

## MAPA DE COMPETÊNCIAS – INSTRUMENTAÇÃO NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Abaixo está uma lista completa e estruturada de competências para compor um Mapa de Competências da disciplina de Instrumentação aplicada à Manutenção Industrial. O objetivo é permitir:

- Avaliação precisa do nível atual dos técnicos
- Identificação objetiva dos gaps de capacitação
- Construção de um plano de desenvolvimento personalizado e orientado a resultados (disponibilidade, segurança, conformidade e ROI)

A estrutura inclui: escala de proficiência, dimensões e competências com indicadores por nível, métodos de avaliação, critérios de priorização e um roteiro prático de capacitação.

---

### **Escala de Proficiência (aplicável a todas as competências)**

- N1 – Básico: Executa tarefas simples sob supervisão; conhece conceitos fundamentais.
  - N2 – Intermediário: Atua com autonomia em rotinas e tarefas de média complexidade.
  - N3 – Avançado: Soluciona problemas complexos, otimiza processos e apoia tecnicamente a equipe.
  - N4 – Especialista: Define padrões, inova, conduz melhoria contínua e forma outros profissionais.
- 

## **1 — CONHECIMENTO TÉCNICO EM INSTRUMENTAÇÃO**

### **1.1 Princípios de Medição de Variáveis de Processo** (pressão, temperatura, vazão, nível, densidade, pH/ORP, condutividade, análise de gases)

- N1: Explica conceitos básicos e unidades; reconhece aplicações típicas
- N2: Seleciona princípio adequado por aplicação e fluido; comprehende limitações
- N3: Otimiza ponto de medição considerando exatidão, dinâmica e manutenção

- N4: Especifica soluções de alto desempenho e padroniza tecnologias por criticidade

## 1.2 Tecnologias de Instrumentos e Sensores

- N1: Identifica RTDs, termopares, transmissores, chaves, células de carga, etc.
- N2: Diferencia tecnologias (Coriolis, DP/placa de orifício, ultrassônico, radar, Vortex) e aplica corretamente
- N3: Compara desempenho (turndown, erro, repetibilidade) e TCO por ciclo de vida
- N4: Define estratégia de padronização e roadmap tecnológico

## 1.3 Metrologia e Incerteza de Medição

- N1: Entende exatidão, precisão, repetibilidade e rastreabilidade
- N2: Realiza cálculos básicos de incerteza e ajuste de instrumentos
- N3: Define critérios de aceitação e intervalos de calibração baseados em risco
- N4: Estabelece programa metrológico com rastreabilidade ILAC/RBC e auditorias

## 1.4 Válvulas de Controle, Atuadores e Posicionadores

- N1: Reconhece tipos de válvulas, atuadores (pneumático/elétrico) e funções
- N2: Relaciona característica inerente (linear, equal percentage) com processo
- N3: Dimensiona, verifica Cv, rangeabilidade e realiza tuning de posicionadores
- N4: Padroniza classes de vedação (ANSI/FCI 70-2), materiais e critérios de seleção

## 1.5 Malhas de Controle e Elementos Finais

- N1: Entende o laço 4–20 mA, I/P e conceito de realimentação
- N2: Lê P&IDs, laudos de loop check e ajusta damping/filtros
- N3: Diagnostica instabilidades (stiction, histerese, saturação) e corrige

- N4: Define padrões de malhas e diretrizes de projeto para confiabilidade e manutenção

## 1.6 Segurança Funcional (SIS, SIL, IEC 61511)

- N1: Conhece o conceito de SIF e SIL em alto nível
- N2: Executa testes periódicos conforme procedimento e registra evidências
- N3: Contribui com validação, cálculo de PFDavg e proof test coverage
- N4: Lidera ciclo de vida SIS, LOPA e gestão de mudanças em SIFs

