industriais, sendo essencial verificar e acompanhar rotineiramente suas condições físicas através de procedimentos de manutenção, inspeção e ensaios não destrutivos. O objetivo desse trabalho consiste na proposta de uma metodologia de avaliação e acompanhamento de vida útil de feixes de troca térmica de permutadores de calor, a qual inclui a escolha prévia de demarcações nos espelhos dos feixes de tubos, delimitando, conforme suas características e condições operacionais, regiões preferenciais de tubos a serem ensaiados, além da escolha de ferramenta estatística para monitorar a vida útil dos feixes obtida a partir de ensaios não destrutivos nos tubos previamente demarcados. Desta forma, o trabalho pretende contribuir para o aperfeiçoamento da metodologia de inspeção e avaliação de feixes de permutadores de calor, obtendo amostragens representativas frente às condições operacionais e aos mecanismos de danos esperados nesses equipamentos. Para isso, foram inspecionados 60 permutadores de uma planta de processo, localizada em Pernambuco, na região do Distrito Industrial de Suape, que operaram em condições diferentes, sendo que seis desses permutadores foram utilizados para exemplificar a demonstração dos resultados desse estudo. A análise detalhada das regiões dos feixes considerando condições operacionais e mecanismos de corrosão permitiu identificar as áreas mais propensas a danos e aumentar a assertividade da distribuição amostral. O *boxplot* se mostrou uma ferramenta prática e útil para a visualização da vida residual dos feixes, para interpretar variabilidade de desempenho dos equipamentos, identificar problemas de manutenção e auxiliar na otimização das operações.

Palavra-chave: Inspeção. Ensaios não destrutivos. Permutadores de calor. Feixes de troca térmica.

ABSTRACT

Heat exchangers are critical equipment in industrial processes, and it is essential to routinely check and monitor their physical conditions through maintenance, inspection, and non-destructive testing procedures. The aim of this work is to propose a methodology for evaluating and monitoring the lifespan of heat exchanger tube bundles, which includes the prior choice of demarcations on tubesheet, delimiting, according to their characteristics and operating conditions, preferred regions of tubes to be tested, in addition to the choice of a suitable statistical tool to monitor the bundles lifespan obtained from non-destructive testing on previously demarcated tubes. By doing so, the work intends to contribute to the improvement of the methodology for inspection and evaluation of heat exchanger bundles, collecting representative sampling in relation to the operating conditions and damage mechanisms expected in this equipment. To achieve this, 60 heat exchangers from a process plant, located in the Suape Industrial District region in Pernambuco, which operated under different conditions, were inspected and used to exemplify the demonstration of the results of this study. The detailed analysis of the bundle regions considering operating conditions and corrosion mechanisms made it possible to identify the areas most prone to damage and increase the assertiveness of the sample distribution. The *boxplot* proved to be a practical and useful tool for visualizing tube bundle lifespan, interpreting equipment performance variability, identifying maintenance issues and helping to optimize operations.

Keyword: Inspection. Non-destructive testing. Heat exchangers. Heat exchanger tube bundles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Permutador de calor casco e tubo.....	13
Figura 2 – Permutador de calor casco e tubo com espelho fixo.....	14
Figura 3 – Permutador de calor casco e tubo com espelho flutuante (perfil)	14
Figura 4 – Permutador de calor casco e tubo com tubo em U (perfil)	15
Figura 5 – Permutador de calor de placas	15
Figura 6 – Permutador de calor de placas	16
Figura 7 – Permutador de calor <i>air cooler</i>	16
Figura 8 – Permutador de calor <i>air cooler</i> (perfil)	17
Figura 9 – Corrosão em tubo de permutador de calor.....	18
Figura 10 – Erosão de tubos em U.....	19
Figura 11 – Trinca em tubo de permutador de calor	19
Figura 12 – Incrustação severa em espelho de permutador de calor.....	20
Figura 13 – Defletor quebrado e tubos desgastados causados por erosão radial devido a ressonância.....	20
Figura 14 – Realização de ensaio de correntes parasitas.....	23
Figura 15 – Ensaio IRIS	24
Figura 16 – Ensaio IRIS	25
Figura 17 – Histograma de vida residual de permutador de calor	29
Figura 18 – <i>Boxplot</i> de vida residual de permutador de calor	30
Figura 19 – Carta de controle de espessura de tubos de troca térmica	31
Figura 20 – Modelos de amostragem de tubos conforme classes de marcação.....	36
Figura 21 – Giz industrial para marcação em metal	38
Figura 22 – Identificação matricial dos tubos de troca térmica.....	39
Figura 23 – Vida residual de feixes de permutadores	41
Figura 24 – Vida residual do Permutador A.....	43
Figura 25 – Vida residual do Permutador B.....	43
Figura 26 – Vida residual do Permutador C	44
Figura 27 – Vida residual do Permutador D	44
Figura 28 – Vida residual do Permutador E.....	45
Figura 29 – Vida residual do Permutador F.....	45
Figura 30 – Vida residual dos 60 permutadores avaliados.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENDI	Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	American Petroleum Institute
CP	Correntes Parasitas
END	Ensaios Não Destrutivos
IRIS	Internal Rotary Inspection System (Sistema de Inspeção por Rotação Interna)
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
RBI	Risk-Based Inspection (Inspeção baseada em risco)
RP	Recommended Practice
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association

Anexo 1 – Relatórios de Ensaios de IRIS e CP

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	PERMUTADORES DE CALOR.....	12
2.1.1	Definição.....	12
2.1.2	Tipos	13
2.1.2.1	Casco e tubo	13
2.1.2.2	Placas.....	15
2.1.2.3	Resfriador a ar (<i>Air cooler</i>)	16
2.1.3	Materiais de tubos de troca térmica	17
2.2	INTEGRIDADE E INSPEÇÃO DE PERMUTADORES DE CALOR.....	17
2.2.1	Mecanismos de danos	17
2.2.2	Condições operacionais vs Mecanismos de danos mais comuns em permutadores de calor.....	18
2.2.2.1	Cálculo de taxa de corrosão e de vida residual do feixe	21
2.2.3	Ensaio não destrutivos (END).....	22
2.2.3.1	Ensaio de correntes parasitas	23
2.2.3.2	Ensaio de IRIS.....	24
2.2.4	Processos e condições operacionais	25
2.2.5	Estatística: Modelos de amostragem e visualização de dados	26
2.2.6	Normatização	32
2.2.6.1	Normas de Projeto e Fabricação: TEMA e PETROBRAS N-466.....	32
2.2.6.2	Normas de Integridade Estrutural: API RP 571	33

2.2.6.3	Normas de Gestão da Integridade Estrutural: NR-13	34
2.2.6.4	Normas de Ensaios Não Destrutivos: NBR 16432 e 15193	34
2.2.6.5	Normas de Inspeção: PETROBRAS N-2511	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	MODELOS DE AMOSTRAGEM DE TUBOS CONFORME CLASSES DE MARCAÇÃO.....	36
3.2	IDENTIFICAÇÃO E MARCAÇÃO PRÉVIA DOS TUBOS NOS ESPELHOS DE FEIXES DE TROCA TÉRMICA	38
3.3	DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE UM FEIXE DE TROCA TÉRMICA....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	PLANILHAS DE VIDA RESIDUAL DOS FEIXES DE PERMUTADORES ...	40
4.2	AVALIAÇÃO DOS DADOS COM BASE NO GRÁFICO <i>BOXPLOT</i>	41
4.3	GRÁFICO <i>BOXPLOT</i> DE TODOS OS PERMUTADORES AVALIADOS.....	47
5	CONCLUSÃO	50
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
	REFERÊNCIAS.....	52
	ANEXO 1 – RELATÓRIOS DE ENSAIOS DE IRIS E CP	56

1 INTRODUÇÃO

Permutadores ou trocadores de calor são equipamentos utilizados para transferir energia térmica entre dois ou mais fluidos disponíveis em diferentes temperaturas – na maioria dos casos, as correntes fluidas são separadas por uma interface sólida, geralmente metálica. São equipamentos muito utilizados nas indústrias petrolíferas, química, petroquímica e sucroalcooleira, permitindo aproveitamento da energia interna às unidades de processo por meio do adequado balanço de energia térmica entre as correntes de fluido envolvidas e contribuindo inclusive para o aspecto econômico e ambiental desses processos.

Os permutadores de calor são vitais na indústria, mas a corrosão é um problema comum com altos custos de manutenção ou reparo, tornando-os equipamentos críticos (FAES *et al.*, 2019). Devido à sua significativa possibilidade de falhas em função de processos corrosivos e entupimentos, faz-se necessário verificar rotineiramente suas condições físicas através de inspeções com uso de ensaios não destrutivos (END), determinando a sua taxa de corrosão, vida residual, causas de deterioração e regiões preferenciais de desgaste.

O feixe de tubos de troca térmica é um dos componentes mais importantes em permutadores de calor, no qual qualquer dano pode levar a uma perturbação em seu desempenho, interrompendo o processo (MORADI *et al.*, 2020). Os planos de inspeção destes feixes, por serem normalmente amostrais, nem sempre são abrangentes a todos os tubos de um feixe, de forma que vários tubos numa planta de processo deixam de ser inspecionados por questões de tempo e custo, principalmente quando se tem uma grande quantidade de tubos em um número também elevado de feixes, como acontece em paradas de manutenção de plantas petroquímicas e de refino.

O processo de avaliação de vida residual de feixes de tubos de permutadores de calor envolve certa subjetividade devido à impossibilidade de inspeção visual externa e interna de tubos. Para contornar esse inconveniente, ensaios de IRIS (Sistema de Inspeção por Rotação Interna) e CP (Correntes Parasitas) são muito utilizados para verificar a espessura remanescente desses tubos individualmente. Como cada tudo possui uma vida residual, a vida residual do feixe completo pode ser baseada em centenas ou milhares de vidas individuais de tubos, dependendo do seu

tamanho do feixe. Por isso, é comum serem verificadas falhas desses componentes durante a operação logo após realização de serviços de inspeção e de manutenção, seja pelo caráter muitas vezes amostral das inspeções realizadas, seja pela dificuldade de se avaliar a distribuição dos valores individuais de tubos dos feixes.

Além disso, o planejamento de inspeção baseado em risco otimiza de forma eficiente os planos de inspeção para estruturas, com base na criticidade dos componentes estruturais (GOYET *et al.*, 2002). No contexto de trocadores de calor, ao se considerar os critérios de processo (como variação de condições operacionais, tipos de danos esperados etc), a amostragem pode ser direcionada para tubos mais propensos a problemas, sendo fundamental para garantir uma abordagem mais eficiente dos recursos alocados para inspeção e representar a condição real do feixe de forma mais confiável.

Desta forma, com o propósito de tornar mais assertivo o processo de inspeção destes componentes, esse trabalho propõe um aperfeiçoamento na metodologia de inspeção através de uma amostragem baseada em critérios de processo e do uso de ferramenta estatística para representação visual da vida residual de feixes de permutadores, a fim de facilitar a tomada de decisão na definição da vida útil desses equipamentos.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a escolha estratégica de regiões para amostragem baseada no conhecimento sobre o processo otimizou a identificação de regiões potenciais de falhas e contribuiu para a eficiência do procedimento de inspeção. Além disso, a utilização do gráfico *Boxplot* como ferramenta estatística descritiva possibilitou uma avaliação visual eficaz das vidas residuais de feixes, podendo respaldar significativamente a tomada de decisão relativa à integridade operacional dos permutadores.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Aperfeiçoar a metodologia de inspeção de feixes tubulares de permutadores de calor a partir da adoção de critérios baseados em fatores de processo, mecanismos

de danos, perfil de amostragem e aspectos construtivos dos permutadores de calor, aumentando a assertividade das inspeções e intervenções de manutenção.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver critérios de amostragens mais assertivos com base em escolhas adequadas de regiões de espelhos de feixes de troca térmica, levando em conta os mecanismos de danos previstos e as regiões mais prováveis de danos;
- Definir ferramenta de análise estatística para tomada de decisão com respeito à vida residual de feixes de troca térmica com base nas vidas residuais individuais dos tubos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos relevantes sobre permutadores de calor, mecanismos de danos, ensaios não destrutivos, estatística, modelos de amostragem e normas regulatórias de integridade mecânica e segurança operacional para permutadores de calor.

2.1 PERMUTADORES DE CALOR

2.1.1 Definição

Permutadores de calor são dispositivos de transferência de energia que realizam o processo de troca térmica entre dois ou mais fluidos de processo através de canais dentro do equipamento, que possui superfícies sólidas feitas de metal ou polímero separando estes fluidos. São equipamentos com amplas aplicações industriais e domésticas e, em particular, largamente utilizados em usinas de energia, fábricas de produtos químicos, plantas petroquímicas e refinarias de petróleo.

O princípio de transferência de calor consiste em um dos processos mais relevantes e frequentes nas indústrias de processos químicos em geral. A eficácia na recuperação do calor, juntamente à inerente redução de consumo energético, propicia

um dos fatores diretamente relacionados à viabilidade econômica de uma planta industrial (LUDWIG, 2001; SABINO, 2008).

2.1.2 Tipos

Permutadores de calor possuem classificações a depender de tipos de serviço, aspectos construtivos, mecanismos de transferência de calor, número de fluidos de troca térmica e tipos de superfície de troca térmica (SABINO, 2008). No presente trabalho, será abordada a classificação baseada em características construtivas, já que esta categorização ressalta os diferentes aspectos construtivos de feixes tubulares de permutadores, que influenciam os mecanismos de danos e as técnicas utilizadas para a inspeção.

2.1.2.1 Casco e tubo

São os permutadores mais encontrados em indústrias (TELLES, 1996; SILVEIRA, 2008), sendo constituídos, basicamente, por um casco que envolve um feixe tubular por onde circulam os fluidos externa e internamente aos tubos, respectivamente, sendo apresentado na Figura 1. Esta classe de equipamentos ainda possui diversas subclasses construtivas padronizadas pela Norma TEMA, que será apresentada posteriormente.

Figura 1 – Permutador de calor casco e tubo

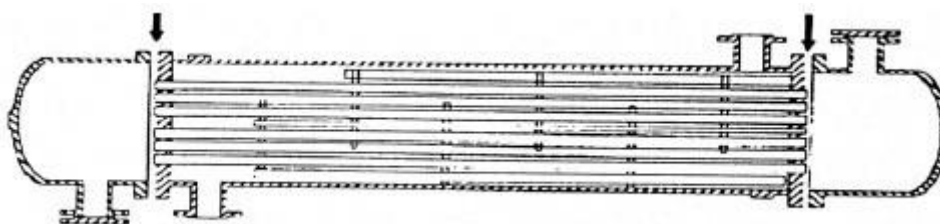


Fonte: Alfa Laval Heat Exchangers (2024)

Em função da construção do feixe de tubos, estes equipamentos possuem características diversas, podendo ser divididos em três grupos (HORTA; SOUSA, 2004):

- permutadores com espelho fixo (Figura 2), onde o feixe de tubos é fixado ao casco por meio de solda;

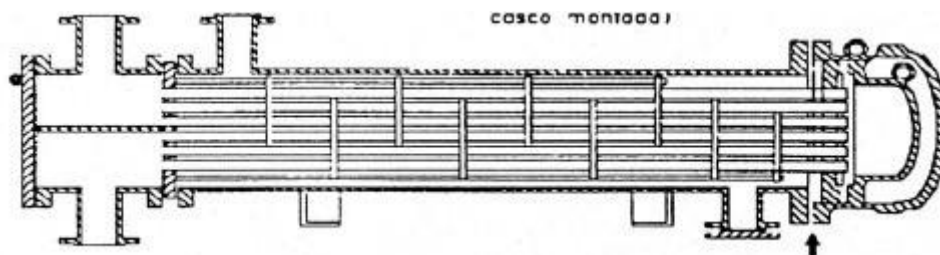
Figura 2 – Permutador de calor casco e tubo com espelho fixo



Fonte: HORTA; SOUSA (2004)

- permutadores com espelho flutuante (Figura 3), em que um dos espelhos é preso ao casco, enquanto o outro possui liberdade para dilatar na direção longitudinal, independente do costado;

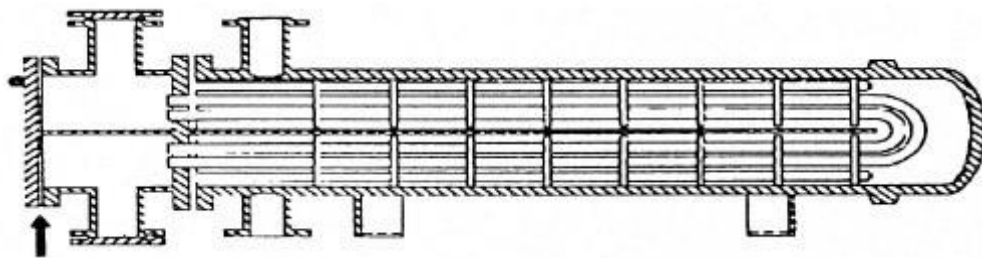
Figura 3 – Permutador de calor casco e tubo com espelho flutuante (perfil)



Fonte: HORTA; SOUSA (2004)

- permutadores com tubos em U (Figura 4), que possui tubos curvados em forma de “U” e fixados a um espelho que é solidário ao casco. O feixe também possui liberdade para dilatar na direção longitudinal, independente do costado;

Figura 4 – Permutador de calor casco e tubo com tubo em U (perfil)



Fonte: HORTA; SOUSA (2004)

2.1.2.2 Placas

Neste tipo de equipamento (Figura 5 e Figura 6), placas com relevos específicos são posicionadas consecutivamente de forma que os fluidos são orientados, alternadamente, a fim de trocarem calor através de cada placa. Apesar da alta relação área de troca por volume do equipamento, estes permutadores de calor necessitam de materiais especiais e possuem pressões de operação limitadas devido aos problemas de vedação entre suas placas ou tampo plano (SABINO, 2008).

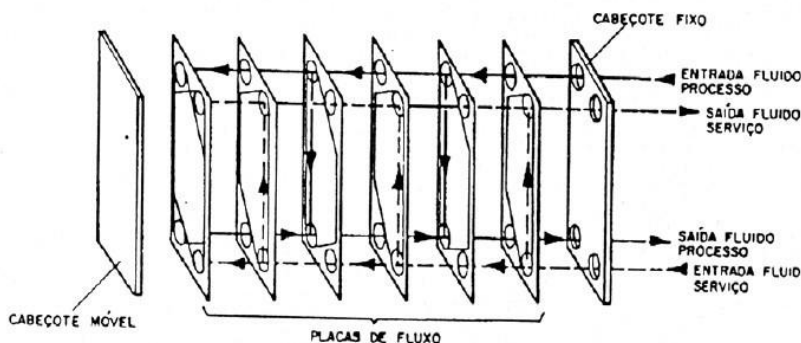
Esse tipo de permutador não será escopo deste trabalho por possuir características construtivas diferentes e não apresentar tubos de troca térmica.

Figura 5 – Permutador de calor de placas



Fonte: Tranter Heat Exchangers (2024)

Figura 6 – Permutador de calor de placas



Fonte: HORTA; SOUSA (2004)

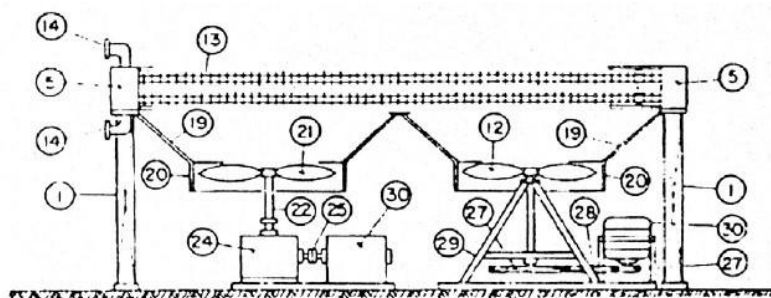
2.1.2.3 Resfriador a ar (*Air cooler*)

São constituídos de um feixe tubular através do qual o ar passa de maneira forçada ou induzida, pela ação de um ventilador (Figura 7 e Figura 8). Os tubos do feixe possuem aletas transversais altas, para compensar os baixos coeficientes de película resultantes da operação com ar (HORTA; SOUSA, 2004). Ainda assim, esses equipamentos exigem uma área de troca muito elevada, o que resulta em dimensões externas também muito grandes, sendo sempre empregados quando há inviabilidade de troca térmica com outros fluidos, que não o ar atmosférico.

Os *air coolers* apresentam, comparativamente aos demais tipos de permutadores, maior risco em caso de vazamento devido ao fato da ocorrência de perda de contenção pelos tubos; desta forma, o vazamento ocorre diretamente para atmosfera e não para o interior de um casco (vaso de pressão).

Figura 7 – Permutador de calor *air cooler*

Fonte: SPX Cooling Technologies (2024)

Figura 8 – Permutador de calor *air cooler* (perfil)

Fonte: HORTA; SOUSA (2004)

2.1.3 Materiais de tubos de troca térmica

Os tubos de permutadores podem ser fabricados com uma gama de materiais, como aço carbono, aço inox, cupro-níquel, cobre, alumínio, selecionados conforme a aplicação do componente. Isso pode ser estabelecido considerando-se questões técnicas, econômicas e de segurança operacional, tais como corrosividade, temperatura, pressão, estado físico, regime e velocidade de escoamento, contaminantes, toxicidade e inflamabilidade dos fluidos, vida útil estimada dos materiais, número previsto de interrupções e custos associados, eficiência de transferência de calor, compatibilidade com outros materiais do sistema, entre outros (adaptado de THULUKKANAM, 2013).

2.2 INTEGRIDADE E INSPEÇÃO DE PERMUTADORES DE CALOR

2.2.1 Mecanismos de danos

Mecanismos de danos (ou processos de degradação) são processos mecânicos e/ou químicos e/ou metalúrgicos que resultam em danos ao equipamento ou degradação do material. Podem variar desde um processo corrosivo, fenômeno de trincamento, dano por chama, ou qualquer combinação entre essas ocorrências.

Devido às extremas condições operacionais, os permutadores de calor empregados na indústria de Óleo e Gás estão naturalmente sujeitos à ocorrência de diversos mecanismos de danos em suas estruturas, como corrosão (LI; ZENG, 2022), incrustações (SHAIKH *et al.*, 2023), erosão (KUŹNICKA, 2009), fadiga térmica (HOSEINZADEH; HEYNS, 2020), fadiga mecânica (PELLICCIONE *et al.*, 2019), entre

outros.

A API RP 584 (API, 2014) aponta a relevância de se compreender estes fenômenos, uma vez que, no ambiente operacional atual, não é suficiente basear os planos de inspeção futuros apenas no histórico prévio/conhecido da condição do equipamento, sendo necessária uma compreensão fundamental do processo, das condições operacionais e dos mecanismos de dano resultantes para estabelecer e manter um programa de inspeção que produza a maior probabilidade de detectar possíveis danos.

2.2.2 Condições operacionais vs Mecanismos de danos mais comuns em permutadores de calor

A API RP 571 (API, 2020) é uma referência importante para a avaliação de integridade de permutadores de calor e estabelece relações entre os mecanismos de danos mais comuns nestes equipamentos e as condições operacionais às quais estão submetidos.

A corrosão é a principal causa de falha de permutadores de calor na indústria, especialmente no setor de petróleo e petroquímico (ALI *et al.*, 2021), podendo ocorrer devido à exposição a fluidos corrosivos, altas temperaturas e baixo pH, o que desencadeia reações químicas entre os materiais do permutador de calor e o fluido, levando à deterioração do material ao longo do tempo. Os autores categorizaram o fenômeno (apresentado na Figura 9), segundo características específicas e seus fatores desencadeantes, em: corrosão por erosão, corrosão por pites, corrosão em fendas, corrosão de contorno de grão, corrosão galvânica, corrosão sob tensão, corrosão à beira-mar, corrosão uniforme e corrosão induzida microbianamente.

Figura 9 – Corrosão em tubo de permutador de calor



Fonte: Fluid Dynamics (2024)

Outro fenômeno prejudicial à eficiência e à vida útil do equipamento é a erosão (Figura 10), que ocorre devido às altas velocidades alcançadas pelo fluido de processo, normalmente com fluxo de partículas sólidas ou fluxos bifásicos, gerando um impacto repetitivo destas no material do equipamento e causando desgaste e redução da eficiência de transferência de calor. De acordo com Gao *et al.* (2017), as condições operacionais em permutadores de calor afetam as taxas de erosão através da influência das velocidades do fluido de processo, tamanho das partículas e comportamento das partículas.

Figura 10 – Erosão de tubos em U



Fonte: Fluid Dynamics (2024)

A fadiga térmica em permutadores de calor (Figura 11) é um mecanismo especialmente relevante em aplicações industriais onde o permutador de calor está sujeito a flutuações de temperatura, e ocorre devido à exposição do equipamento a ciclos de aquecimento e resfriamento, gerando expansão e contração repetitivas do material do permutador e podendo levar à formação de trincas e rachaduras.

Figura 11 – Trinca em tubo de permutador de calor



Fonte: Fluid Dynamics (2024)

O fenômeno de incrustação (Figura 12) ocorre quando os sólidos dissolvidos no fluido atingem uma concentração crítica e precipitam ou se depositam nas superfícies internas do permutador de calor. À medida que se acumulam nas superfícies, as incrustações atuam como uma barreira térmica e mecânica, levando a uma recuperação de energia ineficiente, a custos mais elevados de capital, operação e manutenção e a riscos ambientais e de segurança.

A otimização das condições operacionais, como temperatura da parede e velocidade do fluxo, pode reduzir significativamente a taxa de deposição de incrustações em permutadores de calor, levando a maiores economias de energia e menores custos operacionais (RODRÍGUEZ; SMITH, 2007).

Figura 12 – Incrustação severa em espelho de permutador de calor



Fonte: Ecolink (2024)

A fadiga mecânica consiste um mecanismo de dano que resulta da aplicação repetitiva de cargas mecânicas (como vibrações excessivas, choques e flutuações na pressão do fluido de processo) na estrutura do equipamento. Tal fenômeno, demonstrado na Figura 13, pode acarretar a propagação de trincas em locais de concentração de tensão, tais como regiões com geometria complexa, juntas, soldas e áreas de descontinuidade estrutural.

Figura 13 – Defletor quebrado e tubos desgastados causados por erosão radial devido a ressonância



Fonte: Fluid Dynamics (2024)

O mecanismo de corrosão consiste na maior causa de deterioração dos equipamentos das indústrias de petróleo e petroquímica, inclusive de permutadores de calor. Como essas indústrias têm se desenvolvido e adotado processos modernos, alguns dos quais empregando produtos químicos corrosivos, os problemas de corrosão se tornaram mais numerosos e complexos. Nesse caso, a corrosão dos tubos de troca térmica pode levar à perfuração e ao vazamento/mistura entre os fluidos.

Testes de corrosão são usados para avaliar o material dos tubos quanto à sua resistência à corrosão. Normalmente, apenas uma pequena seção de tubos é submetida a tais avaliações, das quais as mais comuns incluem o teste de corrosão uniforme ou geral, corrosão intergranular, corrosão sob tensão, corrosão por *pitting*, corrosão em fresta e corrosão por esfoliação (THULUKKANAM, 2013).

2.2.2.1 Cálculo de taxa de corrosão e de vida residual do feixe

Para o cálculo da taxa de corrosão dos tubos de feixes de permutadores, é necessária a medição da espessura por amostragem através de ensaios não destrutivos ou, alternativamente, por medição direta em tubos removidos (HORTA; SOUSA, 2004).

Com base nos dados obtidos, determina-se a possibilidade de o feixe permanecer em operação por meio da realização do cálculo de vida residual, que estabelece a vida estatística para o feixe.

- Cálculo da taxa de corrosão do feixe – T (mm/ano)

$$T = \frac{e_{nom} - e_{mín,med}}{t_{acum}} \quad (1)$$

Em que e_{nom} é a espessura nominal (em mm), $e_{mín,med}$ é a espessura mínima (em mm) detectada pelo ensaio no feixe em questão, e t_{acum} o tempo (em anos) de operação que o feixe acumulou até a data da inspeção.

- Cálculo da vida residual do feixe – V (anos)

$$V = \frac{e_{\min,med} - e_{\min,adm}}{T} \quad (2)$$

Em que $e_{\min,adm}$ é a espessura mínima admissível (em mm) calculada de acordo com os critérios de projeto, com base apenas na pressão interna.

Esses dados possibilitam estimar e acompanhar a deterioração e evitar paradas não programadas, assegurando a continuidade operacional do equipamento, além de permitirem custos mais baixos de manutenção por meio de planos de inspeção/manutenção preventiva e preditiva adequados à severidade dos processos corrosivos, e fornecerem subsídios para a aquisição programada de sobressalentes.

2.2.3 Ensaios não destrutivos (END)

Ensaios não destrutivos são métodos de inspeção capazes de analisar uma peça, material ou sistema sem interferir em sua estrutura física; sendo assim, não provocam danos ao material que é testado (IBARRA-CASTANEDO *et al.*, 2007). A finalidade dos END na indústria é a detecção e acompanhamento de descontinuidades, uma vez que conhecer a localização correta e a dimensão dessas descontinuidades é de fundamental importância para garantir a integridade dos ativos e a segurança operacional (adaptado de ABENDI, 2019).

END são comumente usados para inspecionar equipamentos utilizados na exploração, produção e processamento de petróleo, como tanques de armazenamento, vasos de pressão, dutos e permutadores de calor. Uma vez que esses equipamentos estão continuamente sujeitos a condições operacionais severas (e a mecanismos de danos gerando descontinuidades), a detecção precoce de descontinuidades é essencial a fim de evitar vazamentos e acidentes das mais variadas proporções.

Os feixes de permutadores de calor, por serem constituídos de tubos empilhados de forma compacta em formato cilíndrico ou retangular, não permitem alcance visual ou físico às superfícies externas e internas dos tubos. Sendo assim, a impossibilidade de acesso à totalidade destas superfícies torna ineficaz a utilização

exclusiva de métodos convencionais de inspeção, requerendo, nesses casos, a utilização de técnicas não-convencionais de END, como a técnica de ultrassom por Sistema de Inspeção por Rotação Interna (IRIS) para tubos ferromagnéticos e Correntes Parasitas para tubos não-ferromagnéticos e aço inoxidável austenítico.

2.2.3.1 Ensaio de correntes parasitas

O ensaio de correntes parasitas é utilizado para inspecionar os mais diversos produtos siderúrgicos, como tubos, peças de avião, eixos, engrenagens, entre outros. Seu funcionamento baseia-se na indução eletromagnética, sendo eficaz na detecção de trincas e outras falhas superficiais.

Figura 14 – Realização de ensaio de correntes parasitas



Fonte: Coldclima Inspeção (2024)

Na realização deste teste em permutadores de calor (Figura 14), uma fonte de corrente alternada é aplicada a uma bobina ou sonda que varre o interior do tubo do permutador, gerando um campo magnético que interage com o material condutor e induz a passagem de correntes parasitas na peça. Variações ocorridas nesse fluxo, causadas por descontinuidades no objeto, se refletem nessas bobinas e podem ser medidas por volímetros, osciloscópios, mostradores digitais, registradores, entre outros (ABENDI, 2019).

Este método é bastante utilizado para detectar trincas de fadiga e corrosão em tubos instalados em permutadores de calor e caldeiras, permitindo fazer o controle de sua espessura. Aplica-se, sobretudo, a metais não ferromagnéticos, embora também

possa ser utilizado em metais ferromagnéticos, não exigindo grande preparação superficial das peças a serem ensaiadas e permitindo elevado grau de automatização.

Em relação à inspeção de feixes tubulares de permutadores de calor, este método identifica, diferencia e mede individualmente as espessuras remanescentes de descontinuidades internas e/ou externas ao longo de todo o tubo e possibilita inclusive a avaliação de tubos aletados na superfície externa.

2.2.3.2 Ensaio de IRIS

O ensaio de IRIS (Sistema de Inspeção por Rotação Interna) é uma técnica não destrutiva de ultrassom por imersão, empregada para inspecionar tubulações em geral. Através do uso do princípio convencional de pulso-eco, permite realizar a medição de espessuras e a identificação de corrosão, abrasão, *pitting* e trincas em tubos de permutadores de calor e caldeiras, utilizados em qualquer ramo industrial.

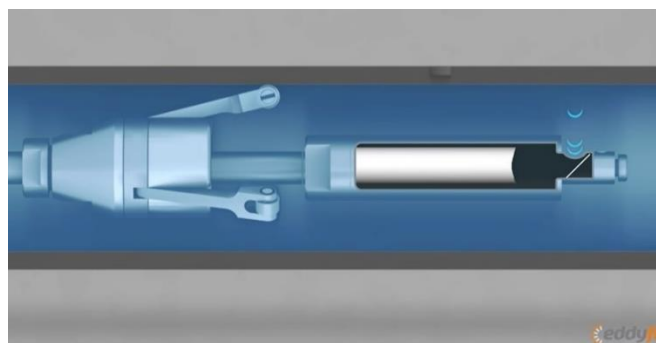
Figura 15 – Ensaio IRIS



Fonte: Approval Swiss International (2024)

O sistema consiste em uma sonda com um transdutor (Figura 15) que gera um pulso ultrassônico paralelo ao eixo do tubo em teste, inundado em água, e um espelho giratório que direciona a onda para a parede do tubo. Parte da onda é refletida pela parede do diâmetro interno, enquanto o restante é refletido pela parede do diâmetro externo e, como a velocidade ultrassônica do material do tubo é conhecida, é possível avaliar a espessura da parede calculando a diferença nos tempos de voo entre os dois diâmetros. À medida que a sonda é puxada longitudinalmente (Figura 16), o movimento giratório do espelho resulta em um caminho de varredura helicoidal, perpassando toda a dimensão do tubo e coletando dados em tempo real.

Figura 16 – Ensaio IRIS



Fonte: Eddyfi Technologies – Youtube (2024)

Este tipo de ensaio produz resultados bastante precisos e detalhados, permitindo a inspeção de tubos ferrosos e não-ferrosos com diâmetro interno entre 10 e 100 mm (3/8" a 4"), a visualização de imagens *B-Scan* e *C-Scan* em tempo real, além da gravação de imagens para posterior análise. Além disso, através desta técnica é possível medir espessuras remanescentes menores que 0,5 mm (ABENDI, 2019).

O IRIS é a técnica mais indicada para inspeção de tubos de materiais ferromagnéticos e fornece a espessura mínima do tubo testado, sendo este um parâmetro que mede quantitativamente a intensidade de corrosão do tubo (BIRRING, 2001 *apud* SABINO *et al.*, 2007).

2.2.4 Processos e condições operacionais

Uma gama de estudos científicos aponta que os aspectos construtivos e as condições de operação a que os permutadores de calor são submetidos nos processos industriais são determinantes para sua performance operacional e integridade estrutural.

Qi *et al.* (2023) utilizou um experimento físico e um modelo matemático para discutir sobre o fato de alguns parâmetros estruturais (como os tipos de feixes tubulares e a distância horizontal entre os tubos) influenciarem o grau de uniformidade do fluxo de partículas sólidas e, por consequência, a eficiência térmica dos permutadores de calor. He *et al.* (2021) concluiu também que as altas temperaturas

concentradas em determinadas regiões dos tubos levam ao colapso de bolhas e à corrosão por cavitação, produzindo pontos de perda de massa nesses locais.

Considerando essa importante correlação, os principais fatores a serem levados em consideração para definir a distribuição amostral de tubos a serem inspecionados em espelhos de permutadores de calor são:

- Tipos de permutadores de calor (casco/tubo e *air cooler*);
- Fluidos do casco e do tubo (corrosividade, temperatura, estado físico, regime de escoamento, velocidade de escoamento, contaminantes, resíduos, inflamabilidade, similaridade entre fluidos do casco e do tubo, pressões fluido casco e do tubo, toxicidade etc);
- Material dos tubos;
- Mecanismos de danos possíveis (trincamento, obstrução, deformações e corrosão);
- Quantidade de tubos;
- Histórico operacional;
- Formato dos feixes de troca térmica (reto, em “U” ou *air cooler*);
- Intervalo entre intervenções de manutenção;
- Comprimento dos feixes;
- Localização dos bocais de entrada/saída de fluidos.

2.2.5 Estatística: Modelos de amostragem e visualização de dados

Os feixes tubulares de permutadores de calor não permitem acesso visual ou físico direto em suas superfícies internas e externas aos tubos, tornando frequente a impraticabilidade de inspeção da totalidade de tubos, que pode variar desde poucos tubos até centenas deles. Daí, na prática, se utilizam amostras aleatórias desses tubos de troca térmica para aplicação de END e avaliação de vida residual, estendendo ao feixe como um todo, o resultado das avaliações dessas amostras.

Uma vez que o conjunto de tubos que compõe a amostra do feixe tubular pode ser considerado uma população de elementos que estão inseridos em um mesmo ambiente agressivo, a inspeção de feixes se torna uma questão estatística, em que se faz necessário selecionar uma amostra representativa dos tubos e, a partir de sua

análise, inferir dados sobre a população de tubos para tomada de decisões relativa à continuidade operacional deste componente (adaptado de SABINO, 2008).

Deste modo, ao se estabelecer adequadamente essa amostra, a subjetividade envolvida neste tipo de procedimento é reduzida, definindo-se critérios para representação da condição real do feixe de forma mais confiável e criando subsídios para que a decisão de retornar com o feixe à operação seja embasada por dados numéricos representativos da realidade.

A assertividade na definição dessas amostras aumenta à medida que um maior histórico operacional é incorporado à base de dados, podendo ocorrer ajustes nessa amostra em quantidade e localização de tubos à medida que uma maior quantidade de dados vai sendo incorporada e avaliada.

Ainda de acordo com Sabino (2008), as etapas para realização de uma inferência estatística com qualidade envolvem:

- a. Definir de forma clara e concisa de que forma a integridade física do feixe será avaliada;
- b. Definir a população de onde será extraída a amostra;
- c. Definir quais dados deverão ser coletados;
- d. Definir os níveis de precisão desejados, devido à incerteza intrínseca do processo estatístico;
- e. Definir o método de medição;
- f. Determinar o tamanho da amostra e um modelo de amostragem adequado;
- g. Coletar os dados;
- h. Analisar os dados;
- i. Ajuste nos modelos estatísticos.

A qualidade dos dados costuma ser mais importante do que sua quantidade ao fazer uma estimativa ou um modelo com base em uma amostra, observando a noção de representatividade de modo a evitar viés de amostragem (BRUCE; BRUCE, 2019). A escolha do modelo de amostragem apropriado para fazer marcações de campo para inspecionar feixes de permutadores de calor a partir de ensaios não destrutivos depende de vários fatores, incluindo o tipo de permutador de calor, o histórico de operação, o grau de criticidade dos componentes e os recursos disponíveis. Dessa

forma, não existe um único modelo de amostragem que se aplique a todas as situações, mas algumas abordagens são possíveis.

No modelo de amostragem de *inspeção 100%*, a totalidade dos feixes é inspecionada. Essa abordagem é dispendiosa em termos de recursos e tempo, uma vez que permite a abrangência completa do equipamento, mas em contrapartida possui a vantagem de proporcionar alto grau de confiabilidade na detecção de defeitos. Sendo assim, em situações em que a segurança é uma prioridade crítica, este modelo de amostragem pode ser uma escolha preferencial para garantir o máximo de integridade possível para o equipamento, especialmente para os trocadores do tipo *air cooler*.

Já a inspeção baseada numa *amostragem estratificada* pode ser utilizada quando a variável de interesse apresenta um comportamento substancialmente diverso, tendo, entretanto, comportamento razoavelmente homogêneo dentro de cada estrato (BUSSAB; BOLFARINE, 2005). Portanto, envolve a divisão do equipamento em setores com base em critérios relevantes, e amostras representativas de cada estrato são inspecionadas. Consiste em uma metodologia mais eficiente em termos de recursos humanos, materiais e financeiros, permitindo identificar áreas críticas que podem exigir atenção adicional.

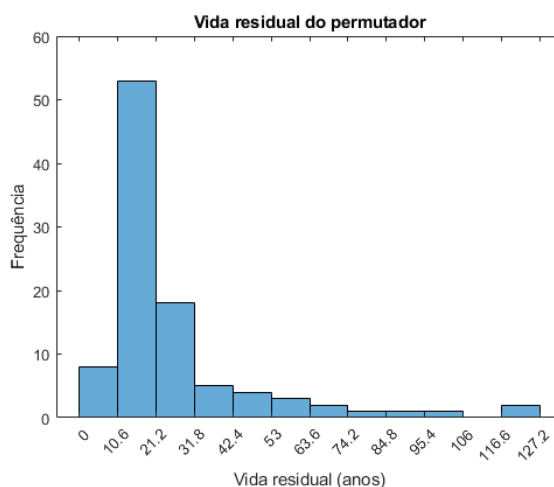
Dentro desse contexto, o modelo de amostragem estratificada baseada em critérios de processo divide os feixes tubulares em setores prioritários com base no risco a que estão expostos, levando em consideração fatores como a idade do equipamento, histórico de manutenção, geometria do permutador, natureza do fluido de processo, condições operacionais, localização dos bocais de entrada e saída, entre outros. Uma das principais vantagens desse modelo é a alocação mais eficiente de recursos, uma vez que os feixes de maior risco são inspecionados com mais frequência e os de menor risco recebem menos atenção.

A respeito deste tópico, Sabino *et al.* (2007) descreve uma metodologia para análise de resultados obtidos por IRIS, incluindo procedimentos de dimensionamento de amostras, determinação de regiões com maior severidade de corrosão a fim de definir um modelo de inspeção baseada em risco, além de definir um cálculo da espessura crítica do tubo e fornecer orientações para realizar um teste de hipóteses a fim de avaliar a capacidade de operação do feixe tubular.

Na etapa de análise de dados, é fundamental escolher uma ferramenta de estatística descritiva adequada a fim de se extrair informações relevantes a partir dos dados obtidos e condensá-las num formato intuitivo e visual. Para isso, é necessário entender quais os tipos e a distribuição dos dados, além dos objetivos da análise. Foram escolhidas para avaliação as ferramentas estatísticas de Histograma, *Boxplot* e Carta de Controle, por serem amplamente utilizadas no controle estatístico de processos que envolvem repetibilidade.

O histograma (Figura 17) é uma ferramenta estatística que demonstra, através de um gráfico de barras, uma distribuição de frequências, onde a base de cada uma das barras representa uma classe (ou intervalo) e a altura representa a quantidade ou frequência absoluta com que o valor de cada classe ocorre, podendo ser utilizado quando se deseja resumir grandes conjuntos de dados de forma visual e, ao mesmo tempo, como um indicador de dispersão de processos.

Figura 17 – Histograma de vida residual de permutador de calor



Fonte: A autora (2024)

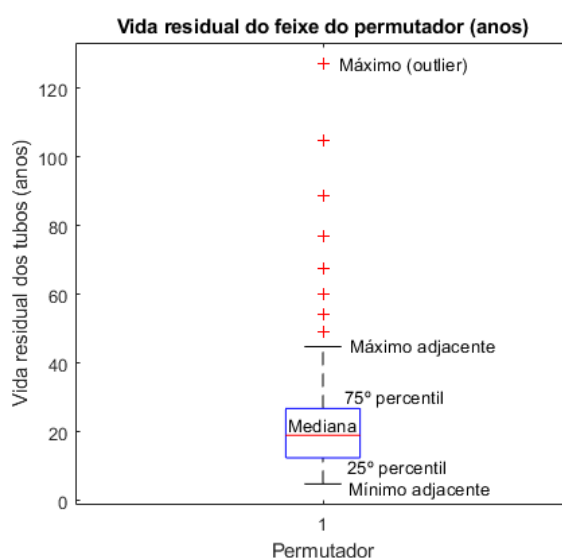
Um histograma oferece uma representação visual da distribuição dos dados, mostrando como as vidas residuais dos tubos estão distribuídas ao longo de uma faixa de valores e permitindo identificar padrões – como a presença de distribuição normal, assimetria ou picos múltiplos. Não é possível, por exemplo, identificar no histograma qual o valor da mediana e quantos são os valores discrepantes.

O gráfico de *Boxplot* (Figura 18) é uma ilustração a partir de um conjunto de dados usando um diagrama de caixa. O nome vem do fato de que a metade central de um conjunto de dados é representada pela região entre as partes de cima e de

baixo de uma caixa (retângulo). Assim, a parte superior da caixa é o 75º percentil (equivalente ao terceiro quartil, Q_3), e a parte inferior da caixa é o 25º percentil (o primeiro quartil, Q_1). Uma linha horizontal é desenhada no 50º percentil (equivalente a mediana ou ao segundo quartil, Q_2). As linhas horizontais são desenhadas, então, a partir da caixa para a maior e a menor observações adjacentes (adaptado de RYAN, 2011 *apud* OLIVEIRA, 2016).

O *Boxplot* permite avaliar a simetria dos dados, sua dispersão e a existência ou não de valores extremos (*outliers*), sendo especialmente adequado para a comparação de dois ou mais conjuntos de dados (SILVA, 2009 *apud* OLIVEIRA, 2016).

Figura 18 – *Boxplot* de vida residual de permutador de calor



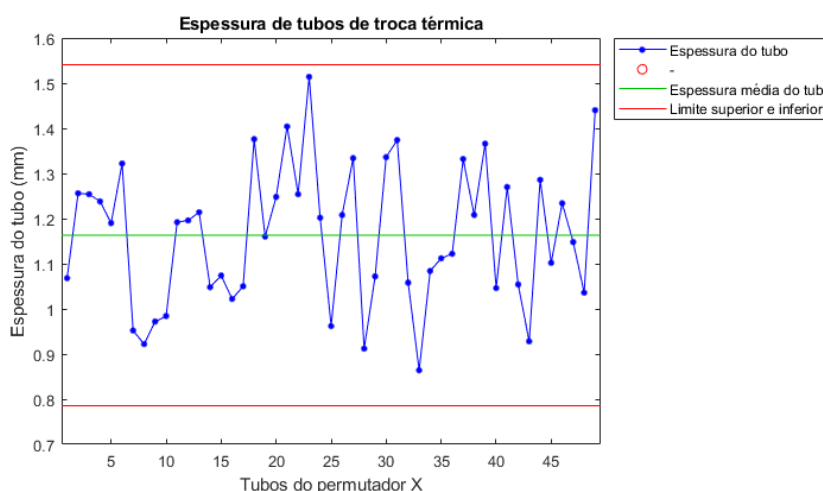
Fonte: A autora (2024)

Sendo assim, o *Boxplot* consiste numa alternativa viável para a análise da vida residual do feixe de troca térmica, visto que é eficaz na identificação de valores atípicos, podendo indicar falhas prematuras ou problemas específicos que precisam ser abordados. Além disso, permite comparar visualmente a distribuição das vidas residuais entre permutadores de calor idênticos ou não, operando ou não nas mesmas condições operacionais, sendo útil para detectar diferenças significativas em distintas condições operacionais ou desvios de padrões já conhecidos, fornecendo uma representação gráfica simples e intuitiva e agregando informações relevantes sobre a

variabilidade dos dados – incluindo *outliers*, média, mediana, quartis e a amplitude interquartil. Além disso, a comparação evolutiva entre gráficos *Boxplot* de um mesmo feixe ao longo do tempo pode ser muito útil para avaliação de tendências.

O gráfico Carta de Controle é uma das sete ferramentas básicas de controle de qualidade, sendo normalmente utilizado para dados de séries temporais, embora também possa ser utilizado para dados que tenham comparabilidade lógica (DOSTÁL; COMMUNEAU, 2014). No caso do estudo dos autores, foi demonstrada a possibilidade de utilizar essa ferramenta de qualidade para a análise de sinais acústicos de corrosão, para prever o estado futuro do equipamento monitorado.

Figura 19 – Carta de controle de espessura de tubos de troca térmica



Fonte: A autora (2024)

A análise de cartas de controle permitiria o monitoramento da taxa de corrosão dos tubos ao longo do tempo e a identificação de quaisquer mudanças significativas ou anomalias que possam indicar problemas no processo ou na integridade dos tubos, o que seria válido como informação adicional ao *Boxplot* de vida residual. Além disso, os gráficos ajudariam a identificar se as variações observadas são devido a causas comuns aleatórias ou se indicam a presença de causas especiais que requerem ação corretiva. Porém, devido à impossibilidade de análise comparativa entre grupos de permutadores idênticos operando sob as mesmas condições (baterias de permutadores), tal recurso não foi escolhido para a análise.

2.2.6 Normatização

O desenvolvimento das normas regulatórias para equipamentos industriais foi fomentado principalmente pela crescente demanda por segurança operacional, aumento dos níveis de qualidade no processo de fabricação e aprimoramento na eficiência e desempenho desses equipamentos ao longo do tempo. Dentro desse contexto, algumas normas se destacam por oferecerem amplo respaldo técnico na área de projeto, fabricação, integridade estrutural e inspeção de permutadores de calor, sendo as principais abordadas a seguir.

2.2.6.1 Normas de Projeto e Fabricação: TEMA e PETROBRAS N-466

A norma TEMA, desenvolvida por uma associação homônima de fabricantes de permutadores de calor nos Estados Unidos, possui o objetivo de fornecer diretrizes e critérios técnicos para o projeto e a fabricação desses equipamentos e atualmente possui dez edições publicadas, continuamente atualizando a indústria sobre os mais recentes avanços em tecnologia de permutadores de calor.

Em termos da padronização da construção mecânica de permutadores de calor tubulares, esta norma considera três classes: R, C e B. A classe R é a mais restritiva e se aplica aos casos em que o serviço é severo e contínuo, como na indústria de processamento de petróleo; as classes C e B são aplicadas em casos mais amenos, onde é possível empregar equipamentos mais baratos, sem, no entanto, prejudicar a segurança da instalação (TEMA, 2007).

Para a classe R, componentes pressurizados construídos com aço carbono ou ferro fundido devem ser obrigatoriamente projetados com uma sobresspessura mínima de 3,2 mm ($1/8$ "). No entanto, a adoção de sobresspessura para tubos não representa, em geral, uma proteção adequada contra a corrosão, uma vez que o processo raramente é uniforme. Essa prática traz ainda uma série de inconvenientes relativos aos aspectos construtivos do permutador de calor; portanto, costuma-se evitar a corrosão nos tubos via especificação de material compatível, evitando-se o emprego de aço carbono quando o serviço é corrosivo (HORTA; SOUSA, 2004).

Em relação ao comprimento de tubos, são comumente empregadas as dimensões de 2438, 3048, 3658, 4877 e 6096 mm em permutadores com tubo reto e

em U; já a Norma Petrobras N-466 procura padronizar os tubos, especificando, quando possível, um comprimento de seis metros ou um múltiplo desse valor.

A norma TEMA determina diâmetros nominais de $\frac{1}{4}$ " a 2" para tubos de cobre ou fabricados com outras ligas, enquanto tubos de aço carbono, alumínio e suas ligas podem possuir de $\frac{5}{8}$ " a 2" de diâmetro. Para a N-466, o diâmetro nominal dos tubos para permutadores corresponde ao seu diâmetro externo, empregando-se, na maioria dos casos, tubos com diâmetro nominal de $\frac{3}{4}$ " e 1".

De acordo com ambas as normas, a distância mínima entre tubos adjacentes (chamada de passo) é de 1,25 vezes o diâmetro nominal do tubo, sendo usual serem especificados passos de 1 e 1,25 para tubos de $\frac{3}{4}$ " e 1", respectivamente (HORTA; SOUSA, 2004).

2.2.6.2 Normas de Integridade Estrutural: API RP 571

A API RP 571 (API, 2020) é uma publicação que aborda os mecanismos de danos que podem afetar equipamentos fixos (ou estáticos) na indústria de refino de petróleo.

Essa norma foi desenvolvida em resposta à necessidade de identificar e entender os diferentes mecanismos de danos que podem ocorrer em equipamentos dessa categoria, fornecendo informações práticas sobre estes fenômenos e sobre como esse conhecimento pode ser aplicado à seleção de métodos de inspeção e avaliação de equipamentos do ponto de vista de segurança e confiabilidade (API, 2020).

Cada um dos mecanismos de dano encontrados nesta norma contém uma descrição do mecanismo, uma lista de materiais ao qual são suscetíveis, fatores críticos que o afetam, equipamentos e/ou unidades onde comumente ocorre, aparência ou morfologia do dano e medidas que podem ser tomadas para prevenir ou mitigar esse mecanismo específico.

2.2.6.3 Normas de Gestão da Integridade Estrutural: NR-13

A Norma Regulamentadora NR-13 (MTE, 2014) estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento, nos aspectos relacionados à sua instalação, inspeção, operação e manutenção.

As práticas recomendadas por esta norma visam preservar esses equipamentos, conservando o seu funcionamento e prolongando a vida útil, mas também garantir a segurança dos trabalhadores, evitando o risco de acidentes.

2.2.6.4 Normas de Ensaio Não Destrutivos: NBR 16432 e 15193

De acordo com a ABNT (2021), a NBR 16342 estabelece os requisitos para a realização de ensaio não destrutivo por meio da técnica IRIS, para avaliação de perda de espessura de tubos de permutadores de calor e caldeiras, informando requisitos mínimos para o procedimento de medição, detalhes sobre calibração e ajuste do sistema de medição, requisitos para o registro de resultados e anexos com fotos de padrões de referência.

Já a norma NBR 15193 (ABNT, 2020) discorre sobre a metodologia para a realização de ensaio não destrutivo através de correntes parasitas de multifrequência e multiparâmetros, e os requisitos de sistemas de inspeção, em tubos não ferromagnéticos instalados em permutadores de calor. Nesta norma, são detalhadas quais as normas para qualificação de pessoal técnico responsável pelo ensaio, os tipos de aparelho analógico e digital de correntes parasitas, como é realizada a determinação da frequência de ensaio e também os requisitos necessários para realização dos registros e elaboração dos relatórios de resultados sobre o ensaio.

2.2.6.5 Normas de Inspeção: PETROBRAS N-2511

Nos permutadores de calor, um problema comum após certo tempo de vida útil do equipamento é o surgimento de vazamentos, que podem ocorrer por corrosão, fragilidade de solda, trincas, deformações excessivas e fadiga do material. Durante a manutenção de um permutador de calor, os feixes tubulares são removidos e

preparados para inspeção, sendo importante ressaltar que a própria Norma N-2511 (PETROBRAS, 2000) propõe uma metodologia para escolha e quantidade de tubos para remoção e inspeção que se baseia em criticidade e/ou histórico do feixe.

Primeiramente, é realizada a inspeção visual detalhada dos tubos para identificar problemas como empenos, corrosão e erosão de tubos próximo às conexões de entrada e saída de produto do casco, existência de trincas e perda ou excesso de mandrilagem e, quando se considerar necessário, os tubos podem ser inspecionados através de ensaios não destrutivos. A Norma N-2511 recomenda efetuar o ensaio por Partículas Magnéticas (PM) por amostragens nas juntas soldadas do casco e conexões de equipamentos com histórico de ocorrências ou que operem em condições com potencial de indução de defeitos.

Nos espelhos fixo e flutuante, são analisados os desgastes ocasionados pelos fluidos de processo e inspecionadas as ranhuras de vedação do espelho para a eliminação de possíveis vazamentos nas regiões de assentamento das juntas de vedação, realizando a usinagem dos espelhos quando necessário para recomposição das ranhuras, sendo também verificados os estados da pintura e das soldas de selagem. O reparo dos tubos destes equipamentos pode ser realizado através da substituição parcial ou integral de tubos de um feixe, reaproveitando-se os espelhos, caso estes apresentem condições de reutilização, e realizando a mandrilagem e/ou soldagem dos tubos no espelho utilizando procedimentos específicos.

É comumente empregado o artifício de tamponamento (ou plugueamento) de tubos furados, bem como o tamponamento preventivo de tubos com baixa vida residual ou entupidos, restituindo ao feixe de troca térmica uma sobrevida com maior confiabilidade. O tamponamento de tubos pode ser feito com o uso de tampões ou *plugs* do mesmo material dos tubos, usinado em formato cônico ou de “rolha de garrafa”, podendo ser apenas prensado contra as extremidades dos tubos ou adicionalmente selado com solda evitando soltura.

Feixes que apresentem suspeita ou histórico de furos podem ser pré-testados hidrostaticamente, para detecção dos tubos com vazamentos. A critério do profissional habilitado, os tubos com vazamentos podem ser remandrillados, substituídos ou plugueados, sendo que estes últimos devem ser furados ou degolados, de modo a evitar sua pressurização. Pode-se decidir pelo plugueamento destes tubos e recolocação do equipamento em operação, sendo comumente estabelecido um limite

máximo de 10% de plugueamento por passe (PETROBRAS, 2001).

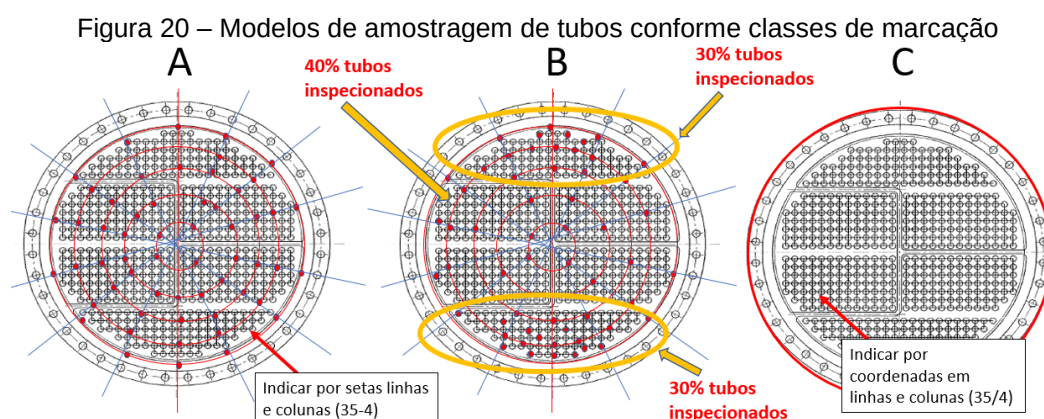
3 METODOLOGIA

A metodologia consiste em um estudo de caso desenvolvido a partir de dados de resultados de ensaios de IRIS e CP em tubos de feixes de troca térmica de 60 permutadores de uma planta de processo localizada em Pernambuco, na região industrial de Suape, que operaram em condições diferentes, sendo que seis desses permutadores foram utilizados para exemplificar a demonstração dos resultados desse estudo.

Os permutadores avaliados operaram em condições diferentes entre si, no que diz respeito a fluidos, temperaturas, contaminantes, entre outros parâmetros. A partir dos valores dessas medições, objetivou-se adotar uma ferramenta de estatística descritiva que proporcionasse uma avaliação mais assertiva sobre a integridade estrutural do feixe de troca térmica.

3.1 MODELOS DE AMOSTRAGEM DE TUBOS CONFORME CLASSES DE MARCAÇÃO

Levando em consideração fatores de processo, histórico operacional, fluidos participantes do processo e tipos de permutadores, a distribuição amostral de tubos para realização de ensaios de IRIS ou CP é feita, inicialmente, pela sugestão de três classes de marcações prévias de tubos nos espelhos dos feixes, para realização de ensaios (Figura 20).



Fonte: A autora (2024)

Esse estudo limitou-se a três possíveis sugestões de marcações, em que a Classe A representa pontos igualmente distribuídos ao longo do espelho de feixes tubulares, a Classe B mostra pontos concentrados nas partes superior e inferior e a Classe C indica inspeção total (inspeção de 100% de tubos). Essas marcações podem ser pré-definidas em função de alguns fatores como:

- a) CLASSE A – Corrosão igualmente provável em todos os tubos e quantidade de tubos elevada, requerendo amostragem uniforme;
- b) CLASSE B – Corrosão não igualmente provável em todos os tubos, podendo-se ter corrosão na região mais inferior (para fluidos com segundas fases mais corrosivas como, por exemplo, petróleo salgado, onde uma camada de água salgada permanece na parte inferior do permutador) ou no caso de fluidos bifásicos com fases vapor constituídas de vapores corrosivos que se alocam na parte superior do permutador. Outro fator que pode ser indicativo dessa classe seria a localização de entrada/saída de fluidos como o vapor, em casos em que o bocal se localiza no centro do permutador, incidindo diretamente sobre os tubos e causando processo corrosivo/erosivo, mesmo com utilização de chapas de sacrifício protegendo os tubos contra a incidência direta do vapor. Conforme as condições acima, essa classe poderia concentrar maior quantidade de amostras apenas na região superior ou apenas na região mais inferior do feixe.
- c) CLASSE C – Corrosão igualmente provável em todos os tubos e quantidade de tubos pequena, sendo inviável a realização das medições por amostragem. Essa classe também é preferível para permutadores de calor do tipo *air cooler* devido ao fato de que, em caso de vazamento, o mesmo ocorre para o ambiente, dado que não há casco envolvendo o feixe de tubos; assim, essa decisão de inspeção 100% é ainda mais reforçada quando se trata de fluidos tóxicos e inflamáveis.

O objetivo é que as marcações dos espelhos sejam realizadas de forma que as amostras dos tubos a serem analisados seja a mais representativa possível da

localização preferencial de corrosão no conjunto dos tubos. Inicialmente, as marcações são feitas com base no conhecimento do processo e equipamentos e depois vai sendo confirmada, a cada inspeção/medição realizada, a melhor escolha das regiões preferenciais de marcação. O aspecto de segurança e disponibilidade operacional é um dos fatores que mais influenciam essa decisão.

Quando não se tem conhecimento da existência de corrosão preferencial numa determinada região (ou para validação dessas), as Classes A ou C devem ser utilizadas, conforme o caso.

3.2 IDENTIFICAÇÃO E MARCAÇÃO PRÉVIA DOS TUBOS NOS ESPELHOS DE FEIXES DE TROCA TÉRMICA

Antes mesmo de os permutadores serem liberados para parada e inspeção, os espelhos dos equipamentos já têm definidos seus croquis de marcação. A marcação é realizada com uso de lápis de marcador industrial, conforme Figura 21.

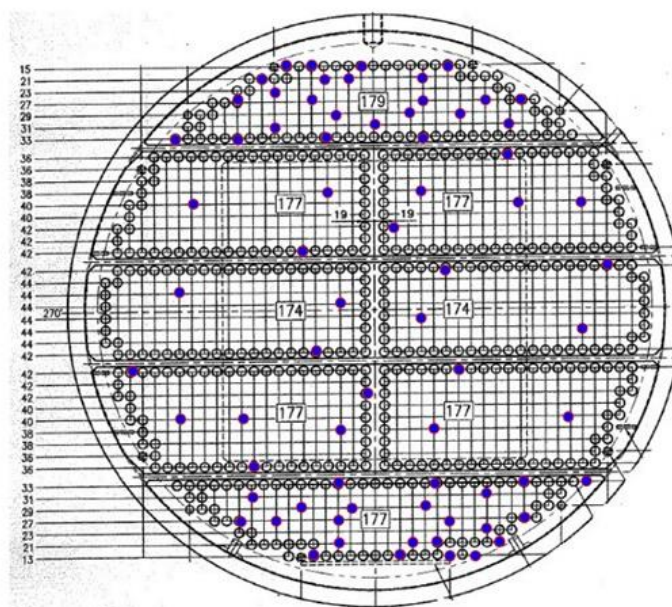
Figura 21 – Giz industrial para marcação em metal



Fonte: Joacel Importação & Distribuição (2024)

O croqui de marcação é feito de forma que cada tubo recebe uma identificação matricial, independentemente do formato do espelho do feixe, composta pela sua posição linha/coluna, permitindo identificação e comparação entre valores de espessura medidos em datas distintas e calculando-se a vida residual de cada tubo separadamente.

Figura 22 – Identificação matricial dos tubos de troca térmica



Fonte: A autora (2024)

As imagens das marcações dos espelhos encontram-se no **ANEXO 1 – RELATÓRIOS DE ENSAIOS DE IRIS E CP**, juntamente com os valores de vidas residuais individuais por tubos, determinadas a partir dos resultados de END de IRIS e CP.

3.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE UM FEIXE DE TROCA TÉRMICA

A vida útil de um feixe de troca térmica deve ser calculada em função das vidas úteis de todos os tubos, considerando a quantidade de tubos da amostra, que pode ser parcial (no caso de inspeção estratificada) ou total (no caso de inspeção 100%). Ademais, a utilização de uma ferramenta de estatística descritiva para avaliar a vida residual de um feixe com base nas diversas vidas residuais dos tubos ensaiados se faz indispensável.

Na Tabela 1, estão apresentadas as informações sobre condições operacionais e construtivas dos seis permutadores avaliados.

Tabela 1 – Condições operacionais e construtivas dos permutadores

Permutador	Fluido dos tubos	Material dos tubos	Fluido do casco	Tipo/formato do feixe	Tempo de operação (anos)
A	Diesel pesado	SA-249-TP317L	Petróleo	Flutuante	6,3
B	Petróleo	SA-214	Vapor de topo	Flutuante	6,3
C	Reciclo	SA-249-TP317L	Nafta	Flutuante	6,3
D	Água de resfriamento	SA-179	Vapor d'água	Tipo I	6,3
E	Água de resfriamento	SA-179	Hidrocarboneto	Tipo I	6,3
F	Diesel + H_2 + H_2S	SA-213M-TP347	Diesel + H_2	Tipo U	6,3

Fonte: A autora (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os seis permutadores estudados, foram calculadas as vidas residuais de cada um dos tubos escolhidos da amostra e, com base nesses, foi definida a vida residual dos feixes com base em planilha de cálculo de vida residual utilizada para essas avaliações. As avaliações com base em tais valores de vida residual são indispensáveis para a definição do que será feito com cada tubo que furou e, também, com os que apresentam vida residual inferior ao intervalo da próxima intervenção periódica planejada (plano de inspeção periódica do equipamento).

4.1 PLANILHAS DE VIDA RESIDUAL DOS FEIXES DE PERMUTADORES

O Anexo 01 contém as planilhas de vidas residuais individuais dos tubos dos feixes dos permutadores A, B, C, D, E e F, conforme ensaios realizados de IRIS e CP.

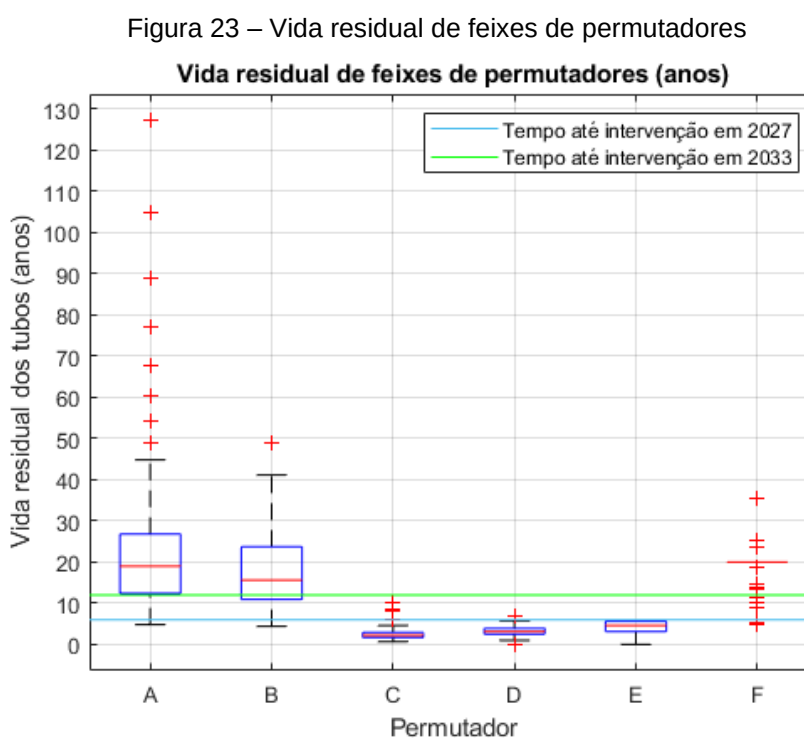
As planilhas consolidam os valores de espessura medidos, indicando a existência de corrosão interna e/ou externa e calculando a vida residual individual de cada tubo do feixe de troca térmica dos permutadores. Com base no percentual de tubos aprovados, reprovados, tamponados ou entupidos, a planilha informa se o feixe está aprovado ou não, sob o ponto de vista da quantidade de tubos ainda disponíveis para operação, de forma que a eficiência de troca térmica não seja comprometida. Entretanto, a aprovação de um feixe com base no critério do percentual mínimo de 80% de tubos disponíveis (abaixo disso pode-se comprometer o desempenho de troca

térmica) não implica que o feixe tenha vida residual adequada para vencer determinada campanha – sendo assim, o gráfico de *Boxplot* é utilizado para complementar a tomada de decisão pela avaliação conjunta das vidas residuais de todos os feixes.

4.2 AVALIAÇÃO DOS DADOS COM BASE NO GRÁFICO *BOXPLOT*

A ferramenta de análise de estatística descritiva adotada foi a do gráfico *Boxplot*, em função de permitir uma avaliação visual rápida dos valores máximo, mínimo, média e mediana, tornando possível uma análise confiável da condição de deterioração do feixe de troca térmica como um todo, além de permitir facilmente a avaliação comparativa de feixes de permutadores semelhantes operando sob a mesma condição (baterias de permutadores). Os gráficos *Boxplot* podem ser facilmente gerados a partir de uma tabela de dados via planilhas eletrônicas, programa em Python ou Programa R, tendo sido a primeira opção a adotada.

Os valores de medições das vidas residuais dos feixes dos seis permutadores estudados, contidos no Anexo 01, foram plotados em um gráfico *Boxplot*, conforme Figura 23.



Fonte: A autora (2024)

Pelo gráfico acima, podemos ter um sentimento da vida residual dos diferentes feixes, auxiliando a tomada de decisão com base nos valores planilhados das medições de espessura medidas individualmente para cada tubo. Ao se observar a distribuição dos dados dentro do *Boxplot*, é possível realizar a previsão de falhas e implementar estratégias de manutenção preventiva: as retas de tempo de intervenção indicam visualmente o limite para detectar se um conjunto de dados de vida residual de feixes de permutadores deve ser aprovado ou reprovado, e os valores extremos podem ser facilmente identificados, ajudando a equipe de inspeção a focar sua atenção nos tubos que apresentam graus elevados de corrosão e demandam tamponamento ou substituição com maior urgência, ou mesmo decidir com maior assertividade os permutadores de calor que devem deixar de operar.

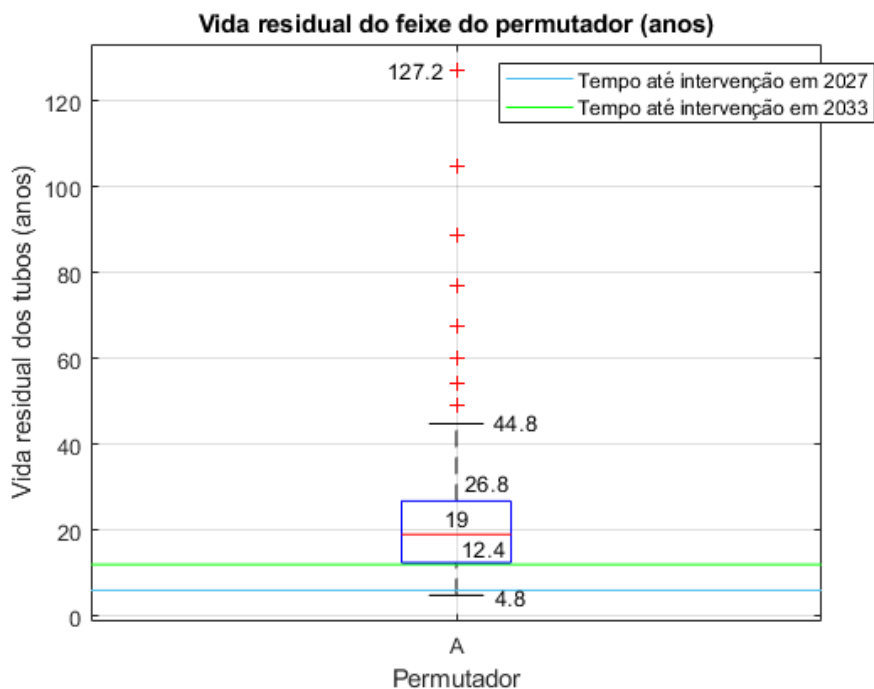
É importante analisar se os valores discrepantes (*outliers*) de vida residual são genuínos (ou seja, devidos à alta variabilidade dos dados) ou se podem ser atribuídos a erros de medição que não são representativos do grau de corrosão verificado nos tubos. Essa análise pode ser realizada através de comparações com dados históricos do mesmo permutador de calor ou entre grupos de permutadores de calor de mesmas características construtivas que estejam submetidos a condições operacionais semelhantes (baterias de permutadores). Nesse contexto, faz sentido analisar outras variáveis de operação que estejam influenciando nos valores extremos observados.

Inclusive, a partir da análise de *Boxplots* de baterias de permutadores, podem ser identificados padrões e tendências comuns entre os equipamentos, fornecendo insights valiosos sobre a variabilidade na vida útil. Se os gráficos tiverem sobreposição significativa, isso sugere que os fatores operacionais possuem um impacto consistente na vida útil dos permutadores; se, por outro lado, houver diferenças significativas, pode ser devido a fatores não considerados, como distinções na qualidade dos materiais, variações na instalação ou manutenção, entre outros. Além disso, analisar estes *Boxplots* pode auxiliar a otimização das operações, permitindo ajustes nos parâmetros operacionais para maximizar a vida útil e minimizar custos de manutenção, auxiliando na previsão de compras de sobressalentes.

Os gráficos *Boxplot* da Figura 24 à Figura 29 foram elaborados considerando as indicações das próximas intervenções de manutenção e inspeção (nos anos de 2027 e 2033), onde novos END serão aplicados e novas vidas residuais avaliadas após um período de seis anos entre cada intervenção programada. A distribuição das

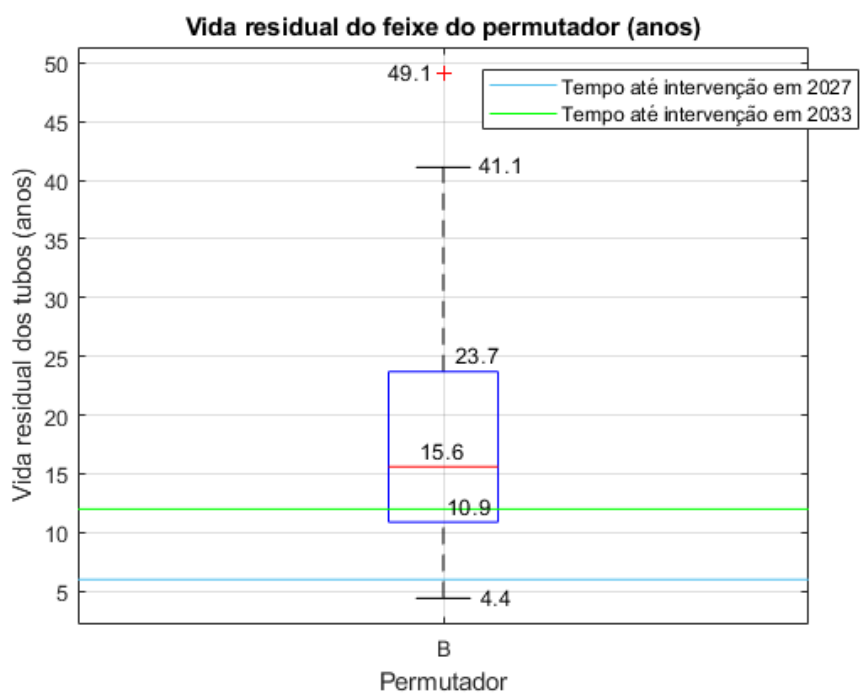
vidas de cada tubo expressa pelos gráficos permite uma avaliação rápida sobre se o feixe de tubos sobrevive a cada uma das próximas intervenções programadas ou se deverá ser substituído de imediato na presente intervenção.

Figura 24 – Vida residual do Permutador A



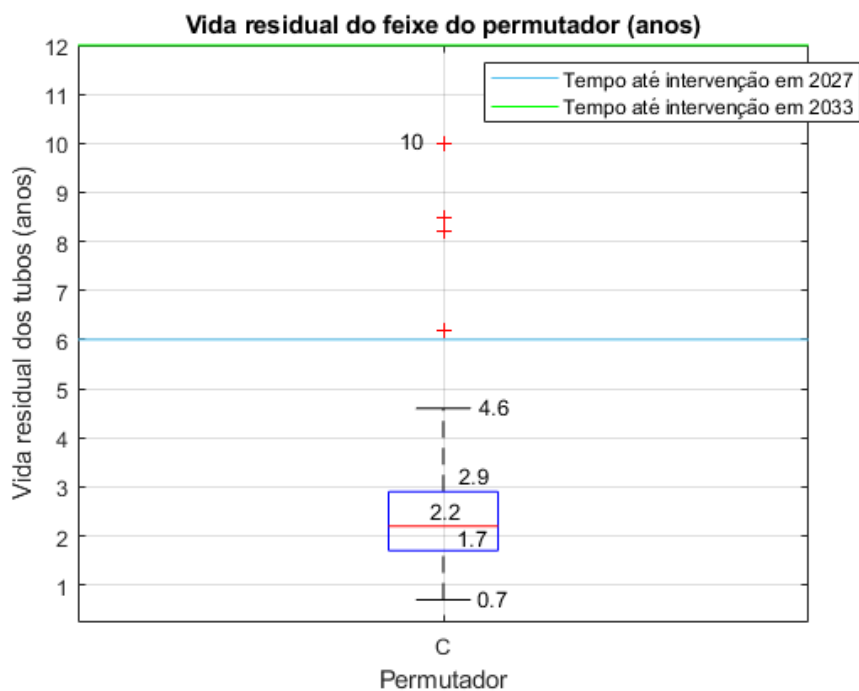
Fonte: A autora (2024)

Figura 25 – Vida residual do Permutador B



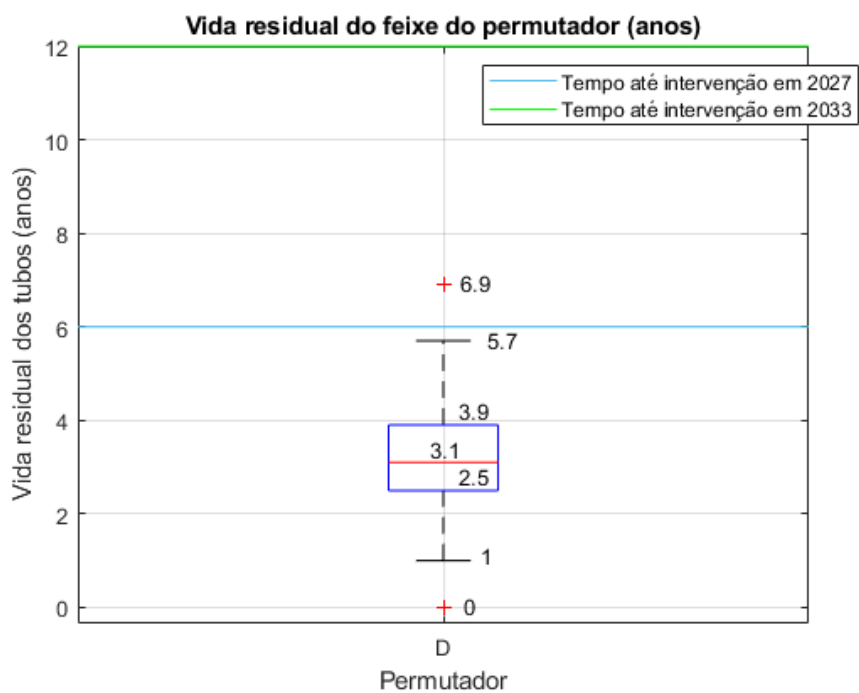
Fonte: A autora (2024)

Figura 26 – Vida residual do Permutador C



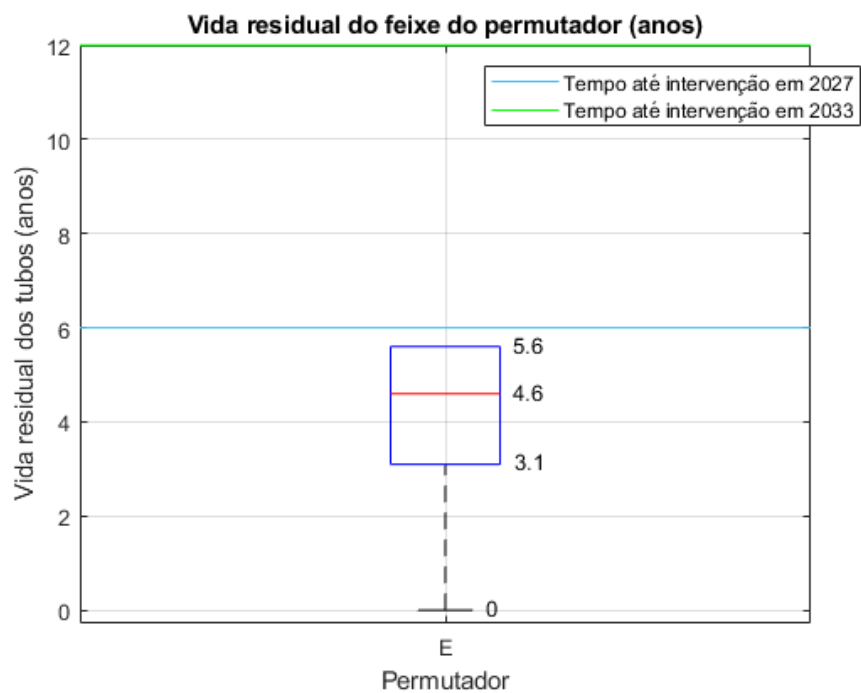
Fonte: A autora (2024)

Figura 27 – Vida residual do Permutador D



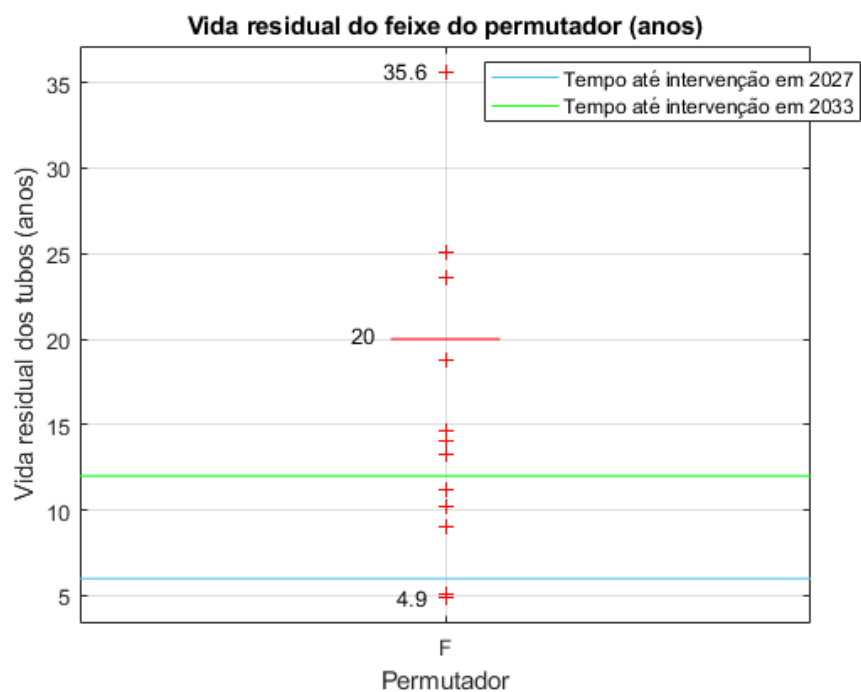
Fonte: A autora (2024)

Figura 28 – Vida residual do Permutador E



Fonte: A autora (2024)

Figura 29 – Vida residual do Permutador F



Fonte: A autora (2024)

Os *Boxplots* apresentados permitem detectar três padrões de comportamento:

- a. Os permutadores A e B indicam que aproximadamente 75% das vidas residuais de tubos destes permutadores de calor são superiores ao tempo até as próximas duas inspeções (que acontecerão em 2027 e 2033). Os valores de vida residual acima do primeiro quartil possuíram alta variabilidade, enquanto os valores abaixo do terceiro quartil variaram pouco. Ainda assim, desconsiderando os valores extremos de ambos os gráficos, a variabilidade deles foi semelhante. Os gráficos indicam que, para tais permutadores de calor, aproximadamente 25% dos tubos devem ser substituídos ou tamponados na operação de inspeção de 2033;
- b. Os permutadores C, D e E possuem *Boxplots* bastante achatados indicando baixíssima variabilidade de dados e com a quase totalidade dos valores de vida residual inferiores ao requerido para operar até as datas das inspeções, significando que atingirão valores críticos de corrosão antes da próxima inspeção, sendo esta avaliação crucial para determinar um planejamento de reparo ou substituição, no caso de corrosão intensa e comprometimento da integridade estrutural do equipamento;
- c. No Permutador F, o valor da mediana domina o intervalo interquartil, o que significa que 50% dos valores encontrados para a vida residual são de 20 anos. Os demais valores são extremos, porém a maioria dos dados ultrapassa as linhas de tempo de intervenção, por isso o permutador de calor foi considerado aprovado após a análise dos dados, demandando apenas tamponamentos pontuais.

No primeiro permutador, a corrosão se apresentou majoritariamente interna, possivelmente devido a condições como temperatura, velocidade do fluido ou aos componentes corrosivos desta composição específica de diesel. No Permutador C foi percebida grave corrosão externa, demonstrando que o ambiente do casco, onde a nafta de petróleo está presente, pode estar contribuindo significativamente para a corrosão dos tubos. De fato, é verificado em diversos estudos que certos parâmetros específicos da nafta podem influenciar sua corrosividade em sistemas de dutos para aplicações petroquímicas (JIN *et al.*, 2016).

O aço inoxidável austenítico usado para fabricar os tubos de ambos os permutadores foi projetado para serviços em altas temperaturas e ambientes corrosivos. É importante lembrar que não há um material ideal que seja resistente a todos os meios em todas as condições; no entanto, os aços inoxidáveis e ligas à base de níquel são considerados materiais resistentes à corrosão, embora sejam suscetíveis a outros tipos de corrosão, como corrosão por *pitting*, corrosão intergranular e trinca por corrosão sob tensão (GROYSMAN, 2016).

Os materiais SA-214 e SA-179 são ambos utilizados comumente em permutadores de calor e equipamentos similares em temperaturas moderadas e pressões relativamente baixas, enquanto SA-213M-TP347 é uma especificação para tubos de aço inoxidável austenítico projetados para uso em caldeiras e permutadores de calor em aplicações onde a resistência à corrosão em altas temperaturas é importante, sendo utilizado em ambientes mais agressivos, como fluidos contendo ácido sulfídrico, a exemplo do Permutador F.

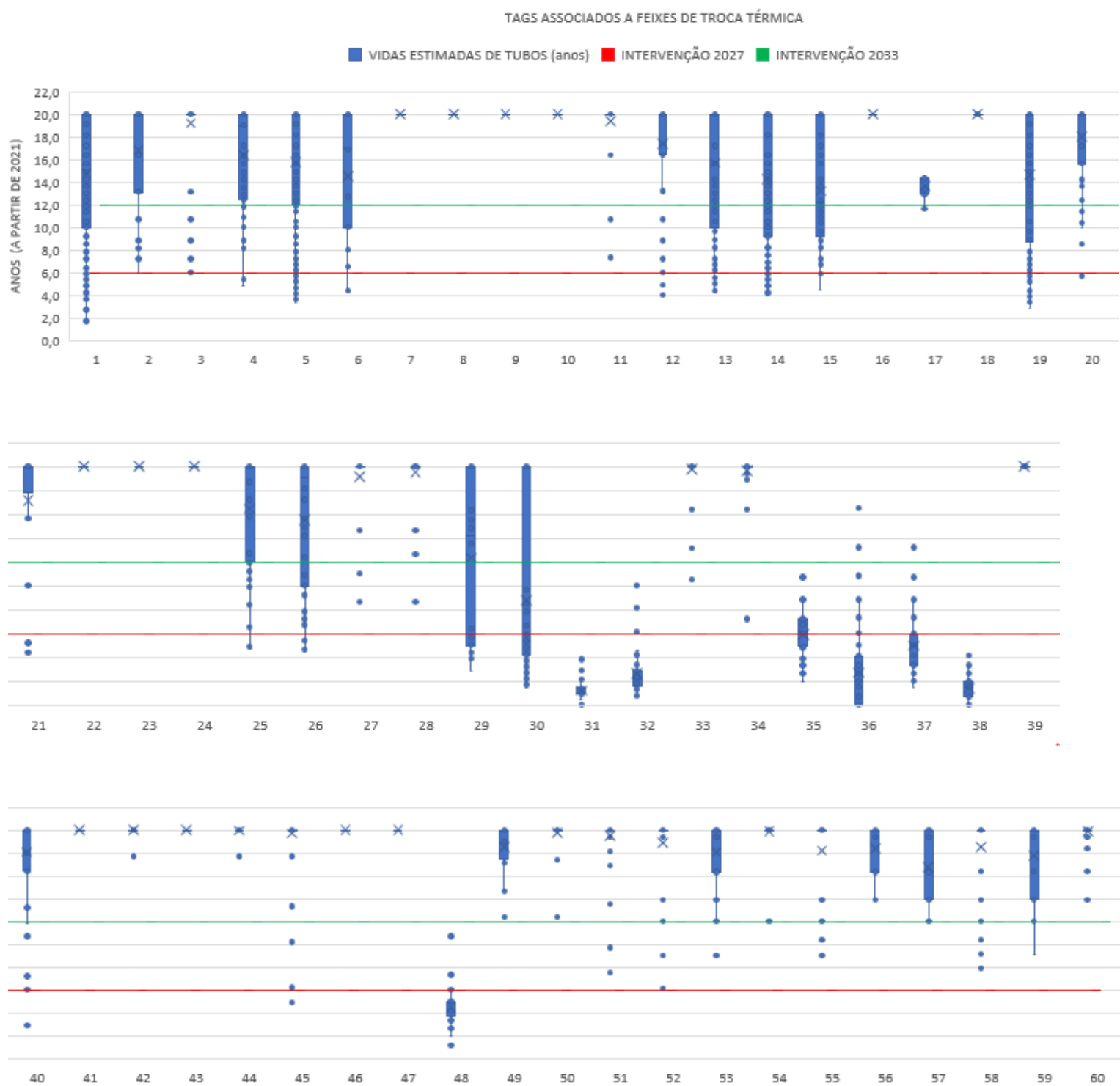
No caso dos permutadores D e E, ambos com água de resfriamento fluindo pelos tubos de troca térmica, houve significativa corrosão interna, além de entupimentos em grande parte dos tubos do Permutador D. Segundo estudo conduzido por Lin (2013), o alto teor de limo na água circulante e o crescimento de micro-organismos em equipamentos de resfriamento em refinarias de petróleo causam corrosão grave, levando à redução da eficiência da transferência de calor e ao bloqueio do equipamento.

A taxa de perda de espessura anual dos tubos também se apresenta como um parâmetro de grande importância, devendo ser considerado no projeto de futuros permutadores de calor que trabalharão em condições operacionais idênticas ou semelhantes, pois pode contribuir para o estabelecimento da vida útil do equipamento em função de dados experimentais.

4.3 GRÁFICO *BOXPLOT* DE TODOS OS PERMUTADORES AVALIADOS

A Figura 30 representa as vidas residuais de todos os 60 permutadores avaliados, tomando como base as intervenções previstas em 2027 e 2033.

Figura 30 – Vida residual dos 60 permutadores avaliados



Fonte: A autora (2024)

Pela avaliação conjunta dos *Boxplots* da Figura 30, pode-se facilmente decidir sobre:

1. Reprovar os permutadores de número 31, 32, 35, 36, 37, 38 e 48 por apresentarem vida remanescente inferior à próxima intervenção programada, devendo ser imediatamente substituídos por não possuírem vida remanescente suficiente para vencer a campanha atual até 2027;
2. Considerar expectativa de reprovação dos permutadores de número 1, 6, 13, 14, 15, 19, 26, 29 e 30 na intervenção programada de 2027 por apresentarem vidas remanescentes de tubos esgotando-se em grande quantidade após esse ano, não possuindo expectativa de superar a campanha entre 2027 e 2033;
3. Considerar expectativa de reprovação dos permutadores de número 2, 4, 5, 17, 25, 57 e 59 em 2033. Esse cenário será confirmado na intervenção de 2027, quando novas medições de espessura serão realizadas;
4. Considerar expectativa de aprovação dos permutadores 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 18, 22, 23, 24, 27, 28, 33, 34 e 39 em 2033. Esse cenário será confirmado na intervenção de 2027, quando novas medições de espessura serão realizadas.

Para verificar a robustez dos resultados, deve-se, ainda, fazer correções entre resultados e expectativas de aprovações/reprovações futuras com os aspectos de corrosividade dos materiais dos tubos de troca térmica (cobre, aços inoxidáveis etc) frente aos fluidos em contato com as superfícies internas e externas dos tubos nas diversas condições operacionais de temperatura, contaminantes, fluxo bifásico, velocidades de escoamento, entre outros parâmetros. Essas verificações foram sugeridas na seção 6 (SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal aperfeiçoar a metodologia de inspeção de feixes tubulares de permutadores de calor, introduzindo critérios baseados em fatores de processo, mecanismos de danos, perfil de amostragem e aspectos construtivos dos equipamentos.

No que se refere ao primeiro objetivo específico, a análise detalhada das regiões de espelhos dos feixes de troca térmica, considerando os mecanismos de corrosão e outros fatores relevantes, permitiu identificar as áreas mais propensas a danos. Os resultados mostraram que a escolha estratégica de regiões para amostragem baseada no conhecimento sobre o processo não somente otimizou a identificação de regiões potenciais de falhas, como também contribuiu para a eficiência do procedimento de inspeção, garantindo que as intervenções de manutenção fossem realizadas de forma mais direcionada e eficaz.

Em relação ao segundo objetivo específico, a utilização do *Boxplot* se mostrou bastante promissora neste contexto, possibilitando uma avaliação visual clara das vidas residuais de feixes de permutadores de calor. Essa abordagem permitiu que as decisões sobre a continuidade de operação ou a necessidade de intervenção fossem tomadas com base em uma ferramenta estatística adequada à natureza dos dados e da avaliação pretendida, minimizando a incerteza e aumentando a confiança nas recomendações de manutenção. Além disso, comparar *Boxplots* com as mesmas características construtivas e condições operacionais pode trazer relevantes interpretações sobre a variabilidade no desempenho dos equipamentos, identificar problemas de desempenho ou manutenção e auxiliar na otimização das operações, a fim de melhorar a eficiência e a confiabilidade.

Dessa forma, os resultados alcançados neste estudo não apenas atenderam aos objetivos propostos, mas também estabeleceram um caminho para futuras pesquisas e práticas na área de manutenção de permutadores de calor. A metodologia aprimorada pode servir como referência para a indústria, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência dos processos industriais relacionados à troca térmica.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Criar uma base de dados de ensaios de tubos de troca térmica visando a validação de modelos de amostragem de tubos;
2. Utilizar ferramenta de processamento de imagem na avaliação de vida residual de tubos de feixes de troca térmica com base nas características dos gráficos *Boxplot* de uma bateria de permutadores;
3. Verificar robustez dos resultados, fazendo-se correções entre resultados e expectativas de aprovações/reprovações futuras com os aspectos de corrosividade dos materiais dos tubos de troca térmica (cobre, aços inoxidáveis etc) frente aos fluidos em contato com as superfícies internas e externas dos tubos nas diversas condições operacionais de temperatura, contaminantes, fluxo bifásico, velocidades de escoamento, entre outros parâmetros.

REFERÊNCIAS

ABENDI. **Guia Abendi de END & Inspeção**. Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, São Paulo, 2019.

ABNT. NBR 15193: **Ensaios não destrutivos – Correntes parasitas – Tubos não ferromagnéticos instalados em permutadores de calor**. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. NBR 16432: **Ensaios não destrutivos – Ultrassom – Inspeção de tubos de permutadores de calor e caldeiras pela técnica IRIS**. Rio de Janeiro, 2021.

ALFA LAVAL HEAT EXCHANGERS. **Shell-and-tube heat exchanger**. Disponível em: <https://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/tubular-heat-exchangers/shell-and-tube-heat-exchanger/>. Acesso em: 27 fev. 2024.

ALI, M.; UL-HAMID, A.; KHAN, T.; BAKE, A.; BUTT, H.; BAMIDELE, O.; SAEED, A. **Corrosion-related failures in heat exchangers**. Corrosion Reviews, v. 39, pp. 519-546, 2021. <https://doi.org/10.1515/correv-2020-0073>.

API. **API RP 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry**. Rev. A, 3ª Edição, Washington D.C., EUA: API, 2020.

API. **API RP 584: Integrity Operating Windows**. 2ª Edição, Washington D.C., EUA: API, 2014.

APPROVAL SWISS INTERNATIONAL. **IRIS/RFT/NFT/NFA Heat Exchangers Tubes Inspection**. Disponível em: <https://swissapproval.ch/advanced-ndt-applications/heat-exchanges-tubes-inspection/>. Acesso em: 28 fev. 2024.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de Amostragem**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

BRUCE, P.; BRUCE, A. **Estatística Prática para Cientistas de Dados: 50 Conceitos Essenciais**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

COLDCLIMA. **Inspeção de tubos por correntes parasitas (Eddy current)**. Disponível em: <https://www.coldclima.com.br/inspecao//images/servicos-eddy-current.jpg>. Acesso em: 28 fev. 2024.

DOSTÁL, P.; COMMUNEAU, P. **Visualisation of corrosion acoustic signals using quality tools**. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, v. 62, pp. 65-69, 2014. <https://doi.org/10.11118/ACTAUN201462010065>.

ECOLINK. **Types of Fouling in a Heat Exchanger**. Disponível em: <https://ecolink.com/info/types-of-fouling/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

EDDYFI TECHNOLOGIES. **IRIS Technology — Overview of IRIS Principles**. YouTube, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0r4YAXytw9Y>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FAES, W.; LECOMPTE, S.; AHMED, Z.; BAEL, J.; SALENBIEN, R.; VERBEKEN, K.; PAEPE, M. **Corrosion and corrosion prevention in heat exchangers**. Corrosion Reviews, v. 37, pp. 131-155, 2019. <https://doi.org/10.1515/CORRREV-2018-0054>.

FLUID DYNAMICS. **Six causes of heat exchanger tube failure**. Disponível em: <https://www.fluidynamics.com.au/about/articles-case-studies/six-causes-of-heat-exchanger-tube-failure>. Acesso em: 27 fev. 2024.

GAO, W.; LI, Y.; KONG, L. **Numerical investigation of erosion of tube sheet and tubes of a shell and tube heat exchanger**. Computers & Chemical Engineering, v. 96, pp. 115-127, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.10.005>.

GOYET, J.; STRAUB, D.; FABER, M. **Risk based inspection planning**. Revue Française de Génie Civil, v. 6, pp. 489-503, 2002. <https://doi.org/10.1080/12795119.2002.9692384>.

GROYSMAN, A. **Corrosion problems and solutions in oil, gas, refining and petrochemical industry**. Koroze a ochrana materialu, v. 61, pp. 100-117, 2016. <https://doi.org/10.1515/kom-2017-0013>.

HE, Z.; GUAN, K.; ZHANG, X.; ZHONG, J. **Localized cavitation corrosion on heat exchange tubes in a reboiler: Design and operation causes**. Engineering Failure Analysis, v. 130, 2021.

HOSEINZADEH, S.; HEYNS, P. **Thermo-structural fatigue and lifetime analysis of a heat exchanger as a feedwater heater in power plant**. Engineering Failure Analysis, v. 113, 2020.

HORTA, C. C.; SOUSA, T. A. **Permutadores de Calor**. Íntegra – Integridade de Equipamentos, Rio de Janeiro (Curso de Inspeção de Equipamentos e Instalações, Petrobras / UN-Rio), 2004.

IBARRA-CASTANEDO, C.; GENEST, M.; PIAU, J-M.; GUIBERT, S.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. **Active Infrared Thermography Techniques for the Nondestructive Testing of Materials**. Ultrasonic and Advanced Methods for Nondestructive Testing and Material Characterization, pp. 325-348, 2007.

JIN, P.; ROBBINS, W.; BOTA, G. **Mechanism of High Temperature Corrosion by Model Naphthenic Acids**. In Anais do Congresso CORROSION 2016. British Columbia, Canada: 2016.

JOACEL IMPORTAÇÃO & DISTRIBUIÇÃO. **Giz industrial para marcação em metal**. Disponível em: <https://l1nq.com/kFFUL>. Acesso em: 27 abr. 2024.

KUZNICKA, B. **Erosion–corrosion of heat exchanger tubes**. Engineering Failure Analysis, v. 16, pp. 2382-2387, 2009. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2009.03.026>.

LI, K.; ZENG, Y. **Corrosion of heat exchanger materials in co-combustion thermal**

power plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 161, 2022.

LIN, H. **The Corrosion Reason of Water Cooler in Oil Refinery Plant.** Journal of Liaoning Shihua University, 2013.

LUDWIG, E. E. **Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants.** vol. 3, 3rd Edition, GPP, Texas, United States of America, 2001.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações.** NR-13. Brasília: MTE, 2014.

MORADI, B.; JAZNI, R.; GHEISVANDI, H.; TEHRANI, G. **Risks management of Tube Bundle heat exchanger in the petrochemical industries using the Risk-Based Inspection approach.** Journal of Health in the Field, v. 7, 2020.

OLIVEIRA, B. R. **Análise de dados utilizando gráficos *boxplot*.** Monografia (Especialização em Matemática Financeira e Estatística) – Universidade Cândido Mendes, Mato Grosso do Sul, 2016.

PELLICCIONE, A.; SANTANNA, R.; SIQUEIRA, M.; RIBEIRO, A.; RAMOS, J.; SILVA, O.; PIMENTEL, M. **Failure analysis of a titanium plate heat exchanger – Mechanical fatigue.** Engineering Failure Analysis, v. 105, pp. 1172-1188, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2019.07.059>.

PETROBRAS. **N-2511: Inspeção em serviço de permutadores de calor.** Rev. B, Rio de Janeiro: Comissão de Normas Técnicas da Petrobras, 2000.

PETROBRAS. **N-466: Projeto mecânico de permutador de calor casco e tubo.** Rev. G, Rio de Janeiro: Comissão de Normas Técnicas da Petrobras, 2001.

QI, C.; ZHANG, Z.; WAANG, M.; LI, Y.; GONG, X.; SUN, P.; ZHENG, B. **Effects of the structure parameters of horizontal tube bundles on particle flow performance in the heat exchanger.** Case Studies in Thermal Engineering, v. 47, 2023.

RODRÍGUEZ, C.; SMITH, R. **Optimization of Operating Conditions for Mitigating Fouling in Heat Exchanger Networks.** Chemical Engineering Research & Design, v. 85, pp. 839-851, 2007. <https://doi.org/10.1205/CHERD06046>.

SABINO, R. S. **Inspeção de Feixes Tubulares de Permutadores de Calor.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação de Engenharia em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do grau de mestre em Engenharia Mecânica, 2008.

SABINO, R. S.; ALVISI, P. P.; WERNECK, H. S.; JR., C. A. C.; PINTO, J. M. A. **Inspection of tubular heat exchanger bundles: a statistical approach.** 19th International Congress of Mechanical Engineering. Brasília, DF, 2007.

SHAIKH, K.; KAZE, S.; ZUBIR, M.; WONG, K.; YUSOFF, S.; KHAN, W.; ALAM, M.; ABDULLAH, S.; SHUKRI, M. **Mitigation of $CaCO_3$ fouling on heat exchanger surface using green functionalized carbon nanotubes (GFCNT) coating.** Thermal

Science and Engineering Progress, v. 42, 2023.

SILVEIRA, L. T. **Permutadores de Calor**. Apostila da disciplina Permutadores de Calor, Curso de Formação de Engenheiros de Equipamentos, Universidade Petrobras, Rio de Janeiro, 2008.

SPX COOLING TECHNOLOGIES. **Air Cooled Heat Exchangers**. Disponível em: <https://spxcooling.com/wp-content/uploads/Air-Cooled-Heat-Exchanger-3-1-jpg.webp>. Acesso em: 27 fev. 2024.

TELLES, P. C. **Vasos de Pressão**. 2ª ed., LTC, Rio de Janeiro, 1996.

TEMA. **Tubular Exchanger Manufacturers Association Standards**. 9ª Edição. New York, EUA: TEMA, 2007.

THULUKKANAM, K. **Heat exchanger design handbook**. 2nd Edition. New York: CRC, 2013.

TRANter HEAT EXCHANGERS. **Tranter ThermoFit plates for Superchanger Plate And Frame Heat Exchangers**. Disponível em: <https://www.tranter.com/app/uploads/2018/02/PandF-ThermofitPlate-600x600.jpg>. Acesso em: 27 fev. 2024.

ANEXO 1 – RELATÓRIOS DE ENSAIOS DE IRIS E CP

			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR						CP	
			FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-A DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR							
PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:				RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:			
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		17/08/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	25,40	Nº DE TUBOS DO FEIXE:	642	NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:		96	
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		09/12/2014	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	1,65	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):		98	
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR (DD/MM/AAAA):			MATERIAL DOS TUBOS:	SA-249-TP317L	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	MÍNIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		0,7	
	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:	PETRÓLEO	ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):		1,2	
INTERV. 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR GROOVE?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:	DIESEL PESADO	MÁXIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		1,6	
INTERV. 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÉM H2S?	NÃO	% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):		15%	
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0	MATERIAL DAS ALETAS?	CHECAR	TIPO/ FORMATO DO FEIXE:	FLUTUANTE	% DE PERDA DE TUBOS (DA AMOSTRA):		2%	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (EM ANOS)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO	
																MARCAR COM UM "X" ONDE APLICÁVEL CONFORME ACIMA
1	\	2	1.500	45,0	0,74	55,0	X					5,5	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	3	3.600	90,0	1,49	10,0		X				60,2	OK	OK!		
1	\	4	3.000	95,0	1,57	5,0		X				127,2	OK	OK!		
1	\	6	2.800	94,0	1,55	6,0		X				104,9	OK	OK!		
1	\	7	1.200	42,0	0,69	58,0	X					4,8	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	8	2.500	75,0	1,24	25,0		X				20,1	OK	OK!		
4	\	2	3.600	90,0	1,49	10,0		X				60,2	OK	OK!		
4	\	6	4.500	89,0	1,47	11,0		X				54,2	OK	OK!		
4	\	8	2.100	78,0	1,29	22,0		X				23,7	OK	OK!		
4	\	9	1.800	85,0	1,40	15,0		X				37,9	OK	OK!		
4	\	11	1.600	74,0	1,22	26,0		X				19,0	OK	OK!		
4	\	15	1.200	70,0	1,16	30,0		X				15,6	OK	OK!		
5	\	3	2.000	80,0	1,32	20,0		X				26,8	OK	OK!		
5	\	5	600	68,0	1,12	32,0		X				14,2	OK	OK!		
5	\	7	3.600	87,0	1,44	13,0		X				44,8	OK	OK!		
5	\	12	3.200	88,0	1,45	12,0		X				49,1	OK	OK!		
5	\	14	3.100	85,0	1,40	15,0		X				37,9	OK	OK!		
5	\	16	600	78,0	1,29	22,0		X				23,7	OK	OK!		
10	\	1	3.400	86,0	1,42	14,0		X				41,1	OK	OK!		
10	\	3	3.500	88,0	1,45	12,0		X				49,1	OK	OK!		
10	\	5	3.100	84,0	1,39	16,0		X				35,1	OK	OK!		
10	\	7	3.900	92,0	1,52	8,0		X				77,0	OK	OK!		
10	\	9	500	75,0	1,24	25,0		X				20,1	OK	OK!		
10	\	10	5.000	79,0	1,30	21,0		X				25,2	OK	OK!		
10	\	12	700	76,0	1,25	24,0		X				21,2	OK	OK!		
10	\	14	3.600	74,0	1,22	26,0		X				19,0	OK	OK!		
10	\	16	3.100	81,0	1,34	19,0		X				28,5	OK	OK!		

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%						56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS		DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURADO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ações de recomendações por tubo	condição operacional por tubo	observação
10	\	18	3.600	82,0	1,35	18,0		X			30,5	OK	OK!	
11	\	2	2.600	91,0	1,50	9,0		X			67,7	OK	OK!	
11	\	10	3.000	93,0	1,53	7,0		X			88,9	OK	OK!	
11	\	13	4.800	74,0	1,22	26,0		X			19,0	OK	OK!	
11	\	21	2.400	95,0	1,57	5,0		X			127,2	OK	OK!	
13	\	1	500	65,0	1,07	35,0	X				12,4	OK	OK!	
13	\	3	3.200	70,0	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
13	\	5	500	64,0	1,06	36,0	X				11,9	OK	OK!	
13	\	7	2.100	74,00	1,22	26,0		X			19,0	OK	OK!	
13	\	9	3.300	79,00	1,30	21,0		X			25,2	OK	OK!	
13	\	18	5.900	55,00	0,91	45,0		X			8,2	OK	OK!	
13	\	20	2.800	71,00	1,17	29,0		X			16,4	OK	OK!	
13	\	22	4.800	63,00	1,04	37,0		X			11,4	OK	OK!	
15	\	11	700	67,00	1,11	33,0		X			13,6	OK	OK!	
15	\	12	3.200	68,00	1,12	32,0		X			14,2	OK	OK!	
16	\	2	2.800	78,00	1,29	22,0		X			23,7	OK	OK!	
16	\	5	2.500	81,00	1,34	19,0		X			28,5	OK	OK!	
16	\	8	600	77,0	1,27	23,0		X			22,4	OK	OK!	
16	\	15	3.800	91,00	1,50	9,0		X			67,7	OK	OK!	
16	\	18	5.700	65,00	1,07	35,0		X			12,4	OK	OK!	
16	\	21	500	61,0	1,01	39,0		X			10,5	OK	OK!	
18	\	3	600	75,00	1,24	25,0		X			20,1	OK	OK!	
18	\	6	5.700	62,00	1,02	38,0		X			10,9	OK	OK!	
18	\	9	5.600	70,00	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
18	\	11	5.700	65,00	1,07	35,0		X			12,4	OK	OK!	
18	\	12	3.100	80,00	1,32	20,0		X			26,8	OK	OK!	
18	\	14	2.000	70,00	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
18	\	17	5.800	60,00	0,99	40,0		X			10,0	OK	OK!	
18	\	20	5.000	70,00	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
21	\	1	2.900	65,00	1,07	35,0		X			12,4	OK	OK!	
21	\	3	4.700	72,00	1,19	28,0		X			17,2	OK	OK!	
21	\	5	3.000	62,00	1,02	38,0		X			10,9	OK	OK!	
21	\	7	5.700	75,00	1,24	25,0		X			20,1	OK	OK!	
21	\	9	2.100	77,00	1,27	23,0		X			22,4	OK	OK!	
21	\	11	3.000	80,00	1,32	20,0		X			26,8	OK	OK!	
21	\	12	1.800	74,00	1,22	26,0		X			19,0	OK	OK!	
21	\	14	2.600	71,00	1,17	29,0		X			16,4	OK	OK!	
21	\	16	3.100	86,00	1,42	14,0		X			41,1	OK	OK!	
21	\	18	1.000	70,00	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
21	\	20	5.500	74,00	1,22	26,0		X			19,0	OK	OK!	
21	\	22	600	68,00	1,12	32,0		X			14,2	OK	OK!	
26	\	1	3.000	76,00	1,25	24,0		X			21,2	OK	OK!	
26	\	3	500	79,00	1,30	21,0		X			25,2	OK	OK!	
26	\	5	5.900	65,0	1,07	35,0		X			12,4	OK	OK!	
26	\	7	5.800	63,0	1,04	37,0		X			11,4	OK	OK!	
26	\	8	4.100	70,0	1,16	30,0		X			15,6	OK	OK!	
26	\	9	5.500	78,00	1,29	22,0		X			23,7	OK	OK!	
26	\	10	5.700	57,00	0,94	43,0		X			8,9	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:													
0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
26 \ 12	5.800	62,0	1,02	38,0		X				10,9	OK	OK!	
26 \ 14	5.800	67,00	1,11	33,0		X				13,6	OK	OK!	
26 \ 16	5.700	62,00	1,02	38,0		X				10,9	OK	OK!	
26 \ 18	3.200	75,00	1,24	25,0		X				20,1	OK	OK!	
31 \ 2	2.100	71,00	1,17	29,0		X				16,4	OK	OK!	
31 \ 4	3.000	74,00	1,22	26,0		X				19,0	OK	OK!	
31 \ 6	500	79,00	1,30	21,0		X				25,2	OK	OK!	
31 \ 8	4.000	80,0	1,32	20,0		X				26,8	OK	OK!	
31 \ 11	2.600	62,00	1,02	38,0		X				10,9	OK	OK!	
31 \ 13	1.200	57,00	0,94	43,0	X					8,9	OK	OK!	
31 \ 15	2.400	88,00	1,45	12,0		X				49,1	OK	OK!	
32 \ 1	4.800	64,0	1,06	36,0		X				11,9	OK	OK!	
32 \ 5	1.100	61,00	1,01	39,0		X				10,5	OK	OK!	
32 \ 7	3.600	66,00	1,09	34,0		X				13,0	OK	OK!	
32 \ 9	2.200	62,00	1,02	38,0		X				10,9	OK	OK!	
32 \ 11	3.200	68,0	1,12	32,0		X				14,2	OK	OK!	
32 \ 15	3.900	67,00	1,11	33,0		X				13,6	OK	OK!	
35 \ 1	5.400	64,00	1,06	36,0		X				11,9	OK	OK!	
35 \ 2	2.900	74,00	1,22	26,0		X				19,0	OK	OK!	
35 \ 3	1.100	69,00	1,14	31,0		X				14,9	OK	OK!	
35 \ 6	2.800	79,00	1,30	21,0		X				25,2	OK	OK!	
35 \ 7	5.000	66,0	1,09	34,0		X				13,0	OK	OK!	
35 \ 8	600	64,00	1,06	36,0		X				11,9	OK	OK!	
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE													
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:		PARA ENSAIO:		O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		⊠	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA	ER - ESPESSURA	% DE PERDA DE	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL	OBSERVAÇÃO



			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR					IRIS	
			FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-B DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR						
PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:				RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:		
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		28/08/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	25,40	Nº DE TUBOS DO FEIXE:	1034	NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:	52	
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		31/07/2017	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	2,11	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:	FALSO	NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):	53	
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR (DD/MM/AAAA):			MATERIAL DOS TUBOS:	SA-214	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	MÍNIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	1,1	
	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:	VAPOR DE TOPO	ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):	1,6	
INTERV. 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR GROOVE?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:	PETRÓLEO	MÁXIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	1,9	
INTERV. 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÊM H2S?	NÃO	% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):	5%	
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0	MATERIAL DAS ALETAS?	CHECAR	TIPO/ FORMATO DO FEIXE:	FLUTUANTE	% DE PERDA DE TUBOS (DA AMOSTRA):	11%	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

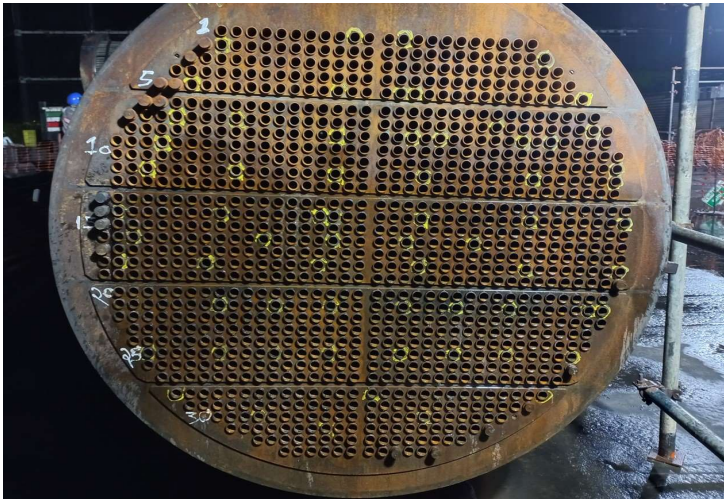
0% a 45%				46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS		DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	VALORES >= 0	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (EM ANOS)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO		
						MARCAR COM UM "X" ONDE APLICÁVEL CONFORME ACIMA										
1	\	10	3.200	1,1	1,10	47,9	X				4,4	TAMPONAR	PERDIDO			
1	\	13	3.200	1,1	1,10	47,9	X				4,4	TAMPONAR	PERDIDO			
8	\	15	2.800	1,3	1,30	38,4	X				6,5	OK	OK!			
16	\	12	3.000	1,30	1,30	38,4	X				6,5	OK	OK!			
8	\	22	2.600	1,4	1,40	33,6	X				8,0	OK	OK!			
2	\	2	3.400	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
5	\	3	2.800	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!	ACESSO A 4700		
5	\	13	3.400	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
5	\	17	3.200	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
5	\	18	3.400	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
7	\	8	3.700	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
8	\	28	2.800	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
10	\	36	2.800	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
11	\	16	2.600	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
14	\	9	3.100	1,5	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
16	\	27	3.200	1,50	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
18	\	8	4.200	1,50	1,50	28,9	X				10,0	OK	OK!			
8	\	20	2.700	1,6	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
9	\	4	2.500	1,6	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
11	\	22	2.800	1,6	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
11	\	30	3.100	1,6	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
14	\	17	3.100	1,6	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
14	\	31	2.800	1,60	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
18	\	17	3.100	1,60	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
18	\	32	3.400	1,60	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
21	\	16	3.900	1,60	1,60	24,2	X				12,8	OK	OK!			
5	\	30	3.400	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!			

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%						56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS		DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	VALORES >= 0	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL DO TUBO	OBSERVAÇÃO
8	\	30	2.700	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
11	\	3	2.600	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
14	\	23	3.100	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
16	\	22	2.700	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	TUBO OBSTRIDO
21	\	8	3.100	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
21	\	12	3.100	1,70	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	ACESSO A 5900
21	\	25	3.300	1,7	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
21	\	29	3.100	1,70	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
25	\	10	2.700	1,70	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
25	\	19	3.100	1,70	1,70	19,4	X				16,9	OK	OK!	
7	\	26	3.200	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
11	\	9	2.700	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
11	\	36	2.700	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
14	\	2	2.800	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
14	\	16	2.800	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	ACESSO A 2800
14	\	38	3.100	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
16	\	3	2.800	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
18	\	2	3.100	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
21	\	21	3.100	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
21	\	35	2.800	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
21	\	36	2.700	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
25	\	1	2.800	1,8	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	ACESSO A 4800
25	\	6	3.100	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	ACESSO A 3900
25	\	14	2.600	1,80	1,80	14,7	X				23,7	OK	OK!	
7	\	33	2.400	1,9	1,90	10,0	X				36,9	OK	OK!	
18	\	39	3.200	1,90	1,90	10,0	X				36,9	OK	OK!	ACESSO A 4000
2	\	24						X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	TUBO OBSTRUÍDO
7	\	4						X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	TUBO OBSTRUÍDO
16	\	17						X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	\	24						X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	TUBO OBSTRUÍDO
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE														
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:			PARA ENSAIO:		O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		⊠	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER - ESPESSURA	VALORES >= 0	% DE PERDA DE	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL	OBSERVAÇÃO



			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR					CP	
			FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-C DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR						
PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:				RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:		
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		14/08/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	19,05	Nº DE TUBOS DO FEIXE:	404	NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:	81	
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		09/12/2014	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	1,65	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):	81	
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR (DD/MM/AAAA):			MATERIAL DOS TUBOS:	SA-249-TP317L	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	MÍNIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	0,2	
	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:	NAFTA	ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):	0,4	
INTERV. 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR GROOVE?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:	RECICLO CIRCULANTE INTERMEDIÁRIO	MÁXIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	1,0	
INTERV. 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÉM H2S?	NÃO	% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):	20%	
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0	MATERIAL DAS ALETAS?	CHECAR	TIPO/ FORMATO DO FEIXE:	FLUTUANTE	% DE PERDA DE TUBOS (DA AMOSTRA):	93%	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (EM ANOS)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO	
							MARCAR COM UM "X" ONDE APLICÁVEL CONFORME ACIMA									
1	\	1	5.900	41,0	0,68	59,0	X					4,6	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	2	5.900	11,0	0,18	89,0	X					0,8	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	3	5.900	17,0	0,28	83,0	X					1,4	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	5	5.900	26,0	0,43	74,0	X					2,3	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	10	5.900	39,0	0,64	61,0	X					4,3	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	12	5.700	30,0	0,50	70,0	X					2,9	TAMPONAR	PERDIDO		
1	\	14	5.900	20,0	0,33	80,0	X					1,7	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	2	5.000	30,0	0,50	70,0	X					2,9	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	4	5.800	20,0	0,33	80,0	X					1,7	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	7	5.100	40,0	0,66	60,0	X					4,5	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	12	4.800	18,0	0,30	82,0	X					1,5	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	15	5.900	40,0	0,66	60,0	X					4,5	TAMPONAR	PERDIDO		
3	\	17	5.600	10,0	0,17	90,0	X					0,7	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	1	2.900	12,0	0,20	88,0	X					0,9	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	4	5.800	25,0	0,41	75,0	X					2,2	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	6	5.800	12,0	0,20	88,0	X					0,9	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	8	5.900	30,0	0,50	70,0	X					2,9	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	13	5.800	34,0	0,56	66,0	X					3,4	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	15	5.700	21,0	0,35	79,0	X					1,8	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	17	5.800	25,0	0,41	75,0	X					2,2	TAMPONAR	PERDIDO		
5	\	20	5.900	20,0	0,33	80,0	X					1,7	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	1	5.800	11,0	0,18	89,0	X					0,8	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	3	5.600	30,0	0,50	70,0	X					2,9	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	6	5.800	20,0	0,33	80,0	X					1,7	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	8	5.600	21,0	0,35	79,0	X					1,8	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	10	5.600	21,0	0,35	79,0	X					1,8	TAMPONAR	PERDIDO		
7	\	13	2.600	15,0	0,25	85,0	X					1,2	TAMPONAR	PERDIDO		

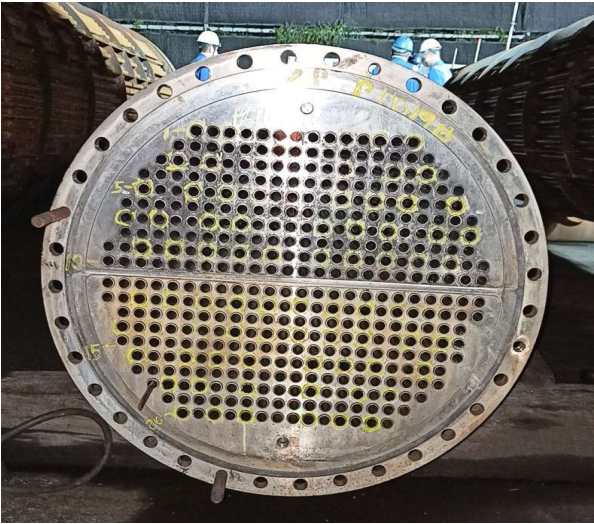
ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%						56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS		DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA DEMANESCENTE	ER - ESPESSURA DEMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURADO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
7	\	15	5.700	25,0	0,41	75,0	X				2,2	TAMPONAR	PERDIDO	
7	\	17	5.800	40,0	0,66	60,0	X				4,5	TAMPONAR	PERDIDO	
7	\	20	5.000	39,0	0,64	61,0	X				4,3	TAMPONAR	PERDIDO	
7	\	22	4.800	20,0	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	3	5.800	15,0	0,25	85,0	X				1,2	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	5	5.900	14,0	0,23	86,0	X				1,1	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	7	5.700	19,0	0,31	81,0	X				1,6	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	9	5.800	25,0	0,41	75,0	X				2,2	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	11	5.700	40,00	0,66	60,0	X				4,5	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	14	5.700	27,00	0,45	73,0	X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	16	5.400	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	18	5.800	27,00	0,45	73,0	X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	20	5.400	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
9	\	22	5.900	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	3	2.300	15,00	0,25	85,0	X				1,2	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	5	5.400	25,00	0,41	75,0	X				2,2	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	7	5.800	35,00	0,58	65,0	X				3,6	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	9	5.700	15,0	0,25	85,0	X				1,2	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	11	5.900	28,00	0,46	72,0	X				2,6	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	13	5.800	22,00	0,36	78,0	X				1,9	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	15	800	23,0	0,38	77,0	X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	17	5.800	18,00	0,30	82,0	X				1,5	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	19	5.500	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
12	\	21	5.800	11,00	0,18	89,0	X				0,8	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	1	5.800	11,00	0,18	89,0	X				0,8	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	3	5.700	15,00	0,25	85,0	X				1,2	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	6	5.700	25,00	0,41	75,0	X				2,2	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	8	5.700	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	10	5.900	24,00	0,40	76,0	X				2,1	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	12	5.800	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	14	1.000	25,00	0,41	75,0	X				2,2	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	16	3.800	60,00	0,99	40,0	X				10,0	OK	OK!	
14	\	19	2.900	40,00	0,66	60,0	X				4,5	TAMPONAR	PERDIDO	
14	\	21	4.900	18,00	0,30	82,0	X				1,5	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	1	4.000	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	4	5.900	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	6	5.900	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	8	5.800	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	12	5.800	29,00	0,48	71,0	X				2,7	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	14	5.700	55,00	0,91	45,0	X				8,2	OK	OK!	
16	\	16	5.900	20,00	0,33	80,0	X				1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
16	\	19	5.000	32,00	0,53	68,0	X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
18	\	2	4.900	28,00	0,46	72,0	X				2,6	TAMPONAR	PERDIDO	
18	\	4	5.000	48,0	0,79	52,0	X				6,2	OK	OK!	
18	\	7	3.300	56,0	0,92	44,0	X				8,5	OK	OK!	
18	\	11	5.700	48,0	0,79	52,0	X				6,2	OK	OK!	
18	\	14	5.900	26,00	0,43	74,0	X				2,3	TAMPONAR	PERDIDO	
18	\	16	3.400	30,00	0,50	70,0	X				2,9	TAMPONAR	PERDIDO	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:														
0% a 45%			46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO	SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
20	1	5.000	20,0	80,0	X						1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
20	3	5.300	21,00	79,0	X						1,8	TAMPONAR	PERDIDO	
20	5	2.400	20,00	80,0	X						1,7	TAMPONAR	PERDIDO	
20	9	5.800	21,00	79,0	X						1,8	TAMPONAR	PERDIDO	
20	11	4.000	60,00	40,0	X						10,0	OK	OK!	
20	13	4.800	24,00	76,0	X						2,1	TAMPONAR	PERDIDO	
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE														
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:			PARA ENSAIO:		O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		☒	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA	ER - ESPESSURA	% DE PERDA DE	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL	OBSERVAÇÃO



			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR						IRIS	
			FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-D DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR							
PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:				RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:			
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		31/08/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	19,05	Nº DE TUBOS DO FEIXE:	217	NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:		109	
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		08/05/2015	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	2,11	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:	FALSO	NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):		59	
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR (DD/MM/AAAA):			MATERIAL DOS TUBOS:	SA-179	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	MÍNIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		0,0	
	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:	VAPOR D'ÁGUA	ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):		0,7	
INTERV. 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR GROOVE?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:	ÁGUA DE RESFRIAMENTO	MÁXIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		1,1	
INTERV. 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÊM H2S?	NÃO	% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):		PERCENTUAL DA AMOSTRA NÃO ATINGIDO! COMPLETAR!	
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0	MATERIAL DAS ALETAS?	CHECAR	TIPO/ FORMATO DO FEIXE:	TIPO I	% DE PERDA DE TUBOS (DA AMOSTRA):			

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%			46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	VALORES >= 0	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (EM ANOS)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
1	\	1							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
1	\	2	2.300	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
1	\	4							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
1	\	5							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
1	\	6	2.000	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
1	\	7							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
2	\	1	2.500	0,6	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
2	\	3							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
2	\	5	2.400	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
2	\	6	2.000	0,7	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
2	\	8	1.200	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1500
2	\	10	1.500	0,9	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	Acesso a 2000 mm
3	\	1	100	0,7	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	Acesso a 1900 mm
3	\	3							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
3	\	5							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
3	\	9	1.000	0,9	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	acesso a 1500 mm
3	\	10	900	0,8	0,80	62,1						3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 900
3	\	11	1.000	0,7	0,70	66,8						3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
4	\	2	1.300	0,9	0,90	57,3						4,7	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1300
4	\	4							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
4	\	7	2.400	0,9	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	
4	\	10	2.000	0,3	0,30	85,8		X				1,0	TAMPONAR	PERDIDO	
5	\	1	1.000	0,5	0,50	76,3						2,0	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 2000
5	\	3	1.500	0,6	0,60	71,6						2,5	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1000
5	\	5	1.000	0,8	0,80	62,1						3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1500
5	\	7	800	0,8	0,80	62,1						3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1000
5	\	8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	OBSTRUÍDO

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER - ESPESSURA DEMANDANTE (mm)	VALORES >= 0	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
5 \ 9	1.500	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
5 \ 10	1.000	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
5 \ 11	1.200	0,7	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 1	2.300	0,6	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 5							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 6							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 10	1.400	0,90	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 11							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
6 \ 12							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
7 \ 7	1.000	0,80	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1000
7 \ 8	2.000	0,70	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 2000
7 \ 11						X	X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
7 \ 12	300	0,80	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1000
7 \ 13						X	x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
8 \ 5	1.500	0,90	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	
8 \ 9	2.400	0,00	0,00	100,0		X				0,0	FURADO-TAMPONAR	PERDIDO	
8 \ 10							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
8 \ 11	1.200	0,70	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1300
8 \ 12	1.000	0,60	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 2	2.200	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 9	400	0,70	0,70	66,8						3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 11							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 12	1.000	0,80	0,80	62,1						3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
9 \ 13							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
10 \ 2							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
10 \ 4	1.200	0,70	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1400
10 \ 5	1.000	0,60	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1300
10 \ 6	900	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1000
10 \ 8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
10 \ 9							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
11 \ 1	1.000	0,6	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 1500
11 \ 12	2.200	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO 2300
12 \ 2	700	0,60	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1000
12 \ 8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
12 \ 10	1.500	0,80	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	
13 \ 1							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
13 \ 4							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
13 \ 7							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
13 \ 10							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
13 \ 12							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
14 \ 1	2.000	0,70	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
14 \ 8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
14 \ 9							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
14 \ 11	2.000	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	
15 \ 2	300	0,40	0,40	81,0		X				1,5	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1300
15 \ 6	1.000	0,8	0,80	62,1		X				3,9	TAMPONAR	PERDIDO	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

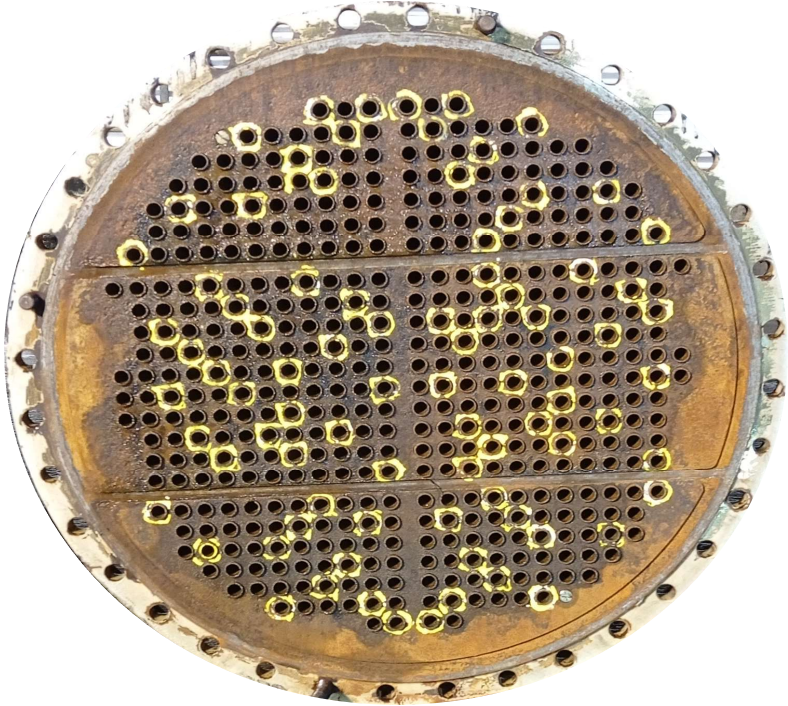
0% a 45%			46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS		DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	VALORES >= 0	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
15	7							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
15	9	1.000	1,00	1,00	52,6		X				5,7	TAMPONAR	PERDIDO	
16	2							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
16	5							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
16	6							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
16	10	300	1,1	1,10	47,9		X				6,9	OK	OK!	ACESSO A 1100
17	1							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
17	3							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
17	5							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
17	6							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
17	7							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
17	8	2.400	0,6	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
17	11	500	0,30	0,30	85,8		X				1,0	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1100
18	1							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	3							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	5							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	6							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	7							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	8							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
18	9	2.000	0,60	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
18	10							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1600
19	1	600	0,9	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1000
19	2							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
19	3							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
19	4	500	0,70	0,70	66,8		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1700
19	5	1.000	0,8	0,80	62,1			X			3,9	OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	Acesso a 2000 mm
19	6							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
19	7	1.000	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	
20	1	5.000	1,00	1,00	52,6		X				5,7	TAMPONAR	PERDIDO	
20	2							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
20	3	200	0,90	0,90	57,3		X				4,7	TAMPONAR	PERDIDO	ACESSO A 1400
20	4	300	0,30	0,30	85,8		X				1,0	TAMPONAR	PERDIDO	
20	6	2.500	0,50	0,50	76,3		X				2,0	TAMPONAR	PERDIDO	
20	8	300	0,4	0,40	81,0		X				1,5	TAMPONAR	PERDIDO	
21	1	1.000	0,60	0,60	71,6		X				2,5	TAMPONAR	PERDIDO	
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE														
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:			PARA ENSAIO:		O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		☒	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:													
0% a 45%		46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER - ESPESSURA	VALORES >= 0	% DE PERDA DE	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL	OBSERVAÇÃO
													

			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR										IRIS	
FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-E DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR														
DATAS E PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:								RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:			
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		04/07/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	19,05	Nº DE TUBOS DO FEIXE:		453			NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:		91		
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		08/05/2015	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	2,11	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:		CHECAR			NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):		84		
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR :			MATERIAL DOS TUBOS:	SA 179	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:		CHECAR			MENOR ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		0,0		
(FORMATO) DD/MM/AAAA	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:		HIDROCARBONETO			ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):		0,8		
INTERVALO 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR RANHURAS?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:		ÁGUA DE RESFRIAMENTO			MAIOR ESPESSURA ENCONTRADA (mm):		1,0		
INTERVALO 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÉM H2S?		NÃO			% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):		NÃO ATINGIDO!		
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0			TIPO/ FORMATO DO FEIXE:		TIPO I			% DE PERDA DE TUBOS (AMOSTRA):		100%		
ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA														
0% a 45%			46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	ER -ESP. (mm) REMANESCENTE DETECTADA	VALORES >= 0	% DE PERDA DO TUBO	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO ESTÁ OBSTRUÍDO	TUBO ESTÁ TAMPONADO	TUBO ESTÁ SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (em anos)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO
							MARCAR COM UM "X" ONDE APLICÁVEL CONFORME ACIMA							
1	/	1							X					
1	/	3							X					
1	/	4	3.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
1	/	6	5.300	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
2	/	1	4.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
2	/	5	5.000	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
2	/	8	5.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
2	/	12	4.200	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
3	/	5	4.800	0,3	0,3	85,8%		X				1,0	TAMPONAR	PERDIDO
3	/	12	1.800	0,5	0,5	76,3%		X				1,9	TAMPONAR	PERDIDO
4	/	7	5.000	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
4	/	12	4.300	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
5	/	2	1.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
5	/	5	4.900	0,5	0,5	76,3%		X				1,9	TAMPONAR	PERDIDO
5	/	16	5.400	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
5	/	19	5.000	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
6	/	6	4.500	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
6	/	15	4.400	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
7	/	1	4.700	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
7	/	8	3.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA														
0% a 45%				46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%	
Nº DAS FILAS / COLUNAS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER -ESP. (mm) REMANESCENTE	VALORES >=	% DE PERDA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO ESTÁ OBSTRUÍDO	TUBO ESTÁ TAMPONADO	TUBO ESTÁ SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO
7	/	15	2.900	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
7	/	18	4.100	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
8	/	5	1.200	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
8	/	9	4.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
8	/	16	3.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
8	/	20	3.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
9	/	5	5.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
9	/	10	4.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
9	/	16	2.000	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
9	/	21	5.100	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	2	5.000	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	6	4.900	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	11	5.000	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	13	5.000	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	15	3.200	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	17	4.300	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
10	/	22	4.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
11	/	3	4.600	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
11	/	9	4.900	0,5	0,5	76,3%		X				1,9	TAMPONAR	PERDIDO
11	/	14	3.200	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
11	/	20	3.600	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
12	/	5	3.700	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
12	/	8	4.000	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
12	/	19	5.200	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
13	/	3	4.900	0,4	0,4	81,0%		X				1,4	TAMPONAR	PERDIDO
13	/	6	4.500	0,0	0,0	100,0%		X				0,0	FURADO-TAMPONAR	PERDIDO
13	/	12	5.000	0,6	0,6	71,6%		X				2,4	TAMPONAR	PERDIDO
13	/	14	1.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
13	/	17	4.700	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO
13	/	23	4.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO
14	/	8	5.400	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
14	/	19	2.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO
15	/	3	4.000	0,4	0,4	81,0%		X				1,4	TAMPONAR	PERDIDO
15	/	6	4.200	0,6	0,6	71,6%		X				2,4	TAMPONAR	PERDIDO
15	/	9	3.600	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO
15	/	14	1.200	0,3	0,3	85,8%		X				1,0	TAMPONAR	PERDIDO
15	/	17	700	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA															
0% a 45%				46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER -ESP. (mm) REMANESCENTE	VALORES >=	% DE PERDA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO ESTÁ OBSTRUÍDO	TUBO ESTÁ TAMPONADO	TUBO ESTÁ SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	
15	/	20	2.000	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO	
16	/	4	4.200	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
16	/	7	2.800	0,6	0,6	71,6%		X				2,4	TAMPONAR	PERDIDO	
16	/	16	5.000	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
16	/	19	4.700	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
17	/	11	4.600	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
17	/	14	4.700	0,5	0,5	76,3%		X				1,9	TAMPONAR	PERDIDO	
17	/	22	4.700	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO	
18	/	1	5.300	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
18	/	8	1.600	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
18	/	15	3.300	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
18	/	22	5.300	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	6	4.500	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	9	3.000	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	12	41.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	15	2.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
20	/	2	3.100	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
20	/	5	5.200	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO	
20	/	16	4.900	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
20	/	19	4.900	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
21	/	7	4.500	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO	
21	/	12	5.100	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
22	/	5	4.700	0,7	0,7	66,8%		X				3,1	TAMPONAR	PERDIDO	
22	/	12							X						
23	/	1	2.700	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
23	/	5	3.800	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
23	/	8	3.000	0,8	0,8	62,1%		X				3,8	TAMPONAR	PERDIDO	
23	/	12	4.500	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
24	/	2	4.000	1,0	1,0	52,6%		X				5,6	TAMPONAR	PERDIDO	
24	/	3	5.200	0,9	0,9	57,3%		X				4,6	TAMPONAR	PERDIDO	
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE															
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:				PARA ENSAIO:		O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		☒	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA												
0% a 45%		46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	ER -ESP. (mm) REMANESCENTE	VALORES ≥	% DE PERDA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO ESTÁ OBSTRUÍDO	TUBO ESTÁ TAMPONADO	TUBO ESTÁ SUJO	VIDA ESTIMADA DO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES DOB TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL DOB TUBO
												

			AVALIAÇÃO FEIXE PERMUTADOR					CP	
			FEIXE ASSOCIADO AO TAG DO EQUIPAMENTO: PERMUTADOR-F DO TIPO PERMUTADOR DE CALOR						
PERÍODOS DE OPERAÇÃO DO FEIXE			INFORMAÇÕES DO FEIXE:				RESUMO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES:		
DATA DO ENSAIO (DD/MM/AAAA):		20/08/2021	Ø DOS TUBOS (mm):	25,40	Nº DE TUBOS DO FEIXE:	856	NÚMERO MÍNIMO DA AMOSTRA DE TUBOS A ENSAIAR:	86	
INÍCIO OPERAÇÃO FEIXE (DD/MM/AAA):		14/05/2015	ESPESSURA DOS TUBOS (mm):	2,77	Nº DE FILAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	NÚMERO DE TUBOS AVALIADOS (AMOSTRA):	849	
INTERVALOS ENTRE DATAS SEM OPERAR (DD/MM/AAAA):			MATERIAL DOS TUBOS:	SA-213M TP 347	Nº DE COLUNAS DE TUBOS DO FEIXE:	CHECAR	MÍNIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	1,2	
	Data início intervalo	Data fim intervalo	TUBOS LISOS OU ALETADOS?	LISOS	FLUIDO DO CASCO:	DIESEL + H2	ESPESSURA MÉDIA ENCONTRADA (mm):	2,7	
INTERV. 01:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS FIXADAS POR GROOVE?	N/A	FLUIDO DOS TUBOS:	DIESEL + H2 + H2S	MÁXIMA ESPESSURA ENCONTRADA (mm):	2,8	
INTERV. 02:	00/01/1900	00/01/1900	ALETAS LONG. OU CIRCUNF.?	N/A	FLUIDOS CONTÉM H2S?	NÃO	% DE TUBOS ENSAIADOS (AMOSTRA):	99%	
TOTAL DE DESCONTO DE DIAS SEM OPERAR:		0	MATERIAL DAS ALETAS?	CHECAR	TIPO/ FORMATO DO FEIXE:	TIPO U	% DE PERDA DE TUBOS (DA AMOSTRA):	1%	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%			46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO PERDA ESP. (mm)	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO (EM ANOS)	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
1	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	7	800	69,00	1,91	31,0		X				14,0	OK	OK!	
1	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	10	800	79,00	2,19	21,0		X				23,6	OK	OK!	
1	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
1	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%				
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS				DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
2	/	11			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	12			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	13			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	14			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	15			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	16			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	17			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	18			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	19			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	20			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	21			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	22			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	23			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	24			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
2	/	25			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	2			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	5			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	6			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	7			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	8			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	9			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	10			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	11			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	12			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	13	1.500		64,00	1,77	36,0		X				11,2	OK	OK!	
3	/	14			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	15			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	16			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	17			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	18			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	19			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	20			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	21			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	22			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	23			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	24			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	25			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	26			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
3	/	27	800		64,00	1,77	36,0		X				11,2	OK	OK!	
4	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	2			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	5	800		62,00	1,72	38,0		X				10,2	OK	OK!	
4	/	6			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
4	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	21	800	70,00	1,94	30,0		X				14,6	OK	OK!	
4	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
4	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	3								X			TAMPONADO	PERDIDO	
5	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	8		80,00	2,22	20,0		x				25,1	OK	OK!	
5	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%				
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS				DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA DEMANDANTE	ER - ESPESSURA DEMANDANTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURADO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
5	/	28			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
5	/	29			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	2			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	5			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	6	1.500		75,00	2,08	25,0						18,8	OK	OK!	
6	/	7			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	8			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	9			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	10	1.000		70,00	1,94	30,0						14,6	OK	OK!	
6	/	11			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	12			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	13			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	14			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	15			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	16	800		75,00	2,08	25,0						18,8	OK	OK!	
6	/	17			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	18			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	19	1.500		68,00	1,88	32,0						13,3	OK	OK!	
6	/	20			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	21			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	22			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	23			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	24			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	25			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	26			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	27			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	28			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	29			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	30			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
6	/	31			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	2			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	5	1.500		59,00	1,63	41,0		X				9,0	OK	OK!	
7	/	6			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	7			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	8			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	9			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	10	1.000		79,00	2,19	21,0		X				23,6	OK	OK!	
7	/	11			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	12			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	13			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	14			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7	/	15			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA DEMANESCENTE	ER - ESPESSURA DEMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ações de recomendações por tubo	condição operacional por tubo	OBSERVAÇÃO
7 / 16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 23		44,00	1,22	56,0		x				4,9	TAMPONAR	PERDIDO	
7 / 24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
7 / 30							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
7 / 31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 15	1.500	80,00	2,22	20,0		x				25,1	OK	OK!	
8 / 16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
8 / 32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
8 / 33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 1		44,00	1,22	56,0		x				4,9	TAMPONAR	PERDIDO	
9 / 2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 4		44,00	1,22	56,0		x				4,9	TAMPONAR	PERDIDO	
9 / 5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 7		44,00	1,22	56,0		x				4,9	TAMPONAR	PERDIDO	
9 / 8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 28		80,00	2,22	20,0		x				25,1	OK	OK!	
9 / 29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
9 / 33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 10		80,00	2,22	20,0		x				25,1	OK	OK!	
10 / 11		85,00	2,35	15,0		x				35,6	OK	OK!	
10 / 12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10 / 14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
10	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	18							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
10	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	24							x				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
10	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
10	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%				
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS				DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
11	/	28			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	29			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	30			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	31			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	32			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	33			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	34			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
11	/	35			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	2			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	5			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	6			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	7			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	8			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	9			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	10			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	11			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	12			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	13			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	14			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	15			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	16			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	17			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	18			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	19			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	20			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	21			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	22			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	23			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	24			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	25			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	26			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	27			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	28			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	29			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	30			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	31			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	32			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	33			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	34			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
12	/	35			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13	/	1			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13	/	2	200		85,00	2,35	15,0		x				35,6	OK	OK!	
13	/	3			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13	/	4			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13	/	5			100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%			46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
13 / 6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
13 / 35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
14 / 18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
15	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
15	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
15	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
15	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
16	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
17	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
17	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
18	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
18	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	18							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	24							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
19	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	34		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
19	/	35		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURADO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
20	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	4	1.500	45,00	1,25	55,0	X					5,1	TAMPONAR	PERDIDO	
20	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
20	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURADO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
21	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	32		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
21	/	33		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	26	1.000	85,00	2,35	15,0		X				35,6	OK	OK!	
22	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
22	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
22	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	6	1.500	80,00	2,22	20,0		X				25,1	OK	OK!	
23	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	9	1.500	85,00	2,35	15,0		X				35,6	OK	OK!	
23	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	28		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	29		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	30		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
23	/	31		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	3							X				OBSTRUÍDO-TAMPONAR	PERDIDO	
24	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
24	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBTURUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
26	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	15		80,00	2,22	20,0		X				25,1	OK	OK!	
26	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	26		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
26	/	27		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	18		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	19		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	20		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	21		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	22		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	23		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	24		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
27	/	25		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	1		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	2		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	3		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	4		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:															
0% a 45%				46% a 55%				56% a 89%				90% a 100%			
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE TUBOS			DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA REMANESCENTE	ER - ESPESSURA REMANESCENTE (mm)	% DE PERDA DE ESPESSURA	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	AÇÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL POR TUBO	OBSERVAÇÃO
28	/	5		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	6		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	7		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	8		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	9		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	10		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	11		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	12		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	13		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	14		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	15		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	16		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
28	/	17		100,00	2,77	0,0						20,0	OK	OK!	
MARCAÇÕES DO ESPELHO DO EQUIPAMENTO - PONTOS DE CONTROLE															
LEGENDAS DE MARCAÇÃO:			PARA ENSAIO:			O	OBSTRUÍDO:		X	TAMPOADO:		☒	SUJO:		*

ESCALA PERCENTUAL DE PERDA DE ESPESSURA:

0% a 45%		46% a 55%					56% a 89%				90% a 100%		
Nº DAS FILAS / COLUNAS DE	DISTÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO	% DE ESPESSURA	ER - ESPESSURA	% DE PERDA DE	CORROSÃO EXTERNA	CORROSÃO INTERNA	TUBO OBSTRUÍDO	TUBO TAMPONADO	TUBO SUJO	VIDA ESTIMADA DO TUBO	ACÕES DE RECOMENDAÇÕES POR TUBO	CONDIÇÃO OPERACIONAL	OBSERVAÇÃO

