techno
TECHNOLOGY & INNOVATION



E-BOOK COMPLETO

Conexões elétricas industriais

Engenharia, confiabilidade e eficiência na indústria

66 páginas | 7 partes · 29 capítulos | Checklist profissional

CONTEÚDO TÉCNICO
Mario Adinolfi
Diretor da Techno do Brasil

ANÁLISE E CURADORIA
Prof. Vagner Soares
Manufatura Enxuta

Esta é a versão completa, para consulta e especificação. Existe também o **e-book básico**, introdutório, com 20 páginas.

Como usar este guia

Este material foi organizado em sete partes independentes. Quem projeta pode começar pela Parte II. Quem mantém, pela Parte III. Quem compra ou responde por resultado, pela Parte IV. Quem conduz melhoria contínua, pela Parte VII.

Ao longo do texto, cada informação traz a sua origem:

MARCAÇÃO	SIGNIFICADO
TECHNO	Dado do catálogo geral ou da apresentação técnica da empresa
NORMA	Conteúdo de norma técnica IEC, ISO, ABNT, EN ou UL
LITERATURA	Conceito consolidado na literatura de manutenção, confiabilidade ou Lean
EXEMPLO DIDÁTICO	Número ou situação hipotética, criada para explicar um conceito

Nenhum exemplo didático representa resultado medido em cliente. Quando há registro real, o texto informa a fonte.

Conteúdo técnico: Mario Adinolfi, Diretor da Techno do Brasil. **Análise e curadoria:** Prof. Eng. Vagner Soares, portal Manufatura Enxuta (manufaturaenxuta.com.br).

Sumário

Parte I. Fundamentos

1. A conexão como elemento estratégico da produção
2. Anatomia e funcionamento
3. Tecnologias e funções
4. Ambientes industriais e suas exigências

Parte II. Engenharia e especificação

5. O método de seleção em três etapas
6. Dimensionamento e compatibilidade
7. Grau de proteção: IP66, IP67, IP68 e IP69
8. Resistência mecânica: o código IK
9. Materiais, vedação e envelhecimento
10. Condensação, infiltração e capilaridade
11. Erros comuns de especificação e instalação

Parte III. Confiabilidade e manutenção

12. Conexões e TPM
13. Inspeção e manutenção planejada
14. Sinais de degradação e diagnóstico
15. Confiabilidade, disponibilidade e paradas não planejadas

Parte IV. Lean e competitividade

16. Os desperdícios começam na escolha do componente
17. Conexões e OEE
18. Custo total de propriedade
19. O custo invisível das falhas elétricas

Parte V. Aplicações e cases

20. Aplicações em ambientes hostis
21. Estudos de caso
22. Lições aprendidas

Parte VI. Tecnologia e soluções

23. A tecnologia da Techno
24. Famílias de produto e dados técnicos
25. Como avaliar soluções
26. Checklist profissional de especificação

Parte VII. Caixa de ferramentas

27. As ferramentas e onde cada uma entra
28. Do problema ao padrão: um roteiro aplicado
29. Para aprofundar: trilha de leitura

Perguntas frequentes | Conclusão | Créditos | Sobre a empresa | Glossário | Referências



PARTE

I

Fundamentos das conexões industriais

01 A conexão como elemento estratégico da produção

02 Anatomia e funcionamento

03 Tecnologias e funções

04 Ambientes industriais e suas exigências

CAPÍTULO 01

A conexão como elemento estratégico da produção

Um projeto elétrico detalha cargas, proteções e bitolas. Raramente informa quantas vezes o cabo é interrompido entre o painel e a carga. No entanto, é nessas interrupções que a confiabilidade do circuito se decide.

O cabo é contínuo e protegido. O motor é fechado. O sensor é selado de fábrica. A emenda, a derivação, a entrada do painel e a ligação ao equipamento são os pontos em que alguém, em campo, precisa reconstruir a isolação e a vedação que o cabo tinha de fábrica.

Três razões tornam esse ponto estratégico:

1. **Ele trabalha em série.** Uma única conexão em falha derruba o circuito inteiro.
2. **Ele falha em silêncio.** A degradação por umidade e oxidação é lenta e fica escondida em caixas e calhas.
3. **Ele custa pouco e decide muito.** O preço do componente é pequeno perto do custo de uma parada.

IDEIA CENTRAL

Tratar a conexão como item de lista de compras transfere o custo da decisão para a manutenção e para a produção.



VISÃO DO ENGENHEIRO

O projeto elétrico detalha cargas, proteções e bitolas, mas quase nunca informa quantas vezes o cabo é interrompido em uma linha crítica. Sem esse número, não há como calcular a confiabilidade do circuito nem priorizar o investimento.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta



Cada ponto verde é uma interrupção do cabo, onde a proteção original precisa ser reconstruída em campo.

CAPÍTULO 02

Anatomia e funcionamento

Toda conexão de alta proteção é formada pelos mesmos elementos.

ELEMENTO	FUNÇÃO	MATERIAIS CITADOS NO CATÁLOGO TECHNO
Contatos	Conduzem corrente ou sinal	Latão, com parafusos de aço
Corpo isolante	Separa os polos e sustenta os contatos	PA66 com fibra de vidro, UL94 V0
Invólucro	Protege contra o meio externo e o impacto	PA66, com ou sem fibra de vidro
Vedações	Fecham as interfaces entre peças	TPE ou silicone, conforme a série
Prensa-cabo	Fixa o cabo e veda a passagem	PA66 UL94 V2, com ilhós de TPE
Trava	Mantém o acoplamento sob vibração	Push-pull, rotação ou baioneta

Como o contato é feito

A forma de prender o condutor muda o tempo de instalação e o tipo de ferramenta. O código do produto Techno indica o sistema TECHNO:

PREFIXO	SISTEMA DE CONTATO	CARACTERÍSTICA
THB	Parafuso	Solução tradicional, ampla faixa de seção
THS	Mola	Dispensa ferramenta, aceita cabo rígido e flexível
THP	Perfurante (piercing)	Contato sem decapar o condutor
THF	Encaixe	Montagem rápida
THC	Injetado	Cabo moldado de fábrica no conector

Como a vedação é feita

Existem três caminhos de entrada de água em um conector, e cada um pede uma barreira:

- **Entre as partes do invólucro:** vedado por juntas.
- **Em volta do cabo:** vedado pelo prensa-cabo, que comprime uma borracha sobre a capa.
- **Por dentro do cabo:** os espaços entre os fios do condutor funcionam como capilares. Esse caminho só é fechado por uma barreira interna, tema do capítulo 10.

CAPÍTULO 03

Tecnologias e funções

O catálogo da Techno é organizado pela função que o ponto exerce no circuito, e não por setor TECHNO. Essa lógica ajuda a especificar: primeiro define-se o que o ponto faz, depois o ambiente em que ele trabalha.

FUNÇÃO	SOLUÇÃO	QUANDO USAR
Emendar	Conector linear	Reparo ou extensão de cabo, ligação permanente
Derivar	Conector em T, Y ou H	Uma entrada e duas ou três saídas, como em iluminação em sequência
Desconectar	Plugue e soquete	Equipamento removido para manutenção, calibração ou troca
Entrar em painel	Conector de painel	Ligação feita por fora, sem abrir o equipamento
Distribuir	Caixa ou distribuidor	Vários cabos, bornes ou eletrônica no mesmo ponto
Vedar a passagem	Prensa-cabo	Entrada de cabo em caixa ou máquina

Permanente ou desconectável?

A pergunta que separa uma emenda de um plugue e soquete é simples: **com que frequência este ponto será aberto?**

- Se a resposta for "nunca, salvo reparo", a emenda atende e ocupa menos espaço.
- Se o equipamento sai para manutenção ou calibração, o plugue e soquete reduz o tempo de troca e elimina o risco de inverter fases na religação.

O catálogo declara o número de ciclos de conexão e desconexão por série, de 100 ou de 1.000 ciclos TECHNO. Esse dado orienta a escolha em pontos de uso frequente.

Montado em campo ou pré-cabeado?

Nas versões pré-cabeadas, o cabo já sai de fábrica moldado no conector. O catálogo descreve opções de 2 a 5 polos, até 17,5 A e 500 V, grau IP68 e cabos de 0,5 a 5 m, com testes elétricos e mecânicos em cada produção TECHNO. A etapa de montagem e teste sai do campo e vai para a fábrica.

1

O que o ponto faz?

- Emendar ou derivar
- Desconectar
- Entrar em painel
- Distribuir ou vedar

2

Será aberto com frequência?

- Não: emenda
- Sim: plugue e soquete
- Conferir os ciclos da série

3

Montagem em campo ou de fábrica?

- Campo: parafuso ou mola
- Fábrica: versão pré-cabeada e testada

CAPÍTULO 04

Ambientes industriais e suas exigências

O ambiente define a conexão. A tabela reúne aplicações mostradas no catálogo e na apresentação técnica da Techno, com o agressor dominante de cada uma.

AMBIENTE	AGRESSOR DOMINANTE	EXIGÊNCIA PRINCIPAL
Alimentos e frigoríficos	Lavagem com água quente e química, choque térmico	Resistência a jato de alta pressão e alta temperatura
Saneamento	Imersão, esgoto, umidade constante	IP68, materiais resistentes à hidrólise
Papel e celulose	Umidade, calor, produtos químicos	Vedação estável sob calor contínuo
Redes subterrâneas	Alagamento de caixas de passagem	Imersão prolongada, conexão reinspecionável
Áreas externas	Sol, chuva, ciclo térmico diário	Resistência a UV e controle de condensação
Grãos e moagem	Poeira fina, vibração	Estanqueidade a poeira e trava segura
Portos e litoral	Névoa salina	Resistência à corrosão
Máquinas agrícolas e veículos	Lavagem, vibração, impacto	Trava, IK elevado e proteção a jato
Instrumentação de campo	Câmaras alagáveis, calibração periódica	Desconexão rápida com alta proteção

DICA PRÁTICA

Descreva o ambiente pelo que acontece no pior dia do ano, e não pelo que acontece na maior parte do tempo. O conector precisa sobreviver ao pior dia.