## 1.7 Áreas Classificadas e Proteção Ex (ABNT NBR IEC 60079)

- N1: Reconhece zonas e modos de proteção (Ex d, Ex e, Ex i)
- N2: Instala e inspeciona conforme diretrizes básicas (cabos, prensa-cabos, IP)
- N3: Calcula laços Ex i, seleciona barreiras e executa inspeção detalhada
- N4: Define padrões e programa de inspeções conforme IEC 60079-14/17

## 1.8 Documentação e Símbologia (ISA 5.1, P&ID, Datasheets, Loop Diagrams)

- N1: Interpreta documentos simples e registra dados de campo
- N2: Atualiza as-built e abre RFI quando necessário
- N3: Garante consistência entre P&ID, laços e 3D; resolve conflitos
- N4: Estabelece governança documental e uso de ferramentas integradas

---

## 2 — MANUTENÇÃO E REPARO DE INSTRUMENTOS

### 2.1 Calibração e Ajustes (bancada e in-situ)

- N1: Realiza calibrações básicas com supervisão; ajusta zero/span
- N2: Usa calibradores multifunção, banho seco, bombas de pressão; emite certificados
- N3: Define tolerâncias, compensa efeitos de temperatura/pressão e valida linearização
- N4: Desenha processo metrológico, rastreabilidade e otimização de intervalos por risco

## 2.2 Manutenção Preventiva, Preditiva e Corretiva

- N1: Executa checklists e substituições simples
- N2: Planeja PMs, usa backlog e prioriza por criticidade
- N3: Integra dados de falhas à confiabilidade (FMECA), reduz MTTR e repetitividade
- N4: Implanta RBM (risk-based maintenance) e estratégia por classe de ativo

## 2.3 Válvulas de Controle e Posicionadores

- N1: Faz inspeções visuais, verifica atuação e vazamentos de ar
- N2: Troca gaxetas/selos, faz testes de vedação e calibração de curso
- N3: Executa diagnóstico avançado (fricção, stiction, assinatura) e tuning
- N4: Define políticas de overhaul, sobressalentes críticos e critérios de reforma/substituição

## 2.4 Analisadores de Processo e Condicionamento de Amostras

- N1: Opera rotinas simples (troca de reagentes/filtros)
- N2: Faz calibração/validação de pH, condutividade, O<sub>2</sub>, TOC, etc.
- N3: Mantém sistemas de amostragem (pressão, temperatura, filtragem, armadilhas)
- N4: Otimiza sistemas de análise on-line, confiabilidade e tempo de resposta

## 2.5 Comissionamento e Paradas (FAT/SAT, Loop Check)

- N1: Apoia testes de continuidade e polaridade
- N2: Executa loop checks e registra desvios
- N3: Lidera comissionamento de unidades, resolve punch list crítico
- N4: Estabelece metodologia padronizada e indicadores de prontidão

---

## 3 — PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO E INTEGRAÇÃO

### 3.1 Sinais e Padrões (4–20 mA, NAMUR NE 43)

- N1: Identifica níveis de saturação e falha típicos
- N2: Ajusta ranges e interpreta falhas de malha

- N3: Diagnostica ruído, aterramento e laços de terra; corrige
- N4: Define práticas de blindagem, aterramento e segregação de cabos

### 3.2 Protocolos e Redes (HART, FOUNDATION Fieldbus, Profibus PA/DP, Modbus RTU/TCP, OPC UA, IO-Link)

- N1: Faz leitura/configuração básica via comunicador
- N2: Integra dispositivos a DCS/PLC/SCADA; entende DD/EDD, FDT/DTM
- N3: Diagnostica redes, segmentação, terminadores e fontes
- N4: Projeta arquitetura de redes e define padrões de integração por criticidade

### 3.3 Asset Management e Diagnóstico

- N1: Consulta status de dispositivos
- N2: Atualiza firmware e parâmetros com controle de versão
- N3: Usa autodiagnóstico e alertas (NAMUR NE 107) para manutenção proativa
- N4: Integra gestão de ativos a CMMS/EAM e define workflows de intervenção

### 3.4 Cibersegurança na Instrumentação (ISA/IEC 62443 – aplicável)

- N1: Observa políticas de senhas e acessos
- N2: Aplica hardening básico em dispositivos inteligentes
- N3: Mantém inventário, patches/firmware e trilhas de auditoria
- N4: Define controles por zona/conduíte e resposta a incidentes

---

## 4 — PROGRAMAÇÃO E CONFIGURAÇÃO

### 4.1 Parametrização de Transmissores Inteligentes

- N1: Lê/ajusta LRV/URV, damping e filtragem
- N2: Aplica compensações (temp./pressão) e totalização
- N3: Implementa linearizações e diagnósticos específicos do fabricante
- N4: Padroniza templates e bibliotecas de configuração

### 4.2 Posicionadores e Estratégias de Controle (Split-range, caracterização)

- N1: Calibra ponto zero e curso
- N2: Ajusta ganho/tempo e mapeia curva válvula
- N3: Soluciona oscilação, histerese e stiction com fine tuning
- N4: Define diretrizes corporativas de ajuste e teste funcional

#### 4.3 Medidores de Vazão e Nível

- N1: Define K-factor e checa sentido de fluxo
- N2: Configura compensações, densidade e correções
- N3: Valida curva e reconcilia balanço de massa
- N4: Padroniza tecnologia por serviço e estratégia de prova

#### 4.4 Ferramentas, Documentação e Rastreabilidade

- N1: Usa comunicadores e registra parâmetros
  - N2: Mantém histórico de configurações e anexos em CMMS
  - N3: Controla versões e compara diffs de parâmetros
  - N4: Automatiza backups e auditorias periódicas
- 

### 5 — NORMAS E REGULAMENTAÇÕES DE SEGURANÇA

#### 5.1 Normas Técnicas e Conformidade

- N1: Conhece normas básicas (NR-10, NR-12, NR-13, NR-26; ABNT/IEC aplicáveis)
- N2: Aplica normas em atividades diárias e registra conformidade
- N3: Conduz auditorias internas e trata não conformidades
- N4: Define políticas e requisitos corporativos de conformidade

#### 5.2 Áreas Classificadas, Bloqueio e Etiquetagem (LOTO), Permissão de Trabalho

- N1: Segue PT e LOTO corretamente
- N2: Verifica precondições e liberações com operação/segurança
- N3: Melhora procedimentos e reduz desvios críticos
- N4: Lidera cultura de segurança e gestão de riscos

## 5.3 Gestão de Mudanças (MOC) e Rastreabilidade

- N1: Relata alterações e preenche registros
  - N2: Implementa MOC simples (parametrização/replace-in-kind)
  - N3: Conduz MOC com impacto SIS/Ex e atualiza documentação
  - N4: Estabelece governança de mudanças e KPIs de compliance
- 

## 6 — DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

### 6.1 Metodologias de Análise (5 Porquês, Ishikawa, FMEA/RCFA)

- N1: Registra sintomas e dados básicos
- N2: Usa 5 Porquês e isola causas comuns
- N3: Conduz RCFA com ações de contenção e permanentes
- N4: Institui lições aprendidas e padrões preventivos

### 6.2 Ferramentas de Teste e Medição

- N1: Opera multímetro e calibrador de loop
- N2: Usa bombas de pressão, banho seco e testadores elétricos
- N3: Aplica osciloscópio, termografia, análise de assinatura de válvulas
- N4: Define kits e procedimentos de teste por família de ativos

### 6.3 Interpretação de Sintomas (NE 107) e Dados

- N1: Reconhece alertas de manutenção necessária vs falha
- N2: Cruza alertas com histórico e condição de processo
- N3: Antecipação de falhas usando autodiagnósticos e tendências
- N4: Estratégia de manutenção preditiva baseada em condição

### 6.4 Desempenho e Confiabilidade

- N1: Entende MTBF/MTTR e disponibilidade básica
- N2: Monitora KPIs de calibração e falhas recorrentes
- N3: Implementa planos para reduzir falhas crônicas
- N4: Estrutura RBM/RCM para instrumentação crítica

## 7 — COMPETÊNCIAS COMPORTAMENTAIS

### 7.1 Trabalho em Equipe e Comunicação com Operação/Processo

- N1: Comunica status e entrega registros claros
- N2: Conduz passagens de turno e alinhamentos com operação
- N3: Media prioridades entre produção, segurança e manutenção
- N4: Cria rituais de gestão e colaboração de alto desempenho

### 7.2 Disciplina Operacional e Qualidade de Registros

- N1: Preenche ordens de serviço e checklists corretamente
- N2: Anexa evidências (certificados, fotos, tendências)
- N3: Melhora formulários e reduz retrabalho documental
- N4: Padroniza indicadores e auditorias de qualidade de dados

### 7.3 Orientação a Segurança e Risco

- N1: Segue procedimentos e EPI
- N2: Identifica riscos e implementa barreiras
- N3: Lidera diálogos de segurança e tratativas de incidentes
- N4: Implementa políticas e promove cultura de segurança

### 7.4 Liderança Técnica e Mentoria

- N1: Apoia colegas nos básicos
- N2: Conduz treinamentos práticos locais
- N3: Atua como referência técnica e mentor
- N4: Estrutura trilhas, certificações internas e padrões

### 7.5 Melhoria Contínua (Lean/Kaizen) e Mentalidade de Cliente

- N1: Sugere pequenas melhorias
- N2: Participa de kaizens e 5S no laboratório de instrumentos
- N3: Conduz A3/kaizens focados em MTTR, backlog e confiabilidade
- N4: Implementa sistema de melhoria contínua e gestão visual



## Avaliação das Competências

- Métodos:
  - Provas teóricas objetivas por família de ativos (pressão, temperatura, vazão, nível, válvulas, analisadores, Ex, SIS)
  - Provas práticas em bancada/laboratório (calibração, ajuste, diagnósticos, Ex)
  - Observação in loco (comissionamento, loop check, troubleshooting)
  - Estudos de caso/RCFA
  - Entrevista técnica estruturada por nível N1–N4
  - Feedback 360° (operação, manutenção, engenharia, segurança)
- Evidências objetivas:
  - Certificados de calibração, laudos de teste, relatórios com dados e fotos
  - Histórico em CMMS/EAM, logs de configuração/firmware
  - KPIs: % calibrações no prazo, desvios fora de tolerância, MTTR de instrumentos, reincidência de falhas, disponibilidade de loops críticos, aderência a MOC/Ex/SIS
- Rubricas de avaliação por nível:
  - N1: acerto teórico  $\geq 60\%$ , execução com supervisão, documentação básica correta
  - N2: acerto teórico  $\geq 75\%$ , execução autônoma, zero desvios críticos
  - N3: acerto teórico  $\geq 85\%$ , resolve complexidade, orienta time, melhora padrões
  - N4: acerto teórico  $\geq 90\%$ , define padrões, treina e inova, impacto em KPIs

---

## Identificação de Gaps e Priorização

- Matriz de competências: competências (linhas) x técnicos (colunas) com níveis alvo por função
- Peso por risco/impacto: segurança/SIS/Ex > continuidade (disponibilidade) > qualidade (exatidão) > custo

- Regra prática:
    - Gap em SIS/Ex/LOTO: prioridade 1 (tratamento imediato)
    - Gap em válvulas de controle/analisadores críticos: prioridade 2
    - Gap em metrologia/rotinas de calibração: prioridade 3
    - Demais competências: prioridade baseada em impacto no OEE/perdas
- 

## Plano de Capacitação e Desenvolvimento

- Trilhas por perfil
  - Técnico de Instrumentação Júnior (N1→N2): fundamentos, calibração básica, segurança/Ex, documentação
  - Técnico Pleno (N2→N3): válvulas e posicionadores, analisadores, redes/protocolos, RCFA
  - Técnico Sênior/Especialista (N3→N4): SIS/SIL, Ex avançado, asset management, padronização e mentoria
  - Especialistas por família: Válvulas, Analisadores, Metrologia avançada, Ex/SIS
- Metodologia 70–20–10
  - 70% on-the-job: rotas de calibração, comissionamento, RCFA de casos reais
  - 20% mentoria/pareamento: shadowing com especialista, comunidades técnicas
  - 10% cursos/treinamentos: fornecedores (Emerson, E+H, ABB, Siemens, Yokogawa, etc.), normas (IEC/ABNT), SIS/Ex
- Laboratórios e Infra
  - Bancada com padrões rastreados, banho seco, calibradores, bombas, deadweight tester
  - Kits Ex para cálculo/inspeção, maquete de rede Fieldbus/Profibus/HART
  - Setup de válvulas para assinatura e tuning
- Certificações recomendadas

- IECEx CoPC (Competência Pessoal Ex)
  - Treinamentos de fabricantes (válvulas, transmissores, analisadores)
  - Cursos de SIS (IEC 61511) e metrologia aplicada
  - Métricas de sucesso (12 meses)
    - -30% MTTR em loops críticos
    - ≥95% calibrações no prazo com desvios <2% do limite
    - -40% reincidência de falhas instrumentais crônicas
    - 100% conformidade em auditorias Ex/SIS sem desvios classe A
    - ROI ≥1,2x via redução de perdas, retrabalhos e paradas
- 

## Exemplos de Indicadores por Competência (amostra)

- Calibração de transmissores de pressão
    - N1: Ajusta zero/span com procedimento; registra certificado
    - N2: Compensa temperatura; verifica histerese e repete calibração
    - N3: Calcula incerteza combinada e define tolerância por criticidade
    - N4: Otimiza intervalo com base em dados históricos e risco
  - Válvulas de controle e posicionadores
    - N1: Verifica curso e estanqueidade simples
    - N2: Executa autotune e corrige inversões de sinal
    - N3: Diagnostica stiction via assinatura; elimina oscilação de malha
    - N4: Padroniza critérios de overhaul e índices de saúde
  - Áreas classificadas Ex
    - N1: Identifica zona e checa IP/prensa-cabos
    - N2: Executa inspeção visual e detalhada conforme checklist
    - N3: Calcula laços Ex i e emite relatório de conformidade
    - N4: Define programa de inspeção por risco e auditorias cruzadas
- 

## Como aplicar na prática

1. Defina níveis alvo por função (ex.: Técnico Júnior N2 médio; Sênior N3 alto; Especialista N4 em itens críticos SIS/Ex/Válvulas).
  2. Faça o assessment em 3 frentes: teórico, prático em bancada e in loco.
  3. Alimente a matriz e calcule gaps ponderados por risco.
  4. Construa planos individuais com metas trimestrais e evidências exigidas.
  5. Faça um ciclo PDCA mensal com KPIs (calibração, falhas, MTTR, compliance).
  6. Padronize lições aprendidas em checklists e procedimentos.
- 

## Resumo

- O mapa cobre: fundamentos de medição, tecnologias, metrologia, válvulas e elementos finais, SIS/Ex, protocolos/redes, configuração, diagnóstico e comportamentais.
- Cada competência tem indicadores claros N1–N4, métodos de avaliação e métricas de resultado para reduzir MTTR, aumentar disponibilidade e garantir conformidade.
- Com a matriz e o plano de capacitação, você direciona investimentos para as lacunas que realmente movem o ponteiro do desempenho.

Se quiser, eu preparam a matriz de competências em planilha com as competências acima, níveis alvo por função e fórmula de priorização por risco/impacto para você aplicar no seu time.