

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMA DE TUBULAÇÃO DE AMONIA DOCUMENTO NÚMERO: PIS2025TBNH3

EQUIPAMENTO: SISTEMA DE TUBULAÇÕES NH3

TAG: ST0001NH3

POSIÇÃO: REGIME -10°C/REGIME - 46°C

SETOR: SALA DE MÁQUINAS/
ÁREA TÉCNICA ACIMA DO FORRO / ÁREA FRIA INTERNA

MARFRIG GLOBAL FOODS
Unidade Industrializados– Bataguassu – MS
Novembro - 2025

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

DADOS DO SISTEMA

Sistema de Tubulações

O sistema é composto por tubulações destinadas ao transporte de amônia em estado vapor e líquido, operando em múltiplos regimes de pressão e temperatura, conforme demanda frigorífica. Todas as linhas seguem o padrão de identificação por cores conforme NR-26 – Portaria MTB 3.214/78 e têm sua PMTA definida em função dos vasos interligados e do memorial de cálculo de espessura mínima dos tubos.

Detalhamento das Linhas

Linha de Descarga

Fluido principal: Vapor de amônia
Pressão de trabalho: 14,00 kgf/cm² a 16,00 kgf/cm²
PMTA: 16,00 kgf/cm² (*estabelecida em conformidade com os vasos associados à linha*)
Temperatura de trabalho: 60 °C a 120 °C (*variável conforme carga térmica do sistema frigorífico*)
Cor padrão: Púrpura
(Identificação conforme NR-26, item 26.1.2)

Descrição técnica:

Linha destinada ao transporte de vapor superaquecido proveniente dos compressores, operando em regime de alta pressão e temperatura. Sujeita a vibração, pulsação e variação térmica significativa, devendo possuir suportação adequada e isolamento parcial conforme necessidade operacional. Constitui uma das linhas mais críticas do sistema em função da energia térmica e mecânica envolvida.

Linha de Gás Quente (Degelo)

Fluido principal: Vapor de amônia
Pressão de trabalho: 14,00 kgf/cm² a 16,00 kgf/cm²
PMTA: 16,00 kgf/cm²
Temperatura de trabalho: 60 °C a 120 °C
Cor padrão: Púrpura
(Identificação conforme NR-26, item 26.1.2)

Descrição técnica:

Linha utilizada para suprimento de vapor quente destinado ao processo de degelo térmico de evaporadores. Apresenta valores elevados de temperatura e pressão semelhantes à linha de descarga, sendo necessária atenção especial à integridade das válvulas, soldas, flanges e suportes devido ao ciclo térmico repetitivo que tende a provocar fadiga e afrouxamento de componentes.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Linha de Líquido

Fluido principal:	Amônia líquida
Pressão de trabalho:	6,00 kgf/cm ² a 16,00 kgf/cm ²
PMTA:	16,00 kgf/cm ² (<i>conforme vasos interligados e memorial de cálculo</i>)
Temperatura de trabalho:	Ambiente 15 °C a 38 °C (<i>dependente da capacidade frigorífica e condições ambientais</i>)
Cor padrão:	Amarelo / Parcialmente isolada
(Identificação conforme NR-26)	

Descrição técnica:

Linha responsável pela condução de amônia líquida desde o separador ou acumulador até os dispositivos de expansão ou evaporadores. Opera predominantemente em regime sub-resfriado, devendo manter isolamento térmico parcial para evitar formação de bolhas por flash gas. Como trabalha com variações amplas de pressão, é fundamental garantir estanqueidade, e ausência de corrosão sob isolamento nos trechos expostos à condensação atmosférica.

Linha de Sucção (Regime de Média Temperatura – MT)

Fluido principal:	Vapor saturado de amônia
Pressão de trabalho:	0,00 kgf/cm ² a 16,00 kgf/cm ²
PMTA:	16,00 kgf/cm ²
Temperatura de trabalho:	-10 °C a 5 °C (<i>variável conforme demanda térmica dos evaporadores</i>)
Cor padrão:	Azul escuro (representado apenas em fluxogramas; linha isolada termicamente)
(Identificação conforme NR-26)	

Descrição técnica:

Linha que retorna vapor saturado dos evaporadores de média temperatura aos compressores. Opera em regime de baixa temperatura, necessitando isolamento térmico integral com barreira de vapor eficiente para evitar condensação e formação de gelo. Está sujeita a variações volumétricas significativas, devendo possuir suportação flexível para acomodar contrações térmicas.

Linha de Sucção (Regime de Baixa Temperatura – BT)

Fluido principal:	Vapor saturado de amônia
Pressão de trabalho:	13,00 kgf/cm ²
PMTA:	16,00 kgf/cm ²
Temperatura de trabalho:	-46 °C a 0 °C
Cor padrão:	Azul claro (apenas em P&ID / fluxograma; linha totalmente isolada)
(Identificação conforme NR-26)	

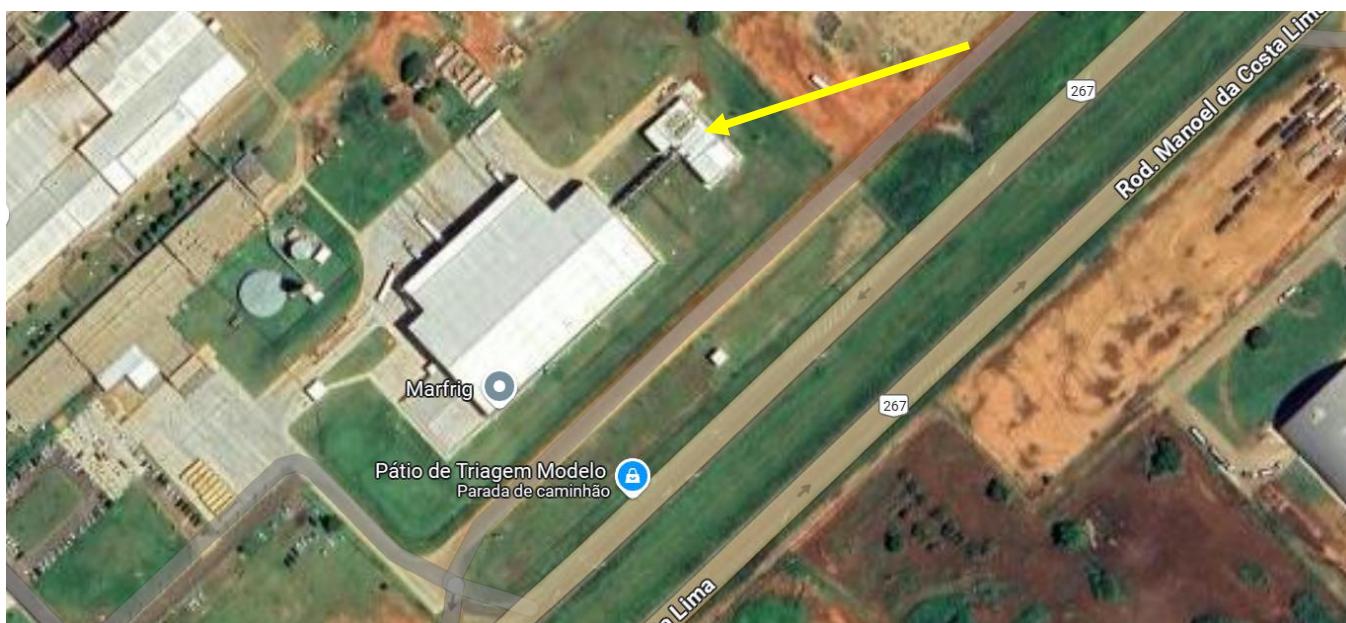
Descrição técnica:

Linha extremamente crítica devido às baixíssimas temperaturas de operação. Sujeita a forte contração térmica e risco elevado de falhas na barreira de vapor. Qualquer perda do isolamento pode gerar acúmulo de gelo, aumentando tensões mecânicas e potencializando risco de vazamento. Exige inspeções periódicas mais frequentes, com abertura de janelas no isolamento para verificação de corrosão sob isolamento (CUI) e integridade dos suportes.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

LOCALIZAÇÃO

EMPRESA: MARFRIG GLOBAL FOODS
SETOR: INDUSTRIALIZADOS - UTILIDADES
ENDEREÇO: ROD. BR 267 KM 35 CEP 79.780-000
CIDADE: Bataguassu
BAIRRO: Zona Rural
ESTADO: Mato Grosso do Sul (MS)
CNPJ: 03.853.896/0027-89



PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

**PROGRAMA DE INSPEÇÃO – PLANO DE INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES E SISTEMAS DE TUBULAÇÕES
MARFRIG GLOBAL FOODS INDÚSTRIALIZADOS – UND BATAGUASSU - MS
ACOMPANHAMENTO – SR VINICIUS SIDNEI SILVA**

OBJETIVOS DA INSPEÇÃO

- Verificar a integridade mecânica das tubulações e suportes.
- Garantir a conformidade com NR-13, ASME B31.5 e IAR 6.
- Prevenir vazamentos, falhas por corrosão, fadiga térmica, abrasão por gelo, impactos mecânicos e sub-resfriamento extremo.
- Confirmar que as linhas estão adequadamente isoladas, purga/óleo adequadas, suportes íntegros e válvulas operacionais.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para avaliação do estado de integridade do sistema de tubulações consiste na identificação, definição e controle dos prazos regulamentares das inspeções de segurança, conforme estabelecido pela NR-13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, bem como na execução dos exames e ensaios técnicos necessários para obtenção de um parecer técnico conclusivo sobre a condição operacional das linhas.

O processo metodológico segue as seguintes diretrizes:

1. **Classificação e enquadramento do sistema de tubulações** de acordo com sua função, fluido, pressão de operação, temperatura e PMTA, permitindo a definição das periodicidades obrigatórias de inspeção previstas na NR-13.
2. **Identificação dos prazos previstos para as próximas inspeções**, com base no histórico anterior, no relatório de inspeção vigente, na criticidade operacional das linhas e nas periodicidades oficiais determinadas pela norma para:
 - Inspeção de Segurança Externa (ISE)
 - Inspeção Completa ou Detalhada (ICD)
 - Avaliação de Vida Remanescente
 - Ensaios complementares e inspeções extraordinárias
3. **Seleção dos exames e ensaios necessários**, conforme recomendação do **Profissional Habilitado (PH)**, levando em consideração normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis (NR-13, ASME B31.5, IAR-6, API 570, entre outras). Os métodos usualmente empregados incluem:
 - Inspeção visual técnica (VT)
 - Medição de espessura por ultrassom (UT)
 - Ensaios não destrutivos (LP, PM, RX)
 - Inspeções de corrosão sob isolamento (CUI)
 - Testes de estanqueidade e detecção de vazamentos
 - Avaliação de suportes e movimentações térmicas
4. **Análise técnica dos resultados** obtidos nos exames, correlacionando condições operacionais, integridade mecânica e histórico de manutenção, para determinação da conformidade da tubulação com sua função e com os requisitos legais.
5. **Elaboração do parecer técnico conclusivo**, emitido pelo Profissional Habilitado, contendo:
 - Condição operacional da tubulação (Apta / Apta com Recomendações / Inapta)
 - Requisitos de intervenção, quando aplicáveis
 - Definição oficial dos novos prazos de inspeção
 - Recomendações para melhoria de integridade, segurança e confiabilidade
6. **Registro documental**, incluindo relatórios fotográficos, fichas de inspeção, planilhas de espessuras, ENDs aplicados, ART/RRT e atualização do prontuário da tubulação conforme determinado na NR-13.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO APLICÁVEL

A avaliação da integridade mecânica, segurança operacional e conformidade legal do sistema de tubulações industriais é fundamentada nas legislações federais e normas técnicas nacionais e internacionais abaixo relacionadas. Tais documentos estabelecem requisitos mínimos para inspeção, operação, reparo e controle de equipamentos submetidos à pressão, incluindo sistemas de amônia utilizados em refrigeração industrial.

Legislação Federal e Normas Regulamentadoras (NR)

- **Lei Federal nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**

Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), dispondo sobre **Segurança e Medicina do Trabalho**, constituindo o marco legal básico para regulamentações como a NR-13.

- **Portaria nº 594, de 28 de abril de 2014 – Alteração da NR-13**

Atualiza e amplia os requisitos referentes à **inspeção e operação de caldeiras, vasos de pressão e tubulações**, estabelecendo obrigações quanto à periodicidade das inspeções, prontuário, registro de segurança e responsabilidade técnica.

- **Portaria MTb nº 1.084, de 28 de setembro de 2017 – Alteração da NR-13**

Complementa e revisa dispositivos da NR-13, com ênfase na **classificação de equipamentos, requisitos de inspeção, reparo, qualificação de profissionais e critérios de avaliação de integridade em tubulações industriais**.

Normas Técnicas Internacionais Aplicáveis à Inspeção e Integridade de Tubulações

- **API 570 – Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-Service Piping Systems**

Norma internacional que estabelece critérios para **inspeção, reparação, alteração e reclassificação** de sistemas de tubulação em operação. Define metodologias de avaliação de integridade, periodicidades e critérios de aceitabilidade.

- **ASME B31.3 – Process Piping**

Norma amplamente utilizada para o projeto e integridade de **tubulações industriais de processo**, abrangendo requisitos de construção, fabricação, testes, materiais, tensões admissíveis e segurança mecânica.

- **ASME B31.4 – Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids**

Aplica-se a sistemas de dutos destinados ao **transporte de hidrocarbonetos líquidos e outros fluidos**, descrevendo requisitos de projeto, teste, operação e manutenção.

- **ASME B31.5 – Refrigeration Piping and Heat Transfer Components**

Norma específica para **tubulações de refrigeração e componentes de transferência de calor**, amplamente utilizada em sistemas que operam com amônia (NH₃). Estabelece parâmetros de projeto, materiais, pressão admissível, montagem, testes e requisitos de segurança.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

ENQUADRAMENTO

Com a publicação da Portaria nº 594/2014, que promoveu alterações significativas na NR-13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, estabeleceu-se a obrigatoriedade de controle, inspeção e acompanhamento sistemático das tubulações pressurizadas utilizadas para o transporte de fluidos perigosos. Dentre esses fluidos incluem-se substâncias tóxicas, inflamáveis/combustíveis, bem como gases e produtos especiais, tais como amônia (NH₃), acetileno e hidrogênio.

Diante desse contexto, todas as tubulações industriais que transportam amônia — fluido classificado como tóxico e perigoso — passam a integrar o escopo de fiscalização, operação segura e inspeção regida pela NR-13. A conformidade demanda sua correta classificação e enquadramento, garantindo que o sistema esteja inserido na rotina organizacional de inspeção, prontuário e controle legal da unidade industrial.

O enquadramento formal das tubulações de amônia para a aplicação da NR-13 é realizado conforme o subitem 13.2.1, alínea “e”, o qual estabelece:

13.2.1 – Estão sujeitas às disposições da NR-13, entre outras, as seguintes tubulações:
(e) tubulações que contêm fluidos tóxicos, inflamáveis ou combustíveis.

Assim, por se tratar de um fluido tóxico e com elevado potencial de risco operacional, o sistema de tubulações de amônia desta unidade industrial enquadra-se obrigatoriamente na NR-13, devendo atender a todos os requisitos legais associados, incluindo:

Prontuário das tubulações;

Registros de inspeção e manutenção;

Programação de inspeções de segurança;

Emissão de parecer técnico por Profissional Habilitado;

Controle de PMTA, pressão e temperatura de operação;

Qualificação de pessoal envolvido na operação e manutenção.

O enquadramento é, portanto, a etapa fundamental para formalização do sistema dentro do controle de integridade mecânica, assegurando rastreabilidade, conformidade legal e segurança operacional contínua.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

CAMPO DE APLICAÇÃO

“13.2.1 – Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

e) tubulações que contenham fluidos de classe A ou B, conforme as alíneas “a” e “b” do subitem 13.5.1.1.1, ligadas a caldeiras ou vasos de pressão abrangidos por esta NR;”

A alínea “e” refere-se aos conceitos de classificação de fluidos alojados em seção compartilhada ou homogênea dos vasos de pressão, sendo apresentada a seguir as classes específicas para enquadramento das tubulações.

a) Os fluidos contidos nos vasos de pressão são classificados conforme descrito a seguir:

Classe A:

- fluidos inflamáveis;
- fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200 °C (duzentos graus Celsius)
- fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 ppm (vinte partes por milhão)
- hidrogênio;
- acetileno.

Classe B:

- fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200 °C (duzentos graus Celsius);
- fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 ppm (vinte partes por milhão).

Classe C:

- vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido.

Classe D:

- outro fluido não enquadrado acima.

Tendo como base o acervo de norma do ministério do trabalho podemos definir conceitos lógicos para os fluidos citados acima.

NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis

Líquidos inflamáveis: são líquidos que possuem ponto de fulgor $\leq 60^\circ \text{C}$

Gases inflamáveis: gases que inflamam com o ar a 20°C e a uma pressão padrão de 101,3 kPa.

Líquidos combustíveis: são líquidos com ponto de fulgor $> 60^\circ \text{C}$ e $\leq 93^\circ \text{C}$

NR 15 – Atividades e operações insalubres – Anexo 11 – Quadro 01

Alcool isopropílico		+	310	765	méd
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo

O limite mínimo de tolerância da concentração de amônia em ambiente sociável de trabalho é 20 ppm, o que classifica o fluido em classe A, conforme alínea “a” do item 13.5.1.1.1 da NR 13

No item 13.2 da NR 13 descreve a abrangência da referida norma sendo alínea “e” do parágrafo 13.2.1 conforme abaixo.

e) tubulações ou sistemas de tubulação interligados a caldeiras ou vasos de pressão, categorizados conforme itens 13.4.1.2 e 13.5.1.2, que contenham fluidos de classe A ou B conforme item 13.5.1.2, alínea “a” desta NR.

Conforme análise interpretativa na alínea acima descrita, e retirada da NR 13, podemos afirmar que toda tubulação que transporte fluidos de classe A e B, devem ser focos deste plano de inspeção de tubulações e sistemas de tubulações.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

PRAZOS DE VALIDADE

De acordo com a NR 13 o seguinte parágrafo abaixo:

13.6.2.2 Os intervalos de inspeção das tubulações devem atender aos prazos máximos da inspeção interna do vaso ou caldeira mais crítica a elas ligados.

13.6.2.2.1 Desde que fundamentado tecnicamente, os prazos de inspeção podem ser duplicados, a critério do PLH, observado o limite máximo de 10 (dez) anos.

a) para estabelecimentos que não possuam SPIE, conforme citado no Anexo II:

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno
I	1 ano	3 anos
II	2 anos	4 anos
III	3 anos	6 anos
IV	4 anos	8 anos
V	5 anos	10 anos

b) para estabelecimentos que possuam SPIE, conforme citado no Anexo II, consideradas as tolerâncias nele previstas:

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno
I	3 anos	6 anos
II	4 anos	8 anos
III	5 anos	10 anos
IV	6 anos	12 anos
V	7 anos	a critério

Conforme avaliação in loco os vasos mais críticos dos sistemas de geração de frio por amônia instalados na sala de máquinas existentes na planta são eles:
Reservatórios de amônia
Separadores de Líquido
Separadores de óleo
Resfriadores Intermediários

Dentre eles o reservatório de amônia enquadrando na categoria I da tabela disposta no item 13.5.4.5 da referida norma, ficando assim os intervalos de inspeção periódica de sistemas de tubulações de amônia estabelecido em **03 anos** exceto exista justificativa técnica para prazos mais curtos mencionados em avaliações do PH e/ou inspetor.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

QUADRO DE ATUALIZAÇÃO			
ITEM	DESCRIÇÃO	DATA DA INSPEÇÃO	RECOMENDAÇÃO DE DATA PARA PRÓXIMA INSPEÇÃO
01	ANALISE/ INSPEÇÃO/TESTES/RELATÓRIO	NOVEMBRO/2024	NOVEMBRO/2025
02	ANALISE/ INSPEÇÃO/TESTES/RELATÓRIO	NOVEMBRO/2025	NOVEMBRO/2026

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

✓ ATENDIMENTO AO SUBITEM 13.3.4 DA NR-13 – EXAMES, TESTES E NORMAS APLICÁVEIS

Em conformidade com o **subitem 13.3.4 da NR-13**, toda inspeção de segurança realizada em equipamentos abrangidos pela norma — incluindo tubulações e sistemas de tubulações — deve ser fundamentada na aplicação de **exames e testes adequados**, definidos pelo **Profissional Legalmente Habilitado (PLH)** e executados segundo códigos e normas técnicas reconhecidas.

- **13.3.4 – Texto normativo:**

“A inspeção de segurança dos equipamentos abrangidos por esta NR deve ser respaldada por exames e testes, a critério técnico do PLH, observado o disposto em códigos ou normas aplicáveis.”

Para tubulações industriais, os exames utilizados para avaliação do estado de integridade devem ser escolhidos de acordo com a **criticidade das linhas, o fluido transportado, o regime de operação, histórico de inspeções, e as normas de referência.**

Assim, os ensaios empregados devem seguir os padrões definidos em normas internacionais e nacionais, principalmente no contexto dos **Ensaio Não Destrutivos (ENDs)**.

✓ ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (ENDs) APLICÁVEIS ÀS TUBULAÇÕES

Os ENDs utilizados em tubulações e sistemas de tubulação abrangidos pela NR-13 incluem, entre outros:

- **Ultrassom (UT)**

Determinação da espessura remanescente, perda por corrosão/erosão, mapeamento de t_min e vida útil.

- **Líquido Penetrante (LP)**

Identificação de trincas superficiais em soldas, flanges, suportes e regiões críticas.

- **Partículas Magnéticas (PM)**

Detecta descontinuidades e trincas em materiais ferromagnéticos.

- **Radiografia Industrial (RX)**

Verificação da qualidade interna de soldas e juntas.

- **Emissão Acústica (AE)**

Detecção de vazamentos ou microvazamentos sob pressão.

- **Teste de Estanqueidade**

Confirmação de integridade do sistema após reparos ou suspeita de vazamento, podendo ser por sniffer NH₃, sabão ou pressurização controlada.

Esses ensaios, aplicados de acordo com a necessidade de cada linha, fornecem base técnica para emissão do **parecer conclusivo de integridade.**

✓ NORMAS, CÓDIGOS E REGULAMENTAÇÕES APLICÁVEIS

A inspeção das tubulações é regida por um conjunto integrado de **normas regulamentadoras, códigos internacionais e normas ABNT**, apresentados de forma otimizada abaixo.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Normas Regulamentadoras (NR)

- **NR 03 – Embargo e Interdição**
Define atos administrativos aplicáveis em caso de risco grave e iminente.
- **NR 13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento**
Base legal principal para inspeção, operação e integridade das tubulações de amônia.
- **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**
Referência para limites de tolerância de agentes químicos (amônia utilizada para classificação de fluido).
- **NR 20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis**
Complementa definições de inflamáveis e requisitos de segurança.
- **NR 26 – Sinalização de Segurança**
Define padrões de cores para identificação de tubulações (ex.: púrpura para amônia).

Códigos de Projeto e Inspeção – ASME / API

- **ASME B31.3 – Process Piping (2018 Edition)**
Código de referência para projeto, fabricação, teste e integridade de tubulações industriais.
- **ASME Seção VIII, Div. 1/2/3**
Critérios aplicáveis aos vasos de pressão interligados às tubulações.
- **ASME Seção V**
Norma que estabelece os requisitos de execução e qualificação de ENDs.
- **API 570 – Piping Inspection Code**
Define metodologia para inspeção em serviço, reparo, alteração e reclassificação de sistemas de tubulação.

Normas Brasileiras – ABNT

- **ABNT NBR 6493 – Emprego de cores para identificação de tubulações**
Base da identificação por cores conforme NR 26.
- **ABNT NBR 16069 – Segurança em Sistemas Frigoríficos**
Norma essencial para sistemas com amônia; define requisitos construtivos, operação segura e proteção.
- **ABNT NBR 113598 – Vasos de Pressão para Uso em Refrigeração**
Abrange requisitos aplicáveis aos vasos interligados às tubulações.

Normas Complementares (Institucionais / Petroquímica)

- **N-2555 – Inspeção em Serviço de Tubulação**
Norma técnica amplamente utilizada para diretrizes de inspeção periódica, medição de espessuras e avaliação de integridade.
- **N-115 – Montagem de Tubulação Metálica**
Define requisitos de instalação, suportação e montagem de linhas industriais.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

✓ CONCLUSÃO DA SEÇÃO

A conformidade com o subitem **13.3.4 da NR-13** exige que o plano de inspeção das tubulações seja fundamentado em **exames, testes e ensaios adequados**, definidos pelo Profissional Legalmente Habilitado e respaldados pelos códigos normativos apresentados. Essas referências garantem que a avaliação do estado de integridade seja conduzida de forma segura, padronizada e tecnicamente reconhecida, assegurando confiabilidade operacional, prevenção de falhas e atendimento integral aos requisitos legais.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

MÉTODOS

INSPEÇÃO VISUAL EXTERNA

A inspeção visual externa constitui o ensaio inicial e fundamental no processo de avaliação da integridade de tubulações e sistemas de tubulação. Este exame consiste na verificação direta da aparência das superfícies acessíveis dos componentes, com o objetivo de identificar a presença de descontinuidades, defeitos de montagem, falhas de fabricação ou quaisquer anomalias superficiais que possam comprometer o desempenho seguro da linha ou justificar a necessidade de aplicação de ensaios complementares.

Durante a inspeção visual são observados aspectos como:

- Trincas, cortes ou deformações;
- Corrosão externa ou ataque químico;
- Desalinhamentos e esforços indevidos em suportes;
- Vazamentos, manchas características de amônia, gelo e condensação;
- Defeitos em soldas, juntas, flanges e acessórios;
- Integridade do isolamento térmico e da barreira de vapor;
- Condições gerais do entorno que possam influenciar a operação segura.

Importância e Limitações do Método

Embora seja um **ensaio simples e de baixo custo**, a inspeção visual não deve ser utilizada como método exclusivo para caracterizar a integridade do sistema, principalmente em tubulações ou componentes de **alta criticidade**, pois seu resultado depende de:

- Condições de acesso ao local;
- Iluminação ambiente;
- Limitações de visibilidade;
- Nível de experiência e capacitação do inspetor.

Assim, quando identificadas anomalias superficiais ou suspeitas de defeitos, o componente deve ser submetido a **ensaios adicionais**, tais como ultrassom, líquido penetrante, partículas magnéticas, emissão acústica, radiografia ou outros conforme recomendação do **Profissional Habilitado (PH)**.

Condução da Inspeção e Responsabilidade Técnica

A inspeção visual externa deve ser realizada por profissional capacitado e supervisionada ou analisada por **Profissional Habilitado**, garantindo que o julgamento técnico seja coerente com:

- Critérios normativos;
- Experiência operacional;
- Condições de projeto;
- Regime de operação da tubulação.

Ao término da avaliação, deve ser emitido **laudo descritivo**, contendo:

- Registro fotográfico das áreas inspecionadas;
- Descrição de aparência das superfícies;
- Identificação de descontinuidades ou falhas grosseiras;
- Avaliação dimensional quando aplicável;
- Parecer técnico conclusivo sobre a condição geral da tubulação.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Critério de Aceitação

A ausência de descontinuidades superficiais, defeitos de montagem, falhas de fabricação ou outras anomalias resulta na aprovação do ensaio visual externo. Contudo, a simples aprovação visual não garante automaticamente que a tubulação esteja apta à operação, ficando a decisão final condicionada ao parecer técnico do Profissional Habilitado, que pode recomendar a aplicação de outros ensaios não destrutivos para complementar a avaliação e assegurar a integridade da linha

Normas Técnicas Aplicáveis

A inspeção visual externa em tubulações segue critérios e diretrizes estabelecidos em normas de referência, entre as quais destacam-se:

ASME B31.1 – Power Piping (critérios gerais de inspeção visual em tubulações industriais);

ASME B31.3 – Process Piping (complementar para sistemas industriais de processo);

Petrobras N-115 – Montagem de Tubulação Metálica (critérios de montagem, soldagem e inspeção visual).

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO VISUAL

OBJETIVO DO PROCEDIMENTO

Estabelecer as condições mínimas, critérios técnicos e requisitos operacionais para a execução do **ensaio não destrutivo por inspeção visual (VT)**, visando à detecção de **descontinuidades superficiais**, defeitos de fabricação, montagem, desgaste, corrosão e demais imperfeições que possam comprometer a integridade de componentes, tubulações e sistemas de tubulação.

O procedimento orienta a correta aplicação do método, garantindo uniformidade, rastreabilidade e segurança na avaliação inicial da integridade mecânica, conforme previsto na **NR-13** e em normas técnicas aplicáveis.

DEFINIÇÕES

A inspeção visual consiste na observação direta ou indireta das superfícies dos componentes inspecionados, com a finalidade de identificar descontinuidades superficiais ou indícios que possam indicar a necessidade de ensaios complementares.

- **Inspeção visual direta:** observação realizada com o olho humano, podendo utilizar iluminação artificial.
- **Inspeção visual remota:** inspeção realizada com auxílio de equipamentos como câmeras, endoscópios, lupas, lentes, espelhos ou sistemas ópticos.

MATERIAIS APLICÁVEIS

Este procedimento se aplica à inspeção visual dos seguintes itens:

- Chapas e peças metálicas em geral;
- Tubos e conexões;
- Juntas soldadas;
- Equipamentos, acessórios e componentes diversos;
- Materiais metálicos ou não metálicos empregados em sistemas de tubulação.

EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS

Para execução do ensaio visual, podem ser utilizados:

- Iluminação natural ou artificial (mínimo de **1000 lux**);
- Lupas, lentes de aumento, espelhos planos ou angulados;
- Endoscópios, boroscópios ou câmeras de alta resolução;
- Régua, paquímetro, réguas graduadas;
- Escovas, solventes e materiais para limpeza superficial;
- Equipamentos de EPIs obrigatórios conforme normas de segurança vigentes.

A inspeção visual direta é conduzida primordialmente pelo olho humano, porém a utilização de instrumentos auxiliares é recomendada para ampliar a precisão da análise.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Acuidade Visual do Profissional

A inspeção deve ser conduzida por inspetor treinado e qualificado. A **ASME Seção V, Artigo 9**, recomenda que o exame de acuidade visual seja comprovado **anualmente**, incluindo:

- Teste de visão para curta distância;
- Percepção de contraste;
- Reconhecimento de forma e contornos de superfícies.

A aptidão visual deve estar documentada.

Condições de Iluminação

A área de inspeção deve possuir iluminação mínima de **1000 lux**, de forma uniforme e sem sombras que prejudiquem a interpretação dos indícios.

Preparação de Superfície

As superfícies a serem inspecionadas devem estar:

- Limpas, secas e livres de óleo, graxa, oxidação, tinta, escória, incrustações ou resíduos;
- As juntas soldadas e **25 mm adjacentes** devem estar isentas de impurezas;
- A superfície oxidada deve ser preparada por escovamento manual;
- Superfícies com respingos, abertura de arco, carepas ou irregularidades devem ser preparadas mecanicamente (lixamento/esmerilhamento);
- Resíduos oleosos devem ser removidos com solventes adequados.

A qualidade da limpeza influencia diretamente a confiabilidade do exame visual.

Método de Ensaio

Inspeção Visual Direta

- Ângulo de observação $\geq 30^\circ$ em relação à superfície;
- Distância do olho ao ponto inspecionado ≤ 600 mm;
- Deve haver acesso adequado ao componente examinado.

Inspeção Visual Remota

- Deve assegurar visibilidade equivalente ou superior à inspeção direta;
- O equipamento deve permitir registro (fotos/vídeos) quando necessário.

Inspeção Visual de Componentes e Posições

Componentes e superfícies metálicas

Verificar:

- Corrosão generalizada, corrosão por pites, desgaste, erosão;
- Deformações, desalinhamentos, empenos;
- Trincas ou fissuras superficiais.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Inspeção de Soldas

Observar:

- Falta de fusão ou penetração;
- Trincas a frio ou a quente;
- Porosidade, mordeduras, concavidade ou convexidade excessiva;
- Respingo, sobreposição, inclusões, abertura de arco.

Pintura de Proteção

Verificar:

- Escorrimientos, bolhas, descascamento;
- Calcinação, enrugamento, contaminações;
- Perda de aderência.

Isolamento Térmico

Verificar:

- Amassamentos, corrosão superficial, destacamento;
- Queima ou falha da barreira de vapor;
- Pontos com gelo, umidade ou perda de isolamento.

SEQUÊNCIA OPERACIONAL DO ENSAIO (PASSO A PASSO)

1. Examinar a condição superficial acessível do componente.
2. Determinar o tipo de preparação de superfície necessária.
3. Realizar a limpeza conforme critérios descritos.
4. Executar a inspeção visual do componente.
5. Classificar as indicações conforme critérios de aceitação.
6. Determinar a necessidade de ensaios complementares (UT, LP, PM, RX, AE etc.).
7. Emitir registro ou relatório das observações.

Quando uma descontinuidade é evidente, o material pode ser **reprovado** ou encaminhado a ensaios específicos para confirmação.

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Os critérios utilizados fazem referência aos seguintes documentos normativos:

- **PR-050 – ABENDE**
- **ASME Seção V – Artigo 9**
- **ASME VIII – Divisão 1**
- **ASME B31.1, B31.4 e B31.5**

A superfície é considerada aceitável quando não apresenta:

- trincas visíveis,
- defeitos de solda fora dos limites normativos,
- corrosão severa ou perda de material,
- deformações críticas,
- falhas que comprometam o regime de operação.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

CONCLUSÃO E EXIGÊNCIAS

- O inspetor deve determinar a necessidade de ensaios complementares sempre que houver suspeita de descontinuidades.
- Toda equipe envolvida deve estar ciente das normas de segurança aplicáveis ao local de inspeção.
- O procedimento deve ser revisado sempre que houver atualização normativa, mudança de técnica ou alteração no escopo.
- O ensaio visual não possui capacidade conclusiva para validar a integridade total do componente, devendo ser complementado com **ENDs** e ensaios suplementares quando necessário.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

MEDIÇÃO PONTUAL DE ESPESSURA (END – Ultrassom)

A **medição pontual de espessura** é um ensaio não destrutivo cujo objetivo é determinar a **espessura remanescente da parede da tubulação**, por meio da medição da seção transversal do material em pontos previamente definidos ou considerados críticos.

O resultado obtido por este ensaio é de **importância fundamental** para a avaliação do **estado de integridade mecânica** da tubulação ou do sistema de tubulação, uma vez que permite verificar se a espessura existente é compatível com as exigências de projeto e com o regime de operação a que o componente está submetido.

Importância Técnica da Medição de Espessura

A espessura medida representa a quantidade efetiva de material disponível para resistir aos esforços impostos pela **pressão interna do fluido**, considerando simultaneamente:

- Pressão máxima de operação;
- Temperatura de regime;
- Propriedades mecânicas do material;
- Condições reais de serviço (corrosão, erosão, desgaste).

Esses dados são essenciais para a correta avaliação da **aplicabilidade operacional** da tubulação e para a tomada de decisão quanto à continuidade segura de sua operação.

Espessura Mínima Requerida de Projeto (t_{min})

A **espessura mínima requerida de projeto** corresponde ao menor valor de espessura de parede capaz de suportar, com segurança, as condições de pressão e temperatura de operação, sem risco de falha estrutural.

Este valor é determinado a partir do **código de projeto aplicável**, sendo adotado neste procedimento o **ASME B31.1 – Power Piping**, bem como suas demais divisões e critérios correlatos, que consideram:

- Pressão interna de projeto;
- Diâmetro externo do tubo;
- Tensão admissível do material;
- Eficiência da junta soldada;
- Fatores de corrosão e tolerâncias.

Análise Comparativa e Avaliação de Integridade

A avaliação do estado de segurança da tubulação é realizada por meio de **análise comparativa** entre:

- **Espessura medida (t_{atu1})**, obtida pelo ensaio de ultrassom; e
- **Espessura mínima requerida de projeto (t_{min})**.
- **Critério básico de aceitação:**
 - $t_{atu1} \geq t_{min}$ → condição **satisfatória** de integridade;
 - $t_{atu1} < t_{min}$ → condição **insegura**, exigindo intervenção técnica.

Quando a espessura medida é superior à espessura mínima requerida, conclui-se que há **material suficiente** para resistir aos esforços decorrentes da pressão e da temperatura do regime de operação, permitindo que os componentes da tubulação permaneçam ou sejam colocados em operação com **segurança estrutural**.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Parecer Técnico Conclusivo

Com base nos resultados obtidos na medição pontual de espessura e na análise comparativa com os valores de projeto, o **Profissional Legalmente Habilitado (PLH)** emite o **parecer técnico conclusivo** quanto ao estado de integridade da linha ou sistema de tubulação, classificando-o como:

- **Apto para operação;**
- **Apto com recomendações** (monitoramento, redução de intervalo de inspeção, ENDS complementares); ou
- **Inapto para operação**, quando os critérios de segurança não são atendidos.

Este ensaio, quando associado à inspeção visual e a outros ENDS aplicáveis, constitui ferramenta essencial para assegurar a **confiabilidade operacional**, a **prevenção de falhas** e a **proteção de pessoas, instalações e meio ambiente**, em conformidade com a NR-13.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

OBJETIVO DO PROCEDIMENTO

Estabelecer as condições mínimas, critérios técnicos e requisitos operacionais para a execução do **ensaio não destrutivo de medição de espessura por ultrassom**, assegurando precisão, repetibilidade e confiabilidade na avaliação de materiais metálicos sujeitos à **corrosão, erosão ou desgaste**.

DEFINIÇÕES

A medição de espessura por ultrassom consiste na determinação da espessura remanescente de materiais metálicos por meio da propagação e reflexão de ondas ultrassônicas, permitindo a identificação de perda de material sem a necessidade de intervenção destrutiva.

MATERIAIS APLICÁVEIS

Este procedimento aplica-se a:

- Chapas metálicas;
- Tubos e conexões;
- Componentes em **aço carbono, aço inoxidável e ferro fundido**.

EQUIPAMENTOS ENVOLVIDOS

- Medidor digital de espessura por ultrassom;
- Transdutor duplo **5 MHz – Ø 10 mm**;
- Transdutor duplo **7 MHz – Ø 6 mm**;
- Transdutor duplo **5 MHz para alta temperatura**;
- Blocos padrão calibrados.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Método de Calibração

A calibração do equipamento deve ser realizada:

- No início das atividades;
- Durante o processo de medição, sempre que necessário;
- Após interrupções do serviço.

A calibração deve ser efetuada utilizando **bloco padrão calibrado**, confeccionado em material **idêntico ao do componente inspecionado**.

A tolerância admissível na calibração é de **± 0,05 mm** em relação à espessura nominal do bloco padrão.

Blocos Padrão

Os blocos padrão utilizados apresentam múltiplas espessuras, geralmente em formato de escada, e são confeccionados em **aço carbono** ou **aço inoxidável**, conforme o material do componente ensaiado.

Procedimento de Calibração

A calibração deve seguir rigorosamente:

- As instruções do fabricante do equipamento;
- Os parâmetros técnicos estabelecidos no manual do aparelho.

Deve-se realizar, no mínimo, uma calibração em espessura **igual ou superior à maior espessura a ser medida**, verificando também a estabilidade da calibração para a menor espessura esperada.

Periodicidade de Calibração

A calibração deve ser realizada:

- No início de cada serviço;
- Em intervalos que não ultrapassem **30 minutos de operação contínua**;
- Após reinício de atividades interrompidas.

Medição em Temperaturas Elevadas (60 °C a 550 °C)

Quando a superfície do componente apresentar temperatura entre **60 °C e 550 °C**, deve-se aplicar **fator de correção térmica**, conforme procedimento descrito a seguir.

Determinação do Fator de Correção (e)

1. Utilizar dois blocos padrão idênticos e do mesmo material do componente:
 - Um em temperatura ambiente;
 - Outro aquecido à temperatura equivalente ao componente ensaiado.
2. A temperatura do bloco aquecido deve ser verificada por **termômetro calibrado**.
3. Calibrar o equipamento no bloco em temperatura ambiente.
4. Realizar medição no bloco aquecido.

O fator de correção é determinado por:

$$e = \frac{Edf}{Ebq}$$

Onde:

- **Ebf** = espessura do bloco a frio
- **Ebq** = espessura do bloco a quente

A espessura real do componente será:

$$Er = Emq \cdot e$$

Onde:

- **Emq** = espessura medida a quente
- **Er** = espessura real corrigida

Em medições a quente, a calibração deve ser refeita:

- No início e reinício das atividades;
- A cada **10 medições realizadas**

Preparação da Superfície

As superfícies devem estar:

- Limpas, secas e lisas;
- Isentas de óxidos, carepas, tinta, graxa, rebarbas ou incrustações.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Quando necessário, a preparação deve ser feita por:

- Raspagem;
- Escovamento;
- Lixamento ou esmerilhamento;

em área mínima de **25 mm de diâmetro**.

Para **aço inoxidável**, devem ser utilizadas ferramentas e abrasivos específicos, evitando contaminação cruzada.

Temperatura da Superfície

A temperatura da superfície deve estar entre **10 °C e 450 °C**, respeitando os limites do transdutor empregado.

Acoplante

Podem ser utilizados:

- Vaselina;
- Graxa;
- Óleo;
- Glicerina.

Para temperaturas superiores a **60 °C**, deve-se utilizar **acoplante para alta temperatura**, aplicado preferencialmente no cabeçote.

Em inspeções em aço inoxidável, o acoplante deve possuir **certificado de análise quanto ao teor de cloro e flúor**.

Considerações Adicionais

- Devem ser realizadas **no mínimo duas medições por ponto**;
- Caso a diferença entre medições seja superior a **0,20 mm**, a calibração deve ser verificada;
- Persistindo a diferença, deve-se registrar o **menor valor medido**;
- Em medições a quente, respeitar o tempo máximo de contato do transdutor e realizar seu resfriamento entre medições.

CONCLUSÃO E EXIGÊNCIAS

- Este procedimento deve ser consultado sempre que houver dúvidas quanto à execução do ensaio;
- O manual do equipamento deve ser utilizado como complemento obrigatório;
- O ensaio de medição de espessura fornece subsídios essenciais para avaliação de integridade, porém deve ser integrado a outros ENDS conforme criticidade do sistema;
- Os resultados obtidos devem subsidiar o **parecer técnico conclusivo do Profissional Habilitado**, conforme NR-13.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE (LP)

O **ensaio por Líquido Penetrante (LP)** é um método de **ensaio não destrutivo** desenvolvido especificamente para a detecção de **descontinuidades essencialmente superficiais**, desde que estas estejam **abertas à superfície** do material. O método é indicado para a identificação de falhas como **trincas, fissuras, poros, dobras, falta de fusão superficial e outras descontinuidades semelhantes**.

O ensaio pode ser aplicado à maioria dos **materiais sólidos não porosos**, independentemente de serem ferrosos ou não ferrosos, desde que apresentem superfície adequada à aplicação do método.

Princípio do Método

O método baseia-se na **capilaridade**, que permite que um líquido com alta capacidade de penetração seja absorvido pelas aberturas superficiais das descontinuidades existentes no material. O procedimento consiste basicamente em:

1. Aplicação do **líquido penetrante** sobre a superfície previamente preparada;
2. Tempo de penetração adequado para que o líquido infiltre-se nas descontinuidades abertas;
3. Remoção do excesso de penetrante da superfície;
4. Aplicação do **revelador**, que atua por absorção, fazendo com que o penetrante retido nas descontinuidades retorne à superfície;
5. Formação de **indicações visuais**, que evidenciam a presença, forma e extensão das descontinuidades superficiais.

As regiões onde ocorre a migração do líquido indicam a existência de **descontinuidades abertas**, tornando-as visíveis ao inspetor.

Aplicação do Ensaio

O ensaio por líquido penetrante é amplamente utilizado em:

- Juntas soldadas;
- Regiões termicamente afetadas (ZTA);
- Superfícies usinadas;
- Flanges, conexões e componentes críticos;
- Áreas onde há suspeita de trincas por fadiga, corrosão sob tensão ou defeitos de fabricação.

No contexto de sistemas de tubulação industrial, o LP é especialmente indicado para avaliação de **soldas e regiões críticas**, conforme recomendação do Profissional Habilitado.

Normas Técnicas Aplicáveis

O ensaio deve ser executado em conformidade com normas e procedimentos reconhecidos, entre os quais se destacam:

- **Normas ABENDI – Líquido Penetrante;**
- **ASME Seção V – Ensaios Não Destrutivos;**
- Procedimentos internos de inspeção aprovados pelo Profissional Legalmente Habilitado.

Critério de Aceitação

O resultado **satisfatório** do ensaio por líquido penetrante caracteriza-se pela **ausência de indicações relevantes de descontinuidades superficiais**, tais como:

- Trincas;
- Fissuras;
- Porosidades abertas;
- Falhas superficiais de soldagem.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

A inexistência dessas indicações demonstra que a superfície do material se encontra em **condições aceitáveis sob o ponto de vista superficial**, atendendo aos requisitos normativos aplicáveis.

Limitações do Método

Ressalta-se que o ensaio por líquido penetrante:

- **Não detecta descontinuidades internas ou subsuperficiais;**
- Não avalia perda de espessura por corrosão ou erosão;
- **Não substitui o ensaio de medição de espessura por ultrassom**, o qual é necessário para avaliação da integridade volumétrica do material.

Portanto, o LP deve ser considerado um **ensaio complementar**, integrando o conjunto de métodos empregados para fundamentar o **parecer técnico conclusivo** sobre a integridade do componente ou sistema de tubulação.

Conclusão Técnica

O ensaio por líquido penetrante é uma ferramenta eficaz para a detecção de descontinuidades superficiais abertas, contribuindo de forma significativa para a avaliação da integridade de soldas e componentes críticos. Quando aplicado em conjunto com outros ensaios não destrutivos — como inspeção visual e medição de espessura — fornece base técnica sólida para a tomada de decisão quanto à **aptidão da tubulação para operar em seu regime de projeto**.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

ENSAIO POR LÍQUIDO PENETRANTE (LP)

O ensaio por **líquido penetrante** é um método não destrutivo utilizado para detecção de **descontinuidades superficiais abertas**, tais como trincas, fissuras, poros e falhas de soldagem.

É aplicável a materiais **não porosos**, com superfície adequada, e atua exclusivamente na **avaliação superficial**, não substituindo ensaios volumétricos como ultrassom.

O método consiste na aplicação de um líquido com alta capilaridade que penetra nas descontinuidades, sendo posteriormente revelado por meio de um revelador que evidencia as indicações.

O ensaio é executado conforme **normas ABENDI e ASME**, e sua aprovação é caracterizada pela **ausência de indicações relevantes**, conforme critérios normativos.

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO POR LÍQUIDO PENETRANTE (LP)

OBJETIVO

Estabelecer os requisitos mínimos para execução do ensaio não destrutivo por líquido penetrante, visando à detecção de **descontinuidades abertas à superfície**.

DEFINIÇÕES

Método END utilizado para identificar descontinuidades superficiais por meio da ação capilar de líquidos penetrantes.

MATERIAIS APLICÁVEIS

- Chapas;
- Tubos;
- Juntas soldadas;
- Componentes em:
 - Aço carbono;
 - Aço inoxidável;
 - Ferro fundido;
 - Titânio;
 - Ligas de níquel e alumínio.

EQUIPAMENTOS E CONSUMÍVEIS

- Líquido penetrante **Tipo II**;
- Revelador úmido não aquoso (contraste);
- Solventes de limpeza.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Iluminação

Iluminação mínima de **1000 lux**, medida com luxímetro calibrado.

Preparação da Superfície

- Limpeza da superfície e **25 mm adjacentes**;
- Isenta de óleo, tinta, óxidos, respingos e contaminantes;
- Secagem natural mínima de **5 minutos**.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Temperatura

Faixa permitida: **10 °C a 52 °C**, incluindo consumíveis.

Aplicação do Penetrante

- Pulverização, pincelamento ou imersão;
- Tempo de penetração: **10 a 60 minutos**.

Remoção do Excesso

- Jato de água ≤ 40 psi (≈ 3 kgf/cm²);
- Temperatura da água ≤ 38 °C.

Secagem

- Evaporação natural (mín. 5 min) ou
- Ar comprimido filtrado (≥ 30 psi).

Interpretação

- Inicial: logo após aplicação do revelador;
- Final: **20 minutos** após aplicação;
- Não recomendada após **60 minutos**.

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Conforme **PR-001 (ABENDI)** e **ASME Seção VIII – Apêndice 8**:

Os componentes devem estar livres de:

- Indicações lineares relevantes;
- Indicações arredondadas $> 4,8$ mm;
- Quatro ou mais indicações alinhadas com espaçamento $\leq 1,6$ mm.

LIMPEZA FINAL

Remover resíduos de consumíveis sempre que interferirem na operação ou no processo.

CONCLUSÃO E EXIGÊNCIAS

- O inspetor deve permanecer no local durante o ensaio;
- Procedimento deve ser revisado em caso de alteração de consumíveis;
- O ensaio LP avalia **somente descontinuidades superficiais**, devendo ser complementado por outros ENDS quando necessário.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

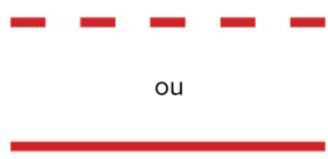
Ensaio não destrutivo (END) – Líquido Penetrante

Líquido penetrante de materiais pode ser usado em



Aplicação do penetrante		Aplicação do revelador	
 No mínimo 10 min de estabelecimento	 No mínimo 30 min de estabelecimento	 Para aerossol, segure a lata de spray a 20 a 30 cm da peça	 No mínimo 10 min de tempo de revelação  No mínimo 120 min de tempo de revelação

Inspecione a peça



Uma linha ou linha pontilhada marca uma rachadura, dobra, ruptura de forja ou fendas de forjamento



Porosidade, encolhimento, falta de adesão e vazamentos aparecerão como pontos ou áreas locais de cor

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

O ensaio por **Líquido Penetrante (LP)** é um **ensaio não destrutivo** destinado à detecção de **descontinuidades abertas à superfície**, tais como trincas, fissuras, porosidades, dobras, laps, falta de fusão superficial e outros defeitos similares.

O método é aplicável a materiais **não porosos ou com baixa rugosidade superficial**, incluindo, entre outros: alumínio, magnésio, latão, cobre, ferro fundido, aço carbono, aço inoxidável, ligas de níquel, titânio, estelita, carbonetos, além de determinados plásticos e cerâmicas técnicas.

O princípio do método baseia-se nas seguintes etapas fundamentais:

- Penetração do líquido nas descontinuidades abertas à superfície;
- Remoção do excesso de penetrante da superfície;
- Aplicação do revelador para extração do penetrante retido;
- Inspeção visual e interpretação das indicações.

As descontinuidades são evidenciadas por **indicações em coloração vermelha intensa**, contrastando com o fundo claro do revelador.

Limpeza e Preparação da Superfície

A confiabilidade do ensaio depende diretamente da adequada preparação da superfície.

Procedimento de Limpeza

1. Cobrir a peça ou região a ser inspecionada com limpador/removedor.
2. Manter o produto em contato com a superfície pelo tempo necessário para dissolução de contaminantes.
3. Secar com pano limpo e seco.
4. Repetir o processo se necessário.
5. Após a limpeza final, aguardar tempo suficiente para completa secagem antes da aplicação do penetrante.
6. A limpeza deve ser realizada **no mesmo dia da inspeção**.

Graxas, óleos e contaminantes oleosos impedem a penetração do líquido e devem ser completamente removidos. Carepas, areia, sujeira e tinta devem ser eliminadas por escovamento mecânico ou método equivalente.

Aplicação do Líquido Penetrante

1. Aplicar o penetrante por pulverização, pincelamento ou imersão, garantindo cobertura uniforme da superfície.
2. Caso o penetrante apresente retorno em forma de gotículas, interromper o processo e repetir a limpeza.
3. O **tempo de penetração** deve ser mantido entre **10 e 30 minutos**, podendo ser ampliado para descontinuidades extremamente finas ou fechadas.

Remoção do Excesso de Penetrante

1. Após o tempo de penetração, remover o excesso superficial com pano ou toalha limpa.
2. Repetir a limpeza se necessário.
3. Quando aplicável, utilizar água (penetrantes laváveis à água) ou pano umedecido com limpador/removedor (penetrantes removíveis a solvente).
4. **Não lavar diretamente a superfície com solvente**, pois isso reduz a sensibilidade do método.

Aplicação do Revelador

1. Agitar vigorosamente o recipiente do revelador antes da aplicação.
2. Aplicar uma **camada fina, uniforme e contínua**, suficiente apenas para cobrir a superfície.
3. Manter distância de aplicação entre **20 e 30 cm**, pulverizando em seções curtas.
4. Aguardar a secagem do revelador.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

5. Observar o surgimento das indicações: defeitos maiores surgem rapidamente; defeitos finos podem levar alguns minutos.

Inspeção e Interpretação

A inspeção deve ser realizada sob iluminação mínima de **1000 lux**.

As indicações observadas podem se manifestar como:

- **Linhas contínuas ou pontilhadas:** indicativas de trincas, dobras ou fissuras;
- **Pontos ou áreas localizadas:** indicativas de porosidade, vazamentos ou retrações.

Indicações extensas tendem a se espalhar quando associadas a defeitos maiores ou profundos.

Avaliação de Resultados – Critérios de Aceitação

A avaliação deve seguir os critérios da **ABENDI (PR-001)** e **ASME Seção VIII, Divisão 1 – Apêndice 8**, salvo exigência mais restritiva.

Os componentes ensaiados **não devem apresentar:**

- Indicações lineares relevantes com comprimento maior que três vezes a largura;
- Indicações arredondadas relevantes com dimensão superior a **4,8 mm**;
- Quatro ou mais indicações arredondadas alinhadas com espaçamento $\leq 1,6$ mm;

A interpretação deve considerar a **dimensão da indicação**, mesmo que esta seja maior que a descontinuidade real.

Limpeza Final

Após a inspeção, todos os resíduos de penetrante, revelador e solventes devem ser removidos, sempre que interfiram no processo ou nas condições de serviço do componente.

Conclusão do Ensaio LP

A ausência de indicações relevantes caracteriza resultado **satisfatório**, indicando que a superfície do material encontra-se em condições aceitáveis. Ressalta-se que o ensaio por líquido penetrante **não substitui** ensaios de medição de espessura ou outros métodos voltados à detecção de descontinuidades internas.

MECANISMOS DE DANOS PREVISÍVEIS

A definição da estratégia de inspeção deve considerar os **mecanismos de degradação potenciais** associados ao transporte de fluido sob pressão em tubulações. Identificar e avaliar tais mecanismos é etapa essencial para estimar a probabilidade de falha e estabelecer táticas de inspeção consistentes com uma abordagem baseada em risco.

De forma geral, as interações fundamentais podem ser sintetizadas como:

- **Fluido + Material** → corrosão/erosão;
- **Fluido + Pressão** → mudanças de fase (líquido ⇌ gasoso) e efeitos de flashing;
- **Fluido + Pressão + Material** → corrosão/erosão sob condições operacionais críticas;
- **Pressão + Material** → fraturas mecânicas (fadiga, fragilização, sobrecarga).

Essas influências devem ser avaliadas para os diversos componentes e regiões suscetíveis, incluindo, entre outros:

- a) Pontos de injeção
- b) Linhas mortas (pernas sem fluxo)
- c) Corrosão sob isolamento (CUI) e interfaces críticas
- d) Serviços específicos e corrosão localizada
- e) Erosão e corrosão/erosão
- f) Craqueamento (SCC e correlatos)
- g) Corrosão sob depósitos e revestimentos
- h) Trincas por fadiga (mecânica/térmica)
- i) Rachaduras dependentes de tempo/temperatura/tensão
- j) Fratura frágil
- k) Danos por baixas temperaturas

Pontos de injeção

Suscetíveis à corrosão acelerada/localizada (normal ou anormal). Preferir **UT** e/ou **RX** para estabelecer espessura mínima local e mapear perda de material.

Linhas mortas

Podem apresentar taxas de corrosão diferentes da linha ativa adjacente. Monitorar a extremidade parada e a conexão com a linha ativa. Linhas mortas sem função devem ser eliminadas quando possível.

Corrosão sob isolamento (CUI)

A inspeção externa de tubulações isoladas deve avaliar integridade do isolamento/barreira de vapor e sinais de umidade/condensação. Áreas críticas típicas: proximidade de torres, vazamentos, inundações, névoas, vibração que danifica isolamento, terminações em flanges/válvulas, suportes, pontos de penetração e costuras superiores.

Operação específica e corrosão localizada

Programa eficaz combina:

- I) análise do fluxograma/processo e áreas prováveis;
- II) ENDS padronizados (UT/LP/PM/RX);
- III) comunicação de perturbações operacionais que alterem taxa de corrosão.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Erosão e corrosão/erosão

Comum em regiões turbulentas: jusante de válvulas/orifícios/bombas, mudanças de direção (cotovelos), e pontos que gerem turbulência. Avaliar por UT mapeado, RX de perfil ou outros ENDs aplicáveis.

Craqueamento

Mesmo com materiais selecionados, podem ocorrer trincas por corrosão sob tensão e mecanismos correlatos. Aplicar VT, LP, PM, UT e, se necessário, avaliar internamente por amostragem/remoção de trecho. Se detectado em vaso, avaliar tubulações próximas a montante/jusante.

Corrosão sob revestimentos/depósitos

Inspecionar revestimentos quanto a separação, bolhas, furos e falhas. Se houver indícios, avaliar condição do metal sob revestimento por abertura localizada ou UT externo.

Trincas por fadiga

Decorrentes de tensões cíclicas (pressão, vibração, expansão térmica). Locais típicos: ramificações, pontos de concentração de tensões, uniões de materiais diferentes. ENDs: LP/PM e UT conforme caso. Importante prevenir causas (vibração, suporte inadequado).

Rachaduras (fluência/interação fadiga–fluência)

Dependem de tempo, temperatura e tensões. Em condições de temperatura excessiva pode ocorrer degradação microestrutural. ENDs: LP, PM, UT, RX e metalografia quando aplicável.

Fratura frágil

Aços ferríticos podem ser suscetíveis em temperatura ambiente ou abaixo. Atenção especial em testes hidrostáticos/pneumáticos, cargas extraordinárias e presença de defeitos críticos.

Danos por baixas temperaturas

Congelamento de água/soluções pode causar ruptura por expansão. Inspecionar pontos baixos, drenos e linhas mortas antes do descongelamento, pois vazamentos podem ficar temporariamente “selados” pelo gelo.

CONSEQUÊNCIAS POR POSSÍVEIS FALHAS DAS TUBULAÇÕES (NR-13 + FISPQ)

Os riscos decorrentes de falhas em tubulações são diretamente proporcionais à **periculosidade do fluido transportado**. Considerando que a NR-13 abrange tubulações que conduzem fluidos de **Classe A ou B**, a avaliação de consequências deve utilizar, como referência primária, a **FISPQ** do produto (ex.: amônia), pois esta consolida perigos, medidas de controle e impactos à saúde e ao meio ambiente.

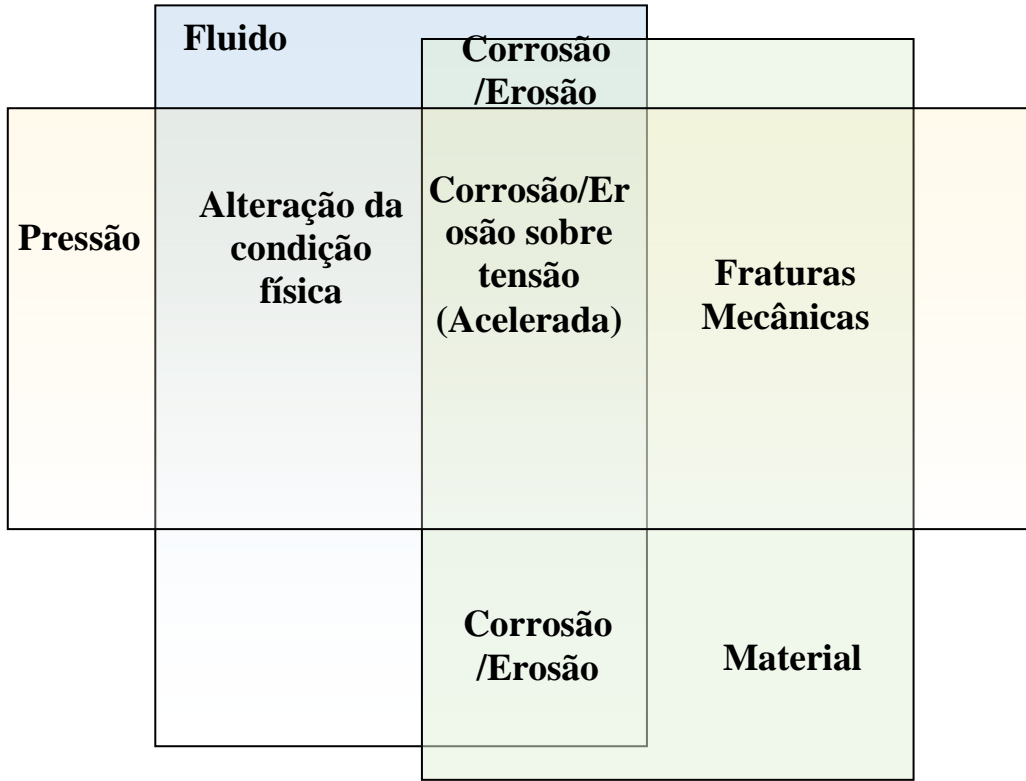
Em atendimento ao requisito de comunicação e prevenção, o plano/programa de inspeção deve contemplar as **consequências potenciais de falhas**, incluindo, quando aplicável:

- vazamentos e exposição a substâncias tóxicas;
- efeitos à saúde (irritação severa, queimaduras químicas, intoxicação);
- impactos ambientais;
- riscos operacionais associados (interdição, evacuação, danos a equipamentos e produção);
- agravantes como ambientes confinados, baixa ventilação e proximidade de fontes de ignição (quando aplicável).

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

Assim, a integração entre **NR-13** (integridade e inspeções), **FISPQ** (perigos do produto) e procedimentos de emergência é essencial para assegurar que a operação do sistema de tubulações ocorra dentro de margens de segurança aceitáveis, protegendo trabalhadores, instalações e meio ambiente.

A figura abaixo exemplifica a análise RISM



PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

MEMORIAIS DE CALCULO PARA PMTA E ESPESSURA MINIMA.

Os memoriais de cálculo para determinação da **espessura mínima requerida da tubulação** e da **Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA)** são elaborados com base nos critérios estabelecidos pelo **Código ASME B31.3 – Process Piping**, considerando as condições reais de operação, o fluido transportado, as características do material e os fatores de segurança aplicáveis.

Esses cálculos visam assegurar que a tubulação possua resistência mecânica suficiente para suportar os esforços impostos pela **pressão interna, temperatura de operação e condições de serviço**, garantindo a integridade estrutural e a operação segura do sistema.

Material da Tubulação

Quando não houver comprovação documental do material originalmente empregado na fabricação da tubulação, serão realizados **ensaios complementares**, tais como:

- Exame metalográfico;
- Ensaio de dureza.

Com base nos resultados obtidos, será adotado para efeito de cálculo o **material que mais se aproxime das propriedades mecânicas e características metalúrgicas identificadas nas amostras**, conforme tabelas e critérios do ASME B31.3.

Pressão de Projeto (P)

Na ausência de informação comprovada da pressão de projeto originalmente considerada, será adotada, para fins de cálculo, a **pressão de operação do equipamento mais crítico interligado à tubulação**, garantindo uma abordagem conservadora e segura para determinação da espessura mínima e da PMTA.

Eficiência de Junta Soldada (E)

A eficiência de junta soldada é definida conforme o tipo de tubo e o processo de soldagem empregado:

- **Tubos com costura:**
Eficiência de junta **E** variando entre **0,8 e 1,0**, conforme o tipo, qualidade e inspeção da solda executada;
- **Tubos sem costura:**
Adota-se **E = 1,0**.

Coeficiente de Redução (Y)

O coeficiente de redução **Y** é função do material e da temperatura de operação da tubulação, conforme definido pelo ASME B31.3:

- **Tubos de aço carbono e outros aços ferríticos:**
Para temperaturas de operação até **485 °C**, adota-se **Y = 0,4**;
- **Tubos de ferro fundido:**
Adota-se **Y = 0,0 (zero)**.

Calculo da espessura minima da tubulação.

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y)}$$

P = Pressão interna de projeto adotada

D = Diâmetro externo

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

S = Tensão admissível do material

E = Eficiência de junta

Y = Coeficiente de Redução

Calculo da PMTA da tubulação.

$$PMTA = \frac{2.S.E(C - t)}{2.Y(t - C) - D}$$

PMTA - Pressão Máxima de Trabalho Admissível.

D - Diâmetro Externo

S - Tensão Admissível

E - Eficiência da Junta

Y - Coeficiente de Redução

C - Sobre Espessura de Corrosão

t - Espessura da tubulação

Este cálculo permite verificar se a **espessura remanescente da tubulação é suficiente para suportar o regime de pressão e temperatura de operação**, assegurando a continuidade do serviço dentro dos limites de segurança.

Avaliação Conclusiva

Através da **análise comparativa entre a espessura medida (t_atual) e a espessura mínima requerida (t_min)**, bem como da verificação da PMTA calculada, é possível emitir o **parecer técnico conclusivo** quanto ao estado de integridade da tubulação.

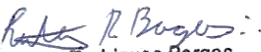
- **t_atual ≥ t_min:**
A tubulação apresenta condições satisfatórias para operação segura no regime de projeto.
- **t_atual < t_min:**
A tubulação é considerada **inapta**, devendo ser submetida a reparo, reforço, substituição ou reclassificação operacional.

PLANO DE INSPEÇÃO SISTEMAS DE TUBULAÇÕES

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Responsabilidade Técnica
Alfa Service
57.413.969/0001-01

ART - Supervisão/Coordenação
13202501355172
Renato Rodrigues Borges
Engenheiro Mecânico/Engenheiro de Segurança do Trabalho
Crea 1008294713D-GO
5071587938-SP
RNP: 1008294713


Renato Rodrigues Borges
Eng. Mecânico
CREA: 1008294713D-GO

Bataguassu, 24 de Novembro 2025



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MS

ART DE OBRA/SERVIÇO
1320250135172

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do MS

1. Responsável Técnico

RENATO RODRIGUES BORGES	RNP: 1008294713
Título Profissional: ENGENHEIRO MECÂNICO - ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO	Registro: GO1008294713
Empresa Contratada:	Registro:

2. Dados do Contrato

Contratante: ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA	CPF/CNPJ: 57.413.969/0001-01
Rua: RUA ACOTIPA	Bairro: ITAQUERA
Cidade: SÃO PAULO	UF: SP
Contrato:	Celebrado em: 23/10/2025
Valor: R\$ 2.000,00	Tipo de Contratante: PESSOA JURÍDICA
Ação Institucional:	Vinculado à ART:

3. Dados Obra/Serviço

Logradouro	Bairro	Número	Complemento	Cidade	UF	País	Cep	Coordenada
RODOVIA 267	ZONA RURAL	SN	KM 35	BATAGUASSU	MS	BRA	79.780-000	
Data de Início: 23/10/2025	Previsão Término: 23/12/2026			Código:				
Tipo Proprietário: PESSOA JURÍDICA	Proprietário: MARFRIG GLOBAL FOODS			CPF/CNPJ: 03.853.896/0027-89				
Finalidade: INDUSTRIAL								

4. Atividades Técnicas

Supervisão	Quantidade	Unidade
Análise Prevenção e Controle de Riscos -> Gerenciamento e Controle de Riscos -> de controle de riscos	1,0000	unidade (un)
Inspeção Mecânica -> Sistemas Fluidodinâmicos -> de sistemas e redes	1,0000	unidade (un)
Inspeção Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Redes e Tubulações de Fluidos, Gases e Vapores -> de segurança em redes e tubulações de fluidos, gases e vapores	2,0000	unidade (un)
Inspeção Prevenção e Controle de Riscos -> Segurança em Caldeiras e Vasos de Pressão -> de segurança em caldeiras e/ou vasos de pressão (NR13)	1,0000	unidade (un)

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

NR 12 - OPERAÇÃO DE MÁQUINAS NR 13 - CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO NR 36 - ABATE E PROCESSAMENTO

6. Declarações

Cláusula Compromissória: qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio de Centro de Mediação de Arbitragem - CMA vinculado ao CREA-MS, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

Profissional _____

Contratante _____

Acessibilidade: Declaro atendimento às regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local _____ data _____

016.073.521-17 - RENATO RODRIGUES BORGES

57.413.969/0001-01 - ALFA SERVICE CONSULTORIA EMPRESARIAL LTDA

9. Informações

A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creams.org.br ou www.confrea.org.br.
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creams.org.br creams@creams.org.br
Tel: (67)3368-1000 / 0800-368-1000

Nosso Número: 14000000018309432

Valor ART: R\$ 103,03

Registrada em 24/10/2025

Valor Pago: R\$ 103,03

Nosso Número: 14000000018309432



Documento assinado digitalmente
gov.br RENATO RODRIGUES BORGES
Data: 27/10/2025 15:00:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br GETULIO JOSE VIEIRA JUNIOR
Data: 30/10/2025 15:52:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>