Frigorífico


Rede subterrânea


Iluminação de solo


Iluminação externa

Fotos de aplicações reais. Fonte: apresentação técnica Techno.

PARA APROFUNDAR

- Conexões elétricas industriais: o ponto fraco da produção
- Techno do Brasil: tecnologia em conexões elétricas

PARTE

II

Engenharia e especificação técnica

05 O método de seleção em três etapas

06 Dimensionamento e compatibilidade

07 Grau de proteção: IP66, IP67, IP68 e IP69

08 Resistência mecânica: o código IK

09 Materiais, vedação e envelhecimento

10 Condensação, infiltração e capilaridade

11 Erros comuns de especificação e instalação

CAPÍTULO 05

O método de seleção em três etapas

A apresentação técnica da Techno resume a especificação em três etapas, para uma instalação elétrica ou de sinal correta e durável TECHNO.

Etapa 1: análise do ambiente externo

Sete agentes devem ser avaliados no ponto exato da instalação:

1. Umidade
2. Água
3. Química
4. Pressão
5. Calor
6. Variação de temperatura
7. Condensação

Etapa 2: escolha e harmonização dos cabos

Quatro dados do cabo entram na especificação:

1. Diâmetro externo
2. Número de polos
3. Seção de cada polo
4. Especificação técnica do cabo

Etapa 3: eliminação dos pontos fracos

1. Fazer a planta baixa do circuito.
2. Medir as distâncias entre componentes.
3. Identificar e quantificar todas as interrupções de cabo.
4. Classificar cada interrupção: emenda reta, derivação em T, em Y, em H ou múltipla.
5. Evidenciar as mudanças de tamanho de cabo nas interrupções.
6. Medir as distâncias entre as interrupções.

> **POR QUE A ETAPA 3 É A MAIS ESQUECIDA**
>
> As etapas 1 e 2 tratam de cada ponto isoladamente. A etapa 3 olha o circuito inteiro. É nela que se descobre que uma linha crítica tem vinte interrupções quando poderia ter doze.

CAPÍTULO 06

Dimensionamento e compatibilidade

Parâmetros elétricos

PARÂMETRO	O QUE VERIFICAR
Corrente	Corrente nominal da série igual ou superior à do circuito
Tensão	Tensão nominal da série igual ou superior à do circuito
Número de polos	Potência e sinal podem exigir polos e conectores diferentes
Seção do condutor	Deve estar dentro da faixa do borne
Corrente alternada ou contínua	Confirmar a aplicação em CC, como em iluminação e IoT

No catálogo da Techno, as séries cobrem até 41 A e 690 V nas emendas TEETUBE e até 25 A e 630 V nos conectores TEEPLUG TECHNO.

Temperatura: dois dados diferentes

O catálogo traz duas informações de temperatura que não devem ser confundidas TECHNO:

- **Temperatura mínima e máxima do material:** na maior parte das séries, de −40 °C a +125 °C.
- **T-marking:** a temperatura de operação para a qual a série foi qualificada, que varia entre +60 °C, +85 °C, +100 °C e +125 °C conforme o produto.

O dado que limita a aplicação é o T-marking da série.

O cabo faz parte da vedação

O prensa-cabo veda por compressão de uma borracha sobre a capa do cabo. Isso só funciona dentro da faixa de diâmetro indicada.

- **Cabo fino demais:** a borracha não alcança a compressão necessária.
- **Cabo grosso demais:** a borracha é esmagada e sofre deformação permanente.
- **Cabo ovalizado ou com capa irregular:** a vedação fica desigual.

A deformação permanente por compressão, conhecida como *compression set*, é o fenômeno pelo qual a borracha perde força de reação com o tempo LITERATURA. Manter o cabo na faixa correta preserva a margem de vedação.

Material da capa do cabo

A apresentação da Techno destaca dois materiais TECHNO:

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	INDICAÇÃO
EPR	Flexibilidade e bom desempenho em água e locais úmidos	Redes subterrâneas, áreas molhadas
PU à base de poliéter (TPU)	Imune à hidrólise: não se degrada com água doce ou salgada, umidade ou esgoto. Compatível com óleos minerais, graxas, solventes e ácidos e bases fracos	Saneamento, ambientes com óleo

Para os eletrodutos, a mesma apresentação recomenda PVC corrugado amarelo em paredes, PVC corrugado laranja em lajes e pisos e polietileno de alta densidade preto, com proteção UV, em áreas externas TECHNO.

> **DICA PRÁTICA**
>
> Meça o diâmetro externo do cabo com paquímetro, no cabo real que será instalado. O valor de catálogo do cabo pode variar entre fabricantes.



Vista em corte esquemática do prensa-cabo. A vedação (em cor) só trabalha dentro da faixa de diâmetro indicada.

CAPÍTULO 07

Grau de proteção: IP66, IP67, IP68 e IP69

A lógica do código

O código IP é definido pela IEC 60529, adotada no Brasil como ABNT NBR IEC 60529 NORMA. A norma se aplica a invólucros de equipamentos elétricos com tensão nominal de até 72,5 kV.

- **Primeiro algarismo (0 a 6):** proteção contra sólidos e poeira. O nível 6 significa totalmente protegido contra poeira.
- **Segundo algarismo (0 a 9):** proteção contra água.
- **Letra X:** indica que aquele aspecto não foi classificado.

SEGUNDO ALGARISMO	CONDIÇÃO DE ENSAIO NORMA
5	Jatos de água
6	Jatos potentes de água
7	Imersão temporária
8	Imersão contínua, em condições acordadas entre fabricante e usuário, mais severas que as do nível 7
9	Jatos de água em alta pressão e alta temperatura

Os algarismos de água não formam uma escada

Até o nível 6, cada grau inclui os anteriores. A partir do 7, não. Jato e imersão são ensaios de natureza diferente, e a aprovação em um não garante a aprovação no outro NORMA. Por isso os fabricantes declaram marcações combinadas, como IP66/IP68 ou IP66/IP68/IP69.

Leitura prática de cada grau

IP66. Poeira não entra, e jatos potentes não causam dano. É o grau para chuva forte, áreas externas e lavagem com mangueira.

IP67. Suporta imersão temporária. Atende pontos que podem alagar por pouco tempo.

IP68. Suporta imersão contínua. A profundidade e a duração do ensaio são declaradas pelo fabricante. Dois produtos IP68 podem ter sido ensaiados em condições muito diferentes.

IP69. Suporta jatos próximos, de alta pressão e alta temperatura. A apresentação da Techno cita 80 °C e 80 a 100 bar TECHNO, valores coerentes com o ensaio descrito na norma.

IP69 OU IP69K?

A marcação IP69K nasceu no setor automotivo e hoje está na ISO 20653, norma para veículos rodoviários. Em 2013, a IEC 60529 incorporou um ensaio equivalente como segundo algarismo 9. O catálogo da Techno usa a forma IP69. A apresentação técnica usa IP69K. As duas indicam resistência a lavagem de alta pressão e alta temperatura.

A leitura norte-americana: NEMA 6 e 6P

A apresentação da Techno também cita as classificações NEMA TECHNO:

- **Type 6:** proteção contra a entrada de água em submersão temporária, a profundidade limitada.
- **Type 6P:** proteção em submersão prolongada, com resistência a ambientes corrosivos.

A classificação NEMA não é tradução direta do IP, porque inclui requisitos que o IP não avalia, como a corrosão.

O que o IP não diz

ATENÇÃO

O grau IP resulta de um ensaio de tipo: produto novo, corretamente montado, temperatura estável, por tempo limitado e com a água vindo de fora para dentro. Ele não avalia envelhecimento por UV, ozônio, névoa salina ou calor, nem a condensação que se forma por dentro.

Três perguntas a fazer ao fabricante:

1. Qual a profundidade e a duração do ensaio IP68?
2. O grau vale para o conjunto acoplado ou também para o soquete sem plugue?
3. Qual a faixa de diâmetro de cabo em que o grau foi obtido?



VISÃO DO ENGENHEIRO

Sigla de grau de proteção não se compara com sigla. Compara-se condição de ensaio com condição de uso. Quando a ficha técnica não informa profundidade, tempo e faixa de cabo, a comparação entre fornecedores ainda não começou.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta



IP66

JATO POTENTE

Áreas externas e lavagem com mangueira



IP67

IMERSÃO TEMPORÁRIA

Pontos sujeitos a alagamento rápido



IP68

IMERSÃO CONTÍNUA

Caixas subterrâneas, bombas e sondas



IP69

ALTA PRESSÃO E TEMPERATURA

Higienização em alimentos e frigoríficos

CAPÍTULO 08

Resistência mecânica: o código IK

A norma IEC 62262, equivalente à EN 62262 europeia e adotada no Brasil como ABNT NBR IEC 62262, classifica a proteção de invólucros contra impactos mecânicos externos NORMA. O código tem dois algarismos, associados à energia de impacto.

GRAU IK	ENERGIA DE IMPACTO	LEITURA PRÁTICA
IK06	1 J	Manuseio leve
IK07	2 J	Pancadas leves de instalação
IK08	5 J	Uso industrial geral
IK09	10 J	Áreas com movimentação de materiais
IK10	20 J	Áreas sujeitas a impacto severo

A emenda de 2021 da norma acrescentou o grau IK11, de 50 J NORMA.

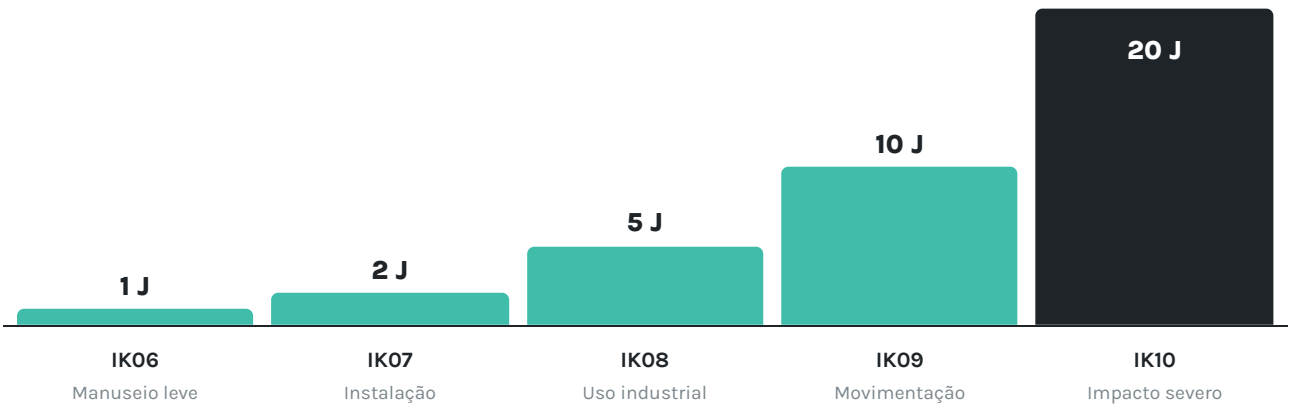
Como o IK aparece no catálogo Techno

O grau varia por série TECHNO:

- IK07 em derivações como TH390, TH402 e TH399 e em conectores como TH387;
- IK08 em caixas como TH209, TH211, TH219 e TH212;
- IK10 em versões reforçadas, como a TH400 UP e a caixa IoTH210.

ERRO COMUM

Especificar IP68 para uma caixa instalada no piso de um pátio e esquecer o impacto. A caixa trinca com a primeira roda, e o grau IP deixa de existir. Em pontos sujeitos a pancada, IP e IK são especificados juntos.



CAPÍTULO 09

Materiais, vedação e envelhecimento

O grau IP mostra como o conector se comporta novo. Os materiais definem como ele se comporta depois de anos.

O corpo: poliamida 66 com fibra de vidro

A Techno utiliza nylon 66 com carga de fibra de vidro. Segundo a apresentação da empresa, o reforço de 30% confere estabilidade de forma e resistência ao uso TECHNO.

Ensaios e classificações declarados

AGENTE	ENSAIO OU CLASSIFICAÇÃO	O QUE REPRESENTA
Chama	UL 94 V0 e V2, conforme a peça	Comportamento do plástico à chama
Fio incandescente	Glow-wire 850 °C e 960 °C	Resistência a contato com parte incandescente
Uso externo	UL 746C, classificação f1	Adequação a exposição a UV e água
Inflamabilidade de invólucro	UL 94 5VA	Classe mais exigente da UL 94
Radiação UV	Ensaio conforme EN 60079-0, 1.000 horas	Resistência à luz solar
Ozônio	ISO 1431-1	Resistência da borracha ao trincamento
Névoa salina	EN 60068-2-11	Resistência à corrosão
Impacto	EN 62262	Grau IK

Fonte dos dados da tabela: apresentação técnica e catálogo geral TECHNO.

Composição

O catálogo e a apresentação declaram materiais TECHNO:

- **livres de halogênio**, em conformidade com REACH e RoHS;
- **livres de silicone** em várias séries, o que interessa a linhas de pintura, onde o silicone é contaminante;
- **sem enxofre**, para compatibilidade com LED.

A informação "Silicone Free" não vale para todas as séries. Algumas usam juntas de silicone para suportar temperatura mais alta. A ficha de cada série deve ser consultada.

Resistência química

A apresentação da Techno inclui uma tabela de resistência química dos materiais. Entre os agentes listados como compatíveis estão amônia, cloreto de cálcio, gasolina, fertilizantes, óleos lubrificantes, petróleo, fosfatos e água do mar. Álcool metílico e cloro aparecem com resistência parcial TECHNO.

> **ATENÇÃO**
>
> Tabelas de resistência química são guias gerais. Concentração, temperatura e tempo de contato mudam o resultado. Para produtos de limpeza e sanitização específicos, consulte o fabricante com a ficha do produto químico em mãos.

A vedação co-moldada

Na vedação co-moldada, plástico e borracha são injetados juntos e aderem química e mecanicamente. A Techno aponta três efeitos TECHNO:

- instalação rápida, com poucos componentes;
- redução dos erros de instalação, com juntas antivazamento;
- maior resistência, pela aderência entre plástico e borracha.

Do ponto de vista de engenharia, cada peça solta eliminada é uma interface a menos para falhar e uma etapa a menos para errar.



Prensa-cabo TEEGLAND® com vedação co-moldada. O anel verde-água é injetado junto com o corpo: não existe peça solta para posicionar nem anel de vedação para esquecer na montagem. Fotos: Techno do Brasil.

CAPÍTULO 10

Condensação, infiltração e capilaridade

Água dentro de um conector não significa, necessariamente, vedação com defeito. Há três mecanismos distintos, e cada um pede uma ação diferente.

Mecanismo 1: infiltração

É a água que entra de fora, por vedação falha ou montagem incorreta: cabo fora da faixa de diâmetro, conector não travado, aperto errado, junta danificada. A correção está na instalação.

Mecanismo 2: respiração térmica e condensação

Um invólucro vedado que aquece e esfria comporta-se como uma pequena bomba. Pela lei dos gases, a pressão interna acompanha a temperatura absoluta.

> **ORDEM DE GRANDEZA (EXEMPLO DIDÁTICO)**
>
> Ar interno a 60 °C (333 K) que esfria até 20 °C (293 K) perde cerca de 12% da pressão. Em valores aproximados, é uma depressão de 0,12 bar, equivalente a uma coluna de 1,2 m de água.

Essa depressão puxa ar úmido por qualquer microcaminho. Dentro do invólucro, o vapor condensa nas superfícies frias quando a temperatura cai abaixo do ponto de orvalho. Cada ciclo deposita pouco, mas a água não tem por onde sair e se acumula.

Ar a 30 °C e 80% de umidade relativa carrega cerca de 24 g de vapor por metro cúbico. A 15 °C, o ar saturado comporta cerca de 13 g por metro cúbico. A diferença vira água líquida
LITERATURA, DADOS DE PSICROMETRIA.

Mecanismo 3: capilaridade pelo cabo

Os espaços entre os fios de um condutor multifilar funcionam como capilares. A água que alcança a ponta do cabo, em uma emenda submersa ou em uma terminação mal vedada, migra por dentro dele, mesmo com a capa íntegra e o prensa-cabo bem apertado.

Quando o equipamento respira, a sucção se soma a esse caminho. Vedar apenas a capa externa não resolve.

A solução de barreira: xDRY®

A tecnologia xDRY®, descrita no catálogo da Techno como sistema anticondensação patenteado, coloca uma barreira entre o conector e o equipamento, interrompendo a passagem por dentro do cabo. O catálogo informa TECHNO:

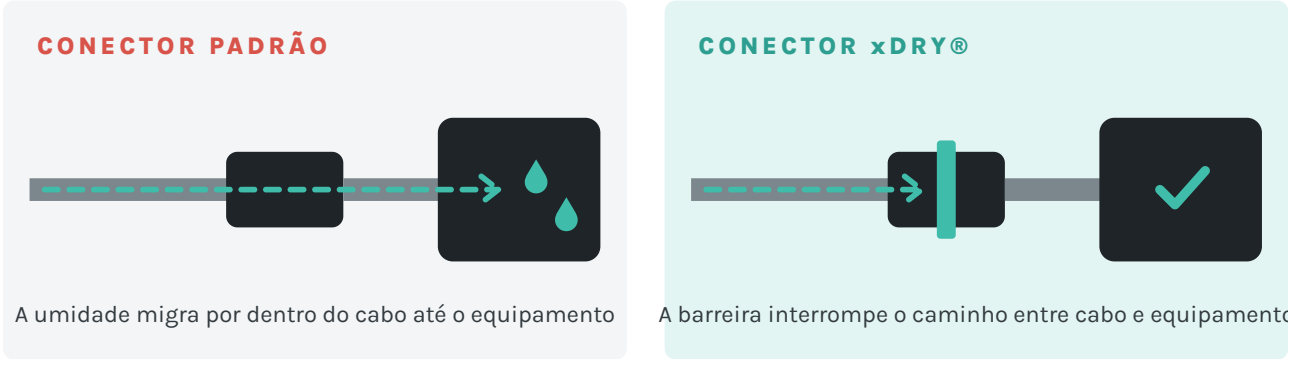
- redução de 90% nas infiltrações de água;
- garantia de continuidade elétrica;
- isolamento sem queda de tensão;
- produto pronto para uso e instalação.

As versões xDRY® são identificadas no código por THB.xxx.Rxx, THB.Dxxx.xxx ou THB.xxx.xxx.XD.

Quando especificar proteção anticondensação

SINAL	INDICAÇÃO
Ciclo térmico diário combinado com umidade alta	Forte
Eletrônica sensível ligada ao conector, como sondas e transmissores	Forte
Luminárias externas que aquecem ligadas e esfriam à noite	Forte
Histórico de água interna sem defeito de vedação aparente	Decisivo

> **DICA PRÁTICA**
>
> Ao encontrar água dentro de um conector, fotografe antes de limpar. Água limpa em gotas nas paredes sugere condensação. Água suja com trilha a partir de uma junta sugere infiltração. Umidade concentrada na ponta dos condutores sugere capilaridade.



Princípio da barreira anticondensação. Ilustração esquemática, com base na apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 11

Erros comuns de especificação e instalação

Na especificação

ERRO	CONSEQUÊNCIA	COMO EVITAR
Especificar pela condição média do ambiente	Falha no dia de lavagem ou de chuva forte	Descrever a pior condição real
Ler IP68 como "à prova de tudo"	Falha sob jato de alta pressão	Exigir marcação combinada adequada
Ignorar o IK	Invólucro trincado, IP perdido	Especificar IP e IK juntos
Escolher o conector antes do cabo	Diâmetro fora da faixa de vedação	Harmonizar cabo e conector
Usar emenda onde há troca frequente	Tempo de reparo alto, risco de inversão	Usar plugue e soquete
Confundir temperatura do material com T-marking	Operação acima da qualificação	Conferir o T-marking da série
Não contar as interrupções do circuito	Confiabilidade em série baixa	Aplicar a etapa 3 do método

Na instalação

ERRO	CONSEQUÊNCIA	COMO EVITAR
Decapar capa em excesso	Prensa-cabo aperta sobre os condutores, não sobre a capa	Seguir o comprimento de decapagem da instrução
Aperto insuficiente ou excessivo	Vedação sem compressão ou borracha danificada	Seguir o torque ou o fim de curso indicado
Conector meio encaixado	Micromovimento, aquecimento, entrada de água	Confirmar o retorno tátil e visual da trava
Soquete deixado sem plugue ou sem tampa	Perda do grau de proteção	Usar tampa de proteção
Cabo tensionado ou com curva forçada na saída	Esforço sobre a vedação	Prever alívio de tração e raio de curvatura
Completar a vedação com fita ou massa	Camadas que escondem o defeito e impedem inspeção	Usar a conexão projetada para o ambiente

ERRO COMUM

"Reforçar" uma emenda com fita autofusão, massa e mais fita. Cada camada acrescenta tempo de instalação e nenhuma garantia. Na próxima falha, ninguém consegue abrir para inspecionar.

PARA APROFUNDAR

- Como escolher conectores elétricos industriais: checklist
- IP66, IP68, IP69K e IK: como interpretar
- Condensação e infiltração de água em conexões



PARTE

III

Confiabilidade e manutenção

12 Conexões e TPM

13 Inspeção e manutenção planejada

14 Sinais de degradação e diagnóstico

15 Confiabilidade, disponibilidade e paradas não planejadas

CAPÍTULO 12

Conexões e TPM

A Manutenção Produtiva Total, sistematizada por Seiichi Nakajima no Japan Institute of Plant Maintenance, busca eliminar as perdas do equipamento com a participação de operação e manutenção LITERATURA. Ela exige que cada componente capaz de gerar perda tenha um padrão de normalidade, com responsável, frequência e ação em caso de desvio.

As conexões elétricas costumam ficar fora desse padrão. Depois da limpeza inicial da manutenção autônoma, quase ninguém define como é uma conexão em bom estado.

A conexão nas seis grandes perdas

PERDA LITERATURA	COMO A CONEXÃO CONTRIBUI
Quebras	Infiltração, contato oxidado, cabo rompido na emenda
Setup e ajustes	Troca de motor ou sensor exige soltar bornes dentro de caixas
Pequenas paradas	Mau contato ou umidade em conector de sensor
Velocidade reduzida	Operação abaixo do ritmo por receio de falha elétrica conhecida
Defeitos e retrabalho	Leitura instável de sensor ou balança
Perdas de partida	Condensação acumulada durante a parada

O padrão de inspeção do operador

A manutenção autônoma inspeciona por fora, sem abrir e sem medir. O padrão cabe em um cartão.

ITEM	CONDIÇÃO NORMAL	SE ESTIVER FORA DO PADRÃO
Encaixe e trava	Totalmente encaixado, trava fechada	Etiquetar e acionar a manutenção
Cabo e prensa-cabo	Sem folga, trinca, esmagamento ou dobra forçada	Etiquetar e acionar a manutenção
Corpo do conector	Sem trinca, deformação ou marca de calor	Etiquetar e acionar a manutenção
Umidade e sujeira	Sem água, produto acumulado ou oxidação visível	Limpar por fora e etiquetar se houver oxidação
Identificação	Etiqueta legível com o código do ponto	Refazer a identificação

ATENÇÃO

Abrir conectores, medir isolamento e trocar componentes são tarefas da manutenção, com o circuito desenergizado e os procedimentos de bloqueio e etiquetagem de energias da planta.

Prevenção de manutenção começa no projeto

O melhor momento para reduzir a manutenção de uma conexão é antes de ela existir. Três decisões de projeto ajudam:

- trazer a conexão para fora da caixa, com conector de painel, para que possa ser vista e inspecionada;
- escolher conexões reinspecionáveis, sem resina nem gel;
- usar plugue e soquete onde há troca periódica.

CAPÍTULO 13

Inspeção e manutenção planejada

1. Classifique por criticidade

Nem toda conexão merece o mesmo esforço. Comece por:

- circuitos de segurança, como chaves de travamento e botoeiras de emergência;
- acionamentos principais da linha;
- instrumentos que controlam qualidade ou processo;
- pontos de acesso difícil, enterrados ou em altura.

2. Inspecione por condição

TÉCNICA	ONDE APLICAR	O QUE REVELA
Inspeção visual em rota	Todos os pontos acessíveis	Trinca, folga, oxidação, trava aberta
Resistência de isolamento	Emendas e derivações expostas à umidade	Entrada de água antes da falha
Termografia	Conexões de potência	Aquecimento por contato degradado
Reinspeção interna	Emendas críticas, nas paradas programadas	Estado real de contatos e vedações

A reinspeção interna só é possível em conexões que podem ser abertas e fechadas de novo. A linha TEETUBE® é descrita pelo catálogo como isenta de resina ou gel, reinspecionável e reacessível mesmo após longos períodos de operação TECHNO.

3. Padronize a reposição

Definir poucas famílias de conector por função reduz o estoque de sobressalentes, simplifica o treinamento e encurta o reparo.

4. Registre a causa com precisão

"Falha elétrica" não ensina nada. "Infiltração na emenda do motor M-12" permite construir um histórico. O registro com causa codificada é a base do Pareto que orienta a próxima melhoria.

5. Use as paradas programadas

A parada geral é a oportunidade para trocar conexões críticas em fim de vida e reinspecionar emendas de acesso difícil.

> **DICA PRÁTICA**
>
> Inclua as conexões no plano de lubrificação e inspeção já existente, com o mesmo código de ponto. Criar uma rota separada só para conexões raramente se sustenta.

CAPÍTULO 14

Sinais de degradação e diagnóstico

O que observar

SINAL	CAUSA PROVÁVEL
Descoloração ou marca de calor no corpo	Resistência de contato elevada
Pó esverdeado ou branco nos contatos	Corrosão por umidade
Pó escuro nos contatos	Corrosão por atrito, causada por micromovimento
Borracha ressecada ou trincada	Envelhecimento por UV, ozônio ou calor
Borracha que não retorna à forma	Deformação permanente por compressão
Gotas ou névoa por dentro	Condensação
Trilha de sujeira a partir de uma junta	Infiltração
Capa do cabo inchada ou pegajosa	Ataque químico ou hidrólise

A corrosão por atrito, conhecida como *fretting*, ocorre quando vibração e ciclo térmico provocam micromovimento entre as superfícies de contato. A camada de óxido formada eleva a resistência, o contato aquece, e o processo se acelera LITERATURA.

Roteiro de investigação em sete passos

1. **Registre o padrão da falha.** Horário, clima, etapa do processo, lavagem recente.
2. **Abra e fotografe antes de limpar.** A posição da água e da oxidação é a principal evidência.
3. **Verifique a instalação.** Diâmetro do cabo, aperto, trava, juntas.
4. **Siga o cabo.** Procure a outra ponta e as emendas intermediárias.
5. **Aplique os 5 porquês.** Vá além de "entrou água".
6. **Escolha a ação.** Corrigir a instalação, acrescentar barreira ou as duas coisas.
7. **Meça antes e depois.** Sem medição, não há como padronizar a solução.

ERRO COMUM

Trocar o conector por outro igual sem investigar a causa. Se o problema é condensação ou capilaridade, o conector novo falhará do mesmo modo, no mesmo prazo.



VISÃO DO ENGENHEIRO

Na TPM, todo componente que pode gerar perda precisa de um padrão de normalidade. A conexão quase nunca tem. Se a mesma ligação falhou duas vezes, a terceira troca é desperdício: o que cabe é análise de causa raiz.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta

CAPÍTULO 15

Confiabilidade, disponibilidade e paradas não planejadas

Confiabilidade em série

Quando vários elementos precisam funcionar para que o sistema funcione, a confiabilidade do sistema é o produto das confiabilidades individuais LITERATURA:

> **R sistema = R1 × R2 × … × Rn**

CONEXÕES EM SÉRIE	CONFIABILIDADE DE CADA UMA	CONFIABILIDADE DO CIRCUITO	CHANCE DE PELO MENOS UMA FALHA
10	99%	90%	10%
20	99%	82%	18%
20	96%	44%	56%
12	99%	89%	11%

Valores ilustrativos, calculados pela fórmula acima EXEMPLO DIDÁTICO.

A tabela mostra as duas alavancas disponíveis. Passar de 96% para 99% em cada ponto derruba a chance de falha de 56% para 18%. Reduzir de 20 para 12 interrupções, de 18% para 11%.

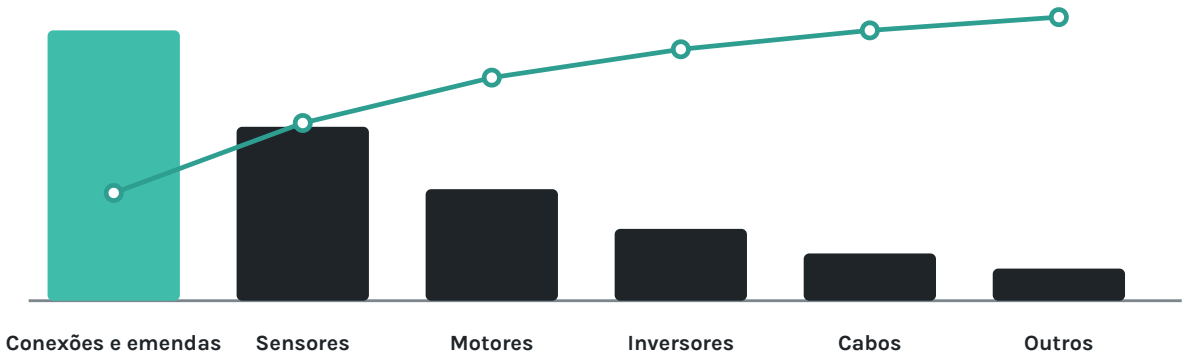
Indicadores

INDICADOR	DEFINIÇÃO	RELAÇÃO COM A CONEXÃO
MTBF	Tempo médio entre falhas	Sobe com produto adequado ao ambiente
MTTR	Tempo médio de reparo	Cai com plugue e soquete e com acesso fácil
Disponibilidade	MTBF dividido pela soma de MTBF e MTTR	Resultado combinado dos dois

Cinco ações para reduzir paradas não planejadas

1. **Levante os dados.** Quantas ordens corretivas do último ano tiveram origem em conexão, emenda ou entrada de cabo?
2. **Aplique Pareto.** Poucos pontos costumam concentrar a maior parte das ocorrências.
3. **Trate a causa.** Use o roteiro do capítulo 14.
4. **Faça um piloto.** Uma máquina, uma mudança, medição antes e depois.
5. **Padronize o que funcionou.** Na especificação de compra e no padrão de manutenção.

> **DICA PRÁTICA**
>
> Não é preciso trocar todas as conexões da fábrica. Comece pela máquina com mais falhas elétricas registradas.



Pareto de paradas elétricas por causa, com curva acumulada. Valores ilustrativos, sem dados de cliente.

> **PARA APROFUNDAR**
>
> - Conexões industriais e TPM
> - RCFA
> - 5 porquês
> - MTBF e MTTR



PARTE

IV

Lean Manufacturing e competitividade

16 Os desperdícios começam na escolha do componente

17 Conexões e OEE

18 Custo total de propriedade

19 O custo invisível das falhas elétricas

CAPÍTULO 16

Os desperdícios começam na escolha do componente

No pensamento enxuto, desperdício é toda atividade que consome recurso sem gerar valor para o cliente LITERATURA. A especificação de um componente é uma decisão de processo: ela determina quanto trabalho de instalação, inspeção e reparo existirá durante toda a vida do equipamento.

Um conector mal escolhido não aparece no mapa de fluxo de valor como causa. Ele aparece depois, como parada, refugo ou retrabalho.

DESPERDÍCIO LITERATURA	COMO APARECE NA CONEXÃO	DECISÃO QUE PREVINE
Defeitos	Leitura instável de sensor ou balança por umidade	Grau de proteção e anticondensação adequados
Espera	Linha parada aguardando diagnóstico ou peça	Conexão reinspecionável e reposição padronizada
Movimentação	Técnico abrindo caixas e refazendo bornes em campo	Plugue e soquete ou versão pré-cabeada
Processamento excessivo	Emenda com camadas de fita, massa ou resina	Emenda projetada para o ambiente
Estoque	Dezenas de modelos para a mesma função	Padronização por função e ambiente
Talento não aproveitado	Técnico qualificado corrigindo ligação malfeita	Instalação simples, menos dependente de habilidade

A relação entre cada desperdício e a conexão é uma leitura de engenharia, e não uma medição. Ela serve para orientar onde procurar.

Poka-yoke: o erro impedido pelo componente

Poka-yoke é o dispositivo que impede o erro em vez de detectá-lo depois LITERATURA. Algumas características de projeto de conexão cumprem esse papel:

- **Vedação co-moldada:** não existe anel solto para esquecer.
- **Chaves mecânicas e cores diferentes:** o catálogo da Techno descreve versões diferenciadas para circuitos de energia e de sinal, que impedem o encaixe trocado TECHNO.
- **Trava com retorno tátil e visual:** deixa claro quando o acoplamento está completo.
- **Sistema de mola:** elimina a variação de torque de aperto entre instaladores.

Qualidade na fonte

Nas versões pré-cabeadas, a montagem e o teste saem do campo e vão para a fábrica, em condição controlada. O que chega à obra é uma peça única, já testada.

Padronizar sem engessar

1. Liste as funções de conexão da planta.
2. Escolha uma família de referência por função e por ambiente.
3. Registre as exceções com o motivo.
4. Revise o padrão quando o ambiente ou o histórico de falhas mudar.

Um kaizen de uma máquina

1. Escolha a máquina com mais falhas elétricas.
2. Mapeie todas as conexões dela.
3. Classifique os desperdícios com a tabela deste capítulo.
4. Teste uma mudança.
5. Padronize se houver ganho medido.

CAPÍTULO 17

Conexões e OEE

O OEE, índice de eficiência global do equipamento, é o produto de três fatores LITERATURA:

> **OEE = Disponibilidade × Desempenho × Qualidade**

FATOR	PERDA ASSOCIADA	EFEITO DE UMA CONEXÃO INADEQUADA
Disponibilidade	Quebras, setup e ajustes	Parada por falha elétrica, troca demorada de componentes
Desempenho	Pequenas paradas, velocidade reduzida	Microparadas por mau contato, operação em ritmo conservador
Qualidade	Defeitos, perdas de partida	Refugo por leitura instável, instabilidade após paradas

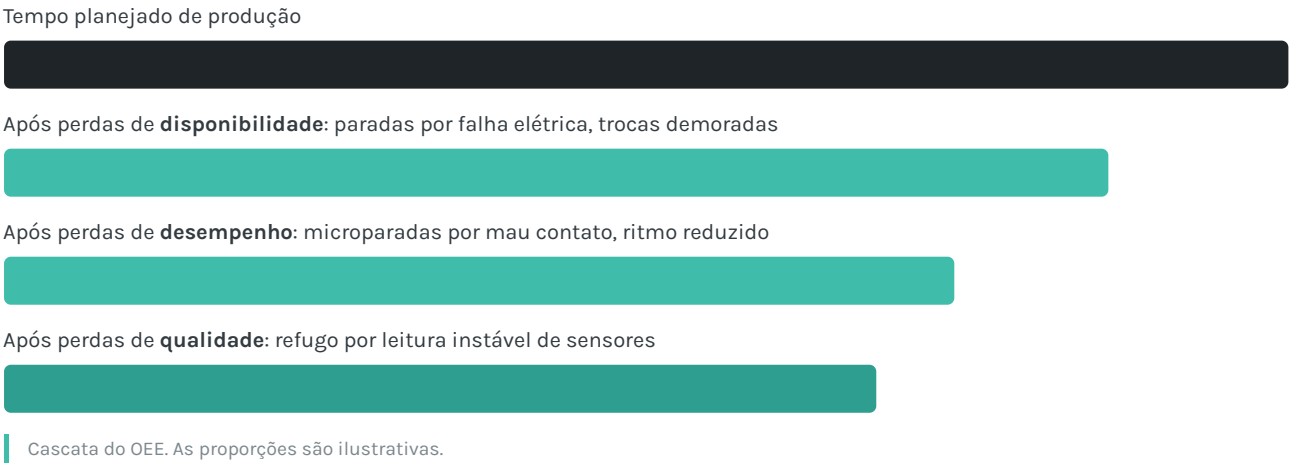
Por que a microparada pesa tanto

Uma parada de três horas entra no relatório. Seis paradas de vinte minutos, espalhadas no mês, muitas vezes não entram. A falha intermitente de conexão produz exatamente esse padrão: a máquina para, o operador mexe no cabo, ela volta.

> **EXEMPLO DIDÁTICO**
>
> Uma linha com custo de R$ 8.000 por hora parada sofre 6 paradas de 25 minutos no mês por falha intermitente. São 2,5 horas, ou R$ 20.000 no mês, sem que nenhuma parada isolada tenha chamado atenção. Valores hipotéticos.

Do indicador à causa

O OEE mostra que há perda. Ele não mostra a causa. Para chegar à conexão, o apontamento de parada precisa de um código de causa específico, como "conexão, emenda ou entrada de cabo", separado do genérico "elétrica".



Cascata do OEE. As proporções são ilustrativas.

CAPÍTULO 18

Custo total de propriedade

O custo total de propriedade, ou TCO, reúne tudo o que um item custa ao longo da vida. A norma IEC 60300-3-3 trata do tema sob o nome de custeio do ciclo de vida NORMA.

As parcelas

PARCELA	O QUE CONSIDERAR	CARACTERÍSTICA TÉCNICA QUE PESA
Aquisição	Conector, prensa-cabo, acessórios	Material, grau de proteção, número de polos
Instalação	Horas de técnico, ferramentas, retrabalho	Número de peças, vedação co-moldada, pré-cabeamento
Inspeção e manutenção	Tempo para inspecionar, desconectar e reconectar	Conexão reinspecionável, plugue e soquete
Falhas	Probabilidade de falha multiplicada pelo custo de cada falha	Adequação ao ambiente
Substituição	Troca ao fim da vida e peças de reposição	Resistência ao envelhecimento

> **TCO = aquisição + instalação + manutenção no período + (falhas esperadas × custo por falha)**

> **Custo por falha = horas paradas × custo da hora da linha + mão de obra + materiais + refugo**

Exemplo resolvido

O exemplo a seguir usa valores hipotéticos, adaptados da série de artigos do portal Manufatura Enxuta EXEMPLO DIDÁTICO.

Premissas: horizonte de 5 anos. Cada falha causa 1 hora de parada a R$ 8.000, mais R$ 1.000 de reparo. Técnico a R$ 80 por hora.

ITEM, POR PONTO DE CONEXÃO	OPÇÃO A, CONVENCIONAL	OPÇÃO B, ROBUSTA
Aquisição	R$ 40	R$ 180
Instalação	1,5 h = R$ 120	0,5 h = R$ 40
Subtotal inicial	R$ 160	R$ 220
Probabilidade de falha por ano	4%	1%
Falhas esperadas em 5 anos	0,20	0,05
Custo esperado de falhas	R$ 1.800	R$ 450
TCO em 5 anos	**R$ 1.960**	**R$ 670**

A opção B custa R$ 60 a mais no início e R$ 1.290 a menos no período.

Ponto de equilíbrio: R$ 60 divididos por R$ 9.000 resultam em 0,0067 falha por ponto. Basta evitar uma falha a cada 150 pontos instalados para a opção B se pagar.

Em escala: em uma linha com 120 pontos, a diferença soma R$ 154.800 em cinco anos, com 18 paradas esperadas a menos.

> **ATENÇÃO**
>
> As probabilidades de falha deste exemplo são hipotéticas. Em uma análise real, elas devem vir do histórico da planta. A comparação só vale entre opções que atendam aos mesmos requisitos técnicos.

Roteiro para compras e diretoria

1. Levante as falhas do último ano por causa e componente.
2. Calcule o custo por falha com o custo da hora da linha.
3. Monte o TCO das opções e o ponto de equilíbrio.
4. Proponha um piloto, com MTBF e MTTR medidos antes e depois.
5. Meça também o tempo de instalação.
6. Padronize o que o piloto confirmar.

Opção A · convencional



TCO em 5 anos: **R$ 1.960** (inicial R$ 160)

Opção B · robusta



TCO em 5 anos: **R$ 670** (inicial R$ 220)

Em escuro, aquisição e instalação. Em cor, o custo esperado de falhas. Valores hipotéticos.

CAPÍTULO 19

O custo invisível das falhas elétricas

A planilha de TCO captura o que se consegue medir. Parte do custo fica fora dela.

Diagnóstico de falha intermitente. Antes de chegar à conexão, o técnico testa o sensor, troca o cartão do CLP e mede o cabo. Peças boas são substituídas.

Estoque de reposição. Muitas famílias de conector para a mesma função ocupam almoxarifado e capital.

Acesso difícil. Caixas enterradas, pontos em altura e espaços confinados exigem equipamento, permissão de trabalho e mais gente.

Segurança. Uma chave de travamento ou uma botoeira de emergência que falha deixa de proteger. Esse custo não se mede em reais por hora.

Confiança. A linha que para sem explicação passa a ser operada com cautela, abaixo da velocidade nominal.

Onde a decisão custa menos

Uma regra prática conhecida como 1-10-100 resume a ideia: corrigir um problema no projeto custa uma unidade, na instalação custa dez, em operação custa cem. Os números são ordem de grandeza, não medição. A lógica, porém, se confirma no dia a dia: quanto mais tarde a correção, mais cara.

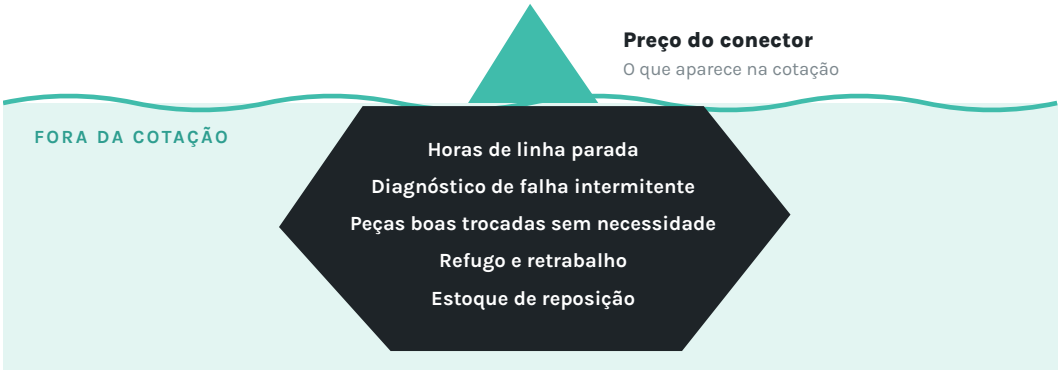
> **PARA A REUNIÃO DE ORÇAMENTO**
>
> O custo de uma conexão é uma decisão. O custo de uma falha é um evento. Comparar os dois na mesma tabela costuma encerrar a discussão sobre o preço unitário.



VISÃO DO ENGENHEIRO

Não é preciso trocar todas as conexões da fábrica para provar o ponto. Começa-se por dados, foco e padrão: levantar as falhas, escolher uma máquina, medir antes e depois. O piloto bem medido convence mais do que qualquer catálogo.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta



PARA APROFUNDAR

- Lean: os desperdícios começam na escolha do componente
- Custo total das conexões industriais (TCO)
- OEE, com calculadora
- Custo da hora-máquina



PARTE

V

Aplicações e cases

20 Aplicações em ambientes hostis

21 Estudos de caso

22 Lições aprendidas

CAPÍTULO 20

Aplicações em ambientes hostis

A apresentação técnica "Aplicações Complicadas e Hostis", ministrada por Mario Adinolfi, Diretor da Techno do Brasil, reúne aplicações em campo com os produtos da marca TECHNO. A tabela resume as principais.

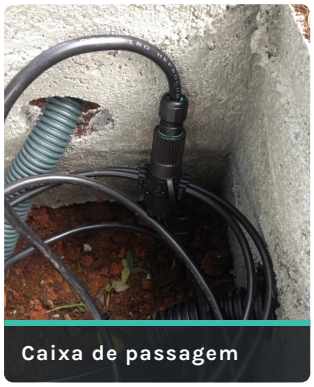
APLICAÇÃO	AMBIENTE	PRODUTO INDICADO NA APRESENTAÇÃO
Iluminação de quadra de futebol	Caixas subterrâneas que alagam	THB.402
Iluminação pública subterrânea	Rede enterrada	THB.370
Iluminação externa e embutida de solo	Água e carga mecânica	THB.391.A4A
Iluminação industrial externa	Ciclo térmico e umidade	THB.391.R4A.L, versão xDRY®
Telemetria em saneamento	Dutos de água e esgoto	Caixa 210, conectores 381 e 387
Sonda de pureza da água	Imersão e gradiente térmico	THB.387.N4A, versão xDRY®
Mesa plana em papel e celulose	Umidade e calor	THB.391.A4A
Máquina de massas	85 °C contínuos e 90% de umidade	THB.387.A4A
Equipamento em frigorífico	Lavagem	THB.405.S5A
Balanças de 2 e 4 células	Umidade	Mini conectores THB.389 e derivação THH.629
Motores em indústria de arroz	Poeira	Família THB.387
Motores de ferramentas	Montagem de fábrica	Família THB.387, 4 polos
Instrumentação de campo	Transmissores expostos	THB.381
Sensor de pH	Sonda substituível	THB.400 com THB.381.A2A e THB.381.B2A
Chave de travamento de proteção	Circuito de segurança	THB.405.A8A com THB.405.B8A
Painéis de máquinas	Vários cabos por painel	Conectores circulares de 3, 8 e 12 vias

NOTA DE TRANSPARÊNCIA

A apresentação registra produto e ambiente de cada aplicação. Apenas duas trazem acompanhamento ao longo do tempo: a quadra de futebol, inspecionada após 4 anos, e a máquina de massas, inspecionada após 8 meses. Para as demais, este guia não atribui resultados.



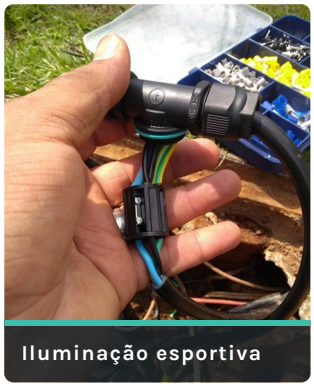
Iluminação pública



Caixa de passagem



Telemetria



Iluminação esportiva

Fotos de aplicações reais. Fonte: apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 21

Estudos de caso

Os quatro primeiros casos se baseiam em registros da Techno. Os dois últimos são hipotéticos e estão identificados como tal.

Caso 1. Iluminação esportiva com emendas submersas

Origem: registro real TECHNO.

1. **Contexto operacional.** Iluminação de uma quadra de futebol em Mogi das Cruzes, SP. As emendas ficam em caixas de passagem enterradas.
2. **Problema identificado.** As caixas enchem de água em períodos de chuva, e as emendas permanecem submersas.
3. **Causas técnicas.** Imersão prolongada e repetida, condição mais severa que respingo ou jato.
4. **Consequências para a operação.** Em instalações desse tipo, a entrada de água leva a fuga de corrente, desarme de proteções e perda da iluminação.
5. **Critérios da solução.** Derivação com grau IP68, sem resina nem gel, para permitir inspeção futura.
6. **Solução aplicada.** Derivação em T modelo THB.402. O catálogo informa para a série TH402 grau IP68, IK07, até 6 polos e 32 A / 450 V.
7. **Resultado documentado.** Quatro anos depois da instalação, o próprio instalador abriu o conector e relatou, em publicação em rede social reproduzida na apresentação, não ter encontrado nenhum vestígio de água.
8. **Aprendizados.** O relato é único e sem medição de laboratório. Ele ilustra duas coisas: o valor de especificar para imersão real, e o valor de uma conexão que pode ser aberta para verificação.



Dia da instalação



Quatro anos depois



Conector aberto: seco por dentro

Fonte: apresentação técnica Techno.

Caso 2. Motor em máquina de massas

Origem: registro real TECHNO.

1. **Contexto operacional.** Máquina de produção de massas em indústria de alimentos.
2. **Problema identificado.** O ponto de ligação do motor trabalha, segundo a apresentação, a 85 °C contínuos e 90% de umidade.
3. **Causas técnicas.** Calor contínuo acelera o envelhecimento de vedações. Umidade alta favorece oxidação e condensação nas paradas.
4. **Consequências para a operação.** Em condições assim, a degradação da ligação do motor resulta em parada do equipamento.
5. **Critérios da solução.** Conector desconectável, com trava por rotação e materiais qualificados para a temperatura.
6. **Solução aplicada.** Conector THB.387.A4A.
7. **Resultado documentado.** A apresentação mostra fotos do dia da instalação e de uma inspeção realizada 8 meses depois. Não há medição publicada.
8. **Aprendizados.** Em calor e umidade combinados, vale programar uma inspeção nos primeiros meses para confirmar a especificação antes de padronizá-la.

> **PONTO A VALIDAR ANTES DA PUBLICAÇÃO**
>
> O T-marking informado no catálogo para a série TH387 é de +60 °C, e a faixa do material é de –40 °C a +125 °C. Como a aplicação é descrita a 85 °C contínuos, recomenda-se confirmar com a engenharia da Techno a redação técnica deste caso.

Caso 3. Telemetria em saneamento

Origem: registro real TECHNO.

1. **Contexto operacional.** Sistema de telemetria de dutos de água e esgoto.
2. **Problema identificado.** A placa eletrônica e as ligações dos sensores ficam em ambiente úmido e sujeito a alagamento.
3. **Causas técnicas.** Eletrônica é sensível a umidade e a contaminantes. Cada sensor acrescenta uma entrada de cabo.
4. **Consequências para a operação.** Perda de dados de monitoramento e deslocamento de equipes a campo.
5. **Critérios da solução.** Proteção IP68 para a placa e conexão desconectável para sensores.
6. **Solução aplicada.** Caixa 210, que segundo a apresentação garante a proteção IP68 da placa e a conexão segura com os conectores das séries 381 e 387. Em aplicação relacionada, uma sonda de controle de pureza da água usa o conector THB.387.N4A na versão xDRY®.
7. **Resultado documentado.** Não há resultado publicado.
8. **Aprendizados.** Quando há eletrônica no ponto, a especificação deve considerar invólucro, entradas de cabo e barreira anticondensação como um conjunto.

Caso 4. Painéis de máquinas com conectores circulares

Origem: registro real TECHNO.

1. **Contexto operacional.** Painéis de máquinas com vários cabos de potência e sinal.
2. **Problema identificado.** Substituição de conectores retangulares multipolares.
3. **Causas técnicas.** Um conector único para vários cabos concentra funções diferentes no mesmo ponto de vedação.
4. **Consequências para a operação.** Uma falha no conector compartilhado afeta todos os circuitos que passam por ele.
5. **Critérios da solução.** Um conector circular por cabo, dimensionado pelo número de vias.
6. **Solução aplicada.**

CABO	CONECTORES
12 vias	THB.406.A1E com THB.405.B2E
8 vias	THB.405.A8A e THB.405.B8A com acessório 6000087LF
3 vias	THB.381.A3E e THB.381.B3E
3 vias	THB.384.A1A e THB.384.B1A com acessório 6000347LA

7. **Resultado documentado.** Não há resultado publicado.
8. **Aprendizados.** Separar os circuitos por conector facilita o diagnóstico e a troca de um cabo sem mexer nos demais.

Caso 5. Luminárias externas com água interna

Origem: exemplo hipotético, elaborado para fins didáticos.

1. **Contexto operacional.** Pátio de uma fábrica com 40 luminárias LED em postes. Os drivers ficam em caixas no alto dos postes.
2. **Problema identificado.** Após o primeiro inverno, parte das luminárias passa a piscar ou a desarmar. As caixas abertas mostram gotas de água, embora as vedações estejam íntegras.
3. **Causas técnicas.** As luminárias aquecem ligadas à noite e esfriam de madrugada. A cada ciclo, o conjunto aspira ar úmido por dentro do cabo de alimentação. É condensação somada a capilaridade, e não infiltração.
4. **Consequências para a operação.** Área mal iluminada, troca repetida de drivers e trabalho em altura a cada intervenção.
5. **Critérios da solução.** Barreira entre o cabo e o equipamento, conexão desconectável para troca sem refazer ligações, resistência a UV.
6. **Solução recomendada.** Conector com barreira anticondensação na entrada de cada luminária, e revisão do diâmetro dos cabos em relação à faixa dos prensa-cabos.
7. **Resultado.** Não se aplica, por se tratar de exemplo hipotético.
8. **Aprendizados.** Vedação íntegra com água por dentro indica condensação. Trocar o conector por outro igual repete a falha.

Caso 6. Sensores em linha lavada diariamente

Origem: exemplo hipotético, elaborado para fins didáticos.

1. **Contexto operacional.** Linha de envase de alimentos com 60 sensores, higienizada todos os dias com jato de água quente e detergente alcalino.
2. **Problema identificado.** Microparadas frequentes por leitura falsa de sensor, concentradas nas primeiras horas após a lavagem.
3. **Causas técnicas.** Os conectores originais são IP67, adequados a imersão temporária e não a jato de alta pressão e temperatura. O choque térmico da lavagem agrava a entrada de água.
4. **Consequências para a operação.** Perda de desempenho no OEE e refugo de partida.
5. **Critérios da solução.** Marcação que inclua IP69, materiais compatíveis com o detergente em uso, plugue e soquete para troca rápida de sensor.
6. **Solução recomendada.** Substituição em piloto de dez pontos, com registro de microparadas antes e depois, e padronização somente após a confirmação do ganho.
7. **Resultado.** Não se aplica, por se tratar de exemplo hipotético.
8. **Aprendizados.** O grau de proteção deve corresponder ao tipo de ataque. Imersão e jato são exigências diferentes.

CAPÍTULO 22

Lições aprendidas

Os casos e as aplicações apontam para as mesmas recomendações.

1. **Especifique para o pior dia.** A quadra alagada e a linha lavada mostram que a condição extrema, mesmo ocasional, define a especificação.
2. **Diferencie infiltração, condensação e capilaridade.** Cada mecanismo tem uma solução.
3. **Prefira conexões que possam ser abertas.** Sem inspeção, não há aprendizado.
4. **Use plugue e soquete onde há troca.** Motores, sensores e sondas saem para manutenção.
5. **Trate o ponto com eletrônica como um conjunto.** Caixa, entradas e barreira trabalham juntas.
6. **Meça antes de padronizar.** Um piloto com dados vale mais que uma troca geral por convicção.
7. **Registre com fotos e datas.** Os dois casos com acompanhamento só existem porque alguém fotografou a instalação e voltou depois.

DICA PRÁTICA

Adote o hábito do "dia da instalação": uma foto de cada conexão crítica, com data e código do ponto. Na próxima inspeção, a comparação é imediata.



VISÃO DO ENGENHEIRO

Dos casos reunidos aqui, só dois têm acompanhamento ao longo do tempo, e os dois existem porque alguém fotografou e voltou depois. É o tipo de evidência que falta na indústria. Quem instala hoje deveria agendar a foto de daqui a um ano.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta

PARA APROFUNDAR

- Cases de conexões elétricas em ambientes hostis
- Relato do instalador da quadra de futebol: instagram.com/p/C-Gn03dRojN

PARTE

VI

Tecnologia e soluções

23 A tecnologia da Techno

24 Famílias de produto e dados técnicos

25 Como avaliar soluções

26 Checklist profissional de especificação

CAPÍTULO 23

A tecnologia da Techno

A Techno iniciou como fabricante de artigos técnicos de plástico e se especializou em conexões elétricas de alta proteção contra água e poeira. Em 2026, a empresa completou 40 anos de atividade em injeção de plástico. Projeto e produção são realizados na Itália, com certificação "Made in Italy" nos termos da legislação italiana citada no catálogo TECHNO.

Quatro pilares técnicos

1. Vedação co-moldada. Plástico e borracha injetados em uma única peça, com menos componentes e menos erros de instalação.

2. Conexão livre de resina e gel. A vedação é mecânica, e a conexão pode ser reaberta e inspecionada. O selo "Resin-gel free" identifica essa característica no catálogo.

3. xDRY®. Barreira anticondensação patenteada, que bloqueia a migração de umidade por dentro do cabo.

4. Materiais qualificados para o tempo. PA66 com fibra de vidro, borrachas resistentes a UV e envelhecimento, com os ensaios descritos no capítulo 9.

Plataforma IoTH®

A plataforma IoTH® organiza a integração de eletrônica e sensores nas conexões em quatro níveis TECHNO:

NÍVEL	TIPO	DESCRIÇÃO
1	Passivo	Conector e caixa de derivação de catálogo
2	Passivo	Componentes Techno ou de mercado pré-instalados
3	Ativo	Componentes eletrônicos e IoT integrados nos conectores
4	Ativo personalizado	Adaptação de produtos para projetos especiais

A apresentação técnica indica ainda o desenvolvimento de itens voltados ao padrão Zhaga, para iluminação e IoT, com proteção de IP66 a IP68 e aplicação em até 400 VCA e 60 VCC TECHNO.

Soluções sob medida

O Techno Innovation Lab reúne pesquisa, desenvolvimento, produção e qualidade para projetos customizados. O catálogo descreve o percurso completo: escolha da matéria-prima, design de produto, modelagem em CAD/CAM, impressão 3D para peça única ou pequenos lotes, verificação em laboratório e produção em série. Os ensaios internos citados incluem resistência a pó e água (IP), envelhecimento acelerado, aquecimento, ensaio elétrico e ensaio mecânico (IK) TECHNO.

CAPÍTULO 24

Famílias de produto e dados técnicos

Os dados a seguir foram extraídos do catálogo geral e devem ser confirmados na ficha de cada código antes da especificação TECHNO.

TEETUBE®: emendas e derivações

SÉRIE	CONFIGURAÇÃO	DESTAQUES DO CATÁLOGO
TH391	Linear, parafuso	Extra compacto, 2 a 5 polos, IP68 e IP69, versão xDRY®
TH393	Linear, mola	Instalação sem ferramenta, IP66 e IP68, versão xDRY®
TH400	Linear e derivação	Até 41 A e 690 V, até 6 polos, cabo de até 21 mm, IP68. Versão UP com IK10
TH390	Derivação em T	3 vias, IP68, IK07
TH402	Derivação em T	3 vias, até 6 polos, 32 A e 450 V, IP68, IK07
TH399	Derivação em Y	3 vias, cabos de até 4 mm², IP68, IK07
TH392	Derivação em H	4 vias, montagem rápida, versão xDRY®
TH394	Painel	Fechamento à pressão, IP66, IP67 e IP68, IK08

Norma de referência indicada no catálogo para as derivações: EN 60998-1.

TEEPLUG®: plugue e soquete

SÉRIE	TRAVA	CICLOS	DESTAQUES DO CATÁLOGO
TH381	Push-pull	100	Mini conector de 14 mm, IP66, IP68 e IP69
TH387	Rotação	1.000	2 a 5 polos, IP66 e IP68, IK07, versão xDRY®
TH389	Push-pull	100	IP66, IP68 e IP69, versão UP até 630 V
TH384	Rotação	1.000	2, 3 e 5 polos, IP66 e IP68, IK07
TH405	Baioneta	1.000	2 a 8 polos, cabo de até 16,5 mm, IK08. Versão padrão com IP66, IP68 e IP69. Versão UP até 25 A e 630 V, com IP66 e IP68

Norma de referência indicada no catálogo: EN 61984. Alguns códigos trazem também UL 2238 e CSA C22.2 No. 182.3.

TEEBOX®: caixas e distribuidores

SÉRIE	TIPO	DESTAQUES DO CATÁLOGO
TH200	Caixa de 3 vias	Até 5 polos, IP67
TH211	Caixa de 3 vias	IP65, IK08
TH209	Caixa híbrida	Acessórios modulares, IP66 e IP68, IK08
TH219	Caixa vazia de 3 e 4 vias	IP68, IK08
TH210	Caixa para eletrônica	IP66, IP67 e IP68
TH212	Mini caixa até 6 entradas e saídas	IP66 e IP67, IK08
TH625, TH624, TH623, TH629	Distribuidores desconectáveis	IP68, com IP66 declarado em parte das séries
TH631	Distribuidor pré-cabeado	Trava de 1/4 de volta, até 8 polos, IP65

TEEGLAND®, TEEBLOCK® e TEEDRUM®

LINHA	FUNÇÃO	DADOS DO CATÁLOGO
TEEGLAND®	Prensa-cabos co-moldados	Roscas M16, M20, M25, PG9, PG13,5 e PG16, IP68
TEEBLOCK®	Blocos de terminais lineares	Até 5 polos, 32 A e 450 V
TEEDRUM®	Blocos de terminais circulares	Até 5 polos, 32 A e 450 V

Como ler o código do produto

CÓDIGO	SIGNIFICADO
THB.xxx.xxx	Contato por parafuso
THS.xxx.xxx	Contato por mola
THP.xxx.xxx	Contato perfurante
THF.xxx.xxx	Contato por encaixe
THC.xxx.xxx.xxx	Produto injetado
THR.xxx.xxx ou THB.xxx.xxx.R	Kit
IoTH.xxx.xxx	Plataforma IoTH®
THB.xxx.Rxx, THB.Dxxx.xxx ou THB.xxx.xxx.XD	Tecnologia xDRY®

Os três algarismos centrais identificam a série. O bloco final identifica polaridade e configuração.

CAPÍTULO 25

Como avaliar soluções

Estes critérios servem para comparar qualquer fornecedor de conexões, e não apenas para avaliar a Techno.

CRITÉRIO	PERGUNTA AO FORNECEDOR	POR QUE IMPORTA
Grau de proteção	Em que condições o IP68 foi ensaiado?	IP68 não tem valor único
Marcação combinada	O produto atende jato e imersão?	Os ensaios são independentes
Impacto	Qual o grau IK da série?	O IP depende da integridade do invólucro
Temperatura	Qual o T-marking?	É o limite de operação qualificado
Envelhecimento	Há ensaio de UV, ozônio e névoa salina?	O IP não avalia o tempo
Química	Existe tabela de resistência química?	Limpeza e processo atacam os materiais
Montagem	Quantas peças soltas tem o conjunto?	Cada peça é uma chance de erro
Inspeção	A conexão pode ser reaberta?	Sem acesso não há manutenção por condição
Ciclos	Quantas conexões e desconexões suporta?	Define a vida em pontos de troca frequente
Normas	Quais normas de produto são atendidas?	Base para comparação objetiva
Suporte	Há apoio para especificação e customização?	Ambientes hostis fogem do padrão

Recomendação por necessidade

NECESSIDADE	CAMINHO SUGERIDO
Reparo ou extensão de cabo em área molhada	Emenda linear IP68, reinspecionável
Iluminação em sequência	Derivações em T ou H, ou distribuidor
Motor ou sensor com troca periódica	Plugue e soquete com trava
Lavagem de alta pressão	Série com marcação que inclua IP69
Equipamento com ciclo térmico e eletrônica	Versão com barreira anticondensação
Entrada de sinal em painel	Conector de painel, um por cabo
Eletrônica em campo	Caixa IP68 com entradas desconectáveis
Instalação repetitiva em série	Versão pré-cabeada, testada de fábrica



VISÃO DO ENGENHEIRO

Os critérios deste capítulo valem para qualquer fornecedor, inclusive para a Techno. Uma especificação bem escrita descreve o ambiente, o cabo e o circuito, e deixa que os produtos concorram por atender a ela.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta

CAPÍTULO 26

Checklist profissional de especificação

A. IDENTIFICAÇÃO DO PONTO

- [ ] Código do ponto e do equipamento
- [ ] Criticidade: segurança, acionamento principal, controle de processo, auxiliar
- [ ] Função: emenda, derivação, plugue e soquete, painel, caixa, prensa-cabo

B. AMBIENTE, NA PIOR CONDIÇÃO REAL

- [ ] Água: respingo, chuva, jato, jato de alta pressão, imersão temporária, imersão contínua
- [ ] Profundidade e duração da imersão, se houver
- [ ] Poeira: tipo e intensidade
- [ ] Produtos químicos: nome, concentração e temperatura
- [ ] Temperatura mínima, máxima e variação diária
- [ ] Umidade relativa e risco de condensação
- [ ] Exposição a sol, ozônio e névoa salina
- [ ] Impacto e vibração

C. DADOS ELÉTRICOS

- [ ] Corrente e tensão, CA ou CC
- [ ] Número de polos de potência e de sinal
- [ ] Seção dos condutores em mm^2

D. CABO

- [ ] Diâmetro externo medido
- [ ] Material da capa
- [ ] Condutor rígido ou flexível
- [ ] Mudança de bitola no ponto

E. REQUISITOS DO CONECTOR

- [ ] Grau IP exigido, com marcação combinada se houver jato e imersão
- [ ] Grau IK exigido
- [ ] T-marking igual ou superior à temperatura de operação
- [ ] Tipo de contato: parafuso, mola, perfurante
- [ ] Tipo de trava e número de ciclos
- [ ] Barreira anticondensação
- [ ] Conexão reinspecionável
- [ ] Restrição a silicone ou a halogênios
- [ ] Normas de produto exigidas

F. CIRCUITO

- [ ] Planta do circuito desenhada
- [ ] Interrupções contadas e classificadas
- [ ] Interrupções que podem ser eliminadas
- [ ] Possibilidade de versão pré-cabeada

G. MANUTENÇÃO

- [ ] Ponto acessível para inspeção visual
- [ ] Ponto incluído no plano de inspeção
- [ ] Sobressalente padronizado em estoque
- [ ] Foto do dia da instalação registrada



PARTE

VII

Caixa de ferramentas da engenharia de produção

27 As ferramentas e onde cada uma entra

28 Do problema ao padrão: um roteiro aplicado

29 Para aprofundar: trilha de leitura

CAPÍTULO 27

As ferramentas e onde cada uma entra

As partes anteriores trataram do componente. Esta parte trata do método. As ferramentas a seguir são conhecidas de qualquer programa de Lean, TPM ou qualidade LITERATURA. O que muda aqui é o objeto: em vez da máquina ou do processo, a análise recai sobre o ponto de conexão.

Usadas em sequência, elas respondem à pergunta que a diretoria costuma fazer: por que investir em uma conexão melhor?

Para enxergar e entender o problema

FERRAMENTA	PERGUNTA QUE RESPONDE	APLICAÇÃO ÀS CONEXÕES
Gemba	O que acontece de fato no ponto?	Observar a conexão na pior condição real: lavagem, chuva, partida a frio
5S	O ponto está limpo, identificado e acessível?	Identificar cada conexão com código e manter caixas e calhas inspecionáveis
Pareto	Onde está a maior parte das falhas?	Estratificar as paradas elétricas por causa e por ponto
5 porquês	Qual a causa por trás da causa?	Sair de "entrou água" e chegar ao projeto, ao cabo ou à montagem
Ishikawa	Quais famílias de causa estão envolvidas?	Organizar as hipóteses em método, material, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente
RCFA	O que a peça que falhou revela?	Abrir, fotografar e analisar o conector antes de limpar ou trocar
FMEA	O que pode falhar e com que gravidade?	Tratar cada interface de montagem como um modo de falha possível

Para prevenir, medir e consolidar

FERRAMENTA	PERGUNTA QUE RESPONDE	APLICAÇÃO ÀS CONEXÕES
Poka-yoke	Como impedir o erro na origem?	Vedação co-moldada, trava com retorno, chaves mecânicas e cores
Trabalho padronizado	Todos instalam do mesmo jeito?	Padrão de decapagem, aperto e conferência da trava
Manutenção autônoma	O operador sabe o que é normal?	Cartão de inspeção visual das conexões
MTBF e MTTR	A mudança funcionou?	Medir o intervalo entre falhas e o tempo de reparo antes e depois
OEE	Quanto a falha custa em eficiência?	Código de parada específico para conexão, emenda e entrada de cabo
Custo da hora-máquina	Quanto vale uma hora parada?	Base do custo por falha e do cálculo de custo total
Kaizen, PDCA e A3	Como consolidar a melhoria?	Piloto em uma máquina, verificação e padronização



VISÃO DO ENGENHEIRO

Ferramenta sem dado vira opinião com formulário. Quando a ordem de serviço registra apenas "falha elétrica", a causa se perde. O primeiro ganho raramente vem do conector novo: vem de passar a registrar a conexão como causa.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta

CAPÍTULO 28

Do problema ao padrão: um roteiro aplicado

O roteiro abaixo encadeia as ferramentas em uma situação hipotética, criada para fins didáticos EXEMPLO DIDÁTICO. Os números não representam resultado medido.

Situação. Uma linha de envase registra 14 paradas por "falha elétrica" em seis meses. A manutenção troca sensores e cabos, e as paradas continuam.

Passo 1. Ver: gemba e 5S

A equipe acompanha a higienização da linha. Observa jato de água quente direto sobre os conectores dos sensores e encontra pontos sem identificação, dentro de calhas fechadas. Resultado: cada conexão recebe um código, e as calhas passam a ter tampa de inspeção.

Passo 2. Priorizar: Pareto

As 14 ocorrências são reclassificadas por causa e por ponto.

CAUSA RECLASSIFICADA	OCORRÊNCIAS
Conector de sensor com água	8
Emenda em calha com oxidação	3
Sensor com defeito	2
Cabo rompido	1

Onze das 14 paradas nascem em pontos de conexão. O problema deixa de ser "elétrico" e ganha endereço.

Passo 3. Entender: 5 porquês, Ishikawa e RCFA

1. Por que o sensor falhou? Porque havia água no conector.
2. Por que havia água? Porque a vedação não resistiu à lavagem.
3. Por que não resistiu? Porque o conector é IP67, e a lavagem usa jato quente de alta pressão.
4. Por que foi especificado IP67? Porque a especificação descrevia a condição média da área, e não a lavagem.
5. Por que a lavagem não entrou na especificação? Porque não existe um padrão de especificação que pergunte pela pior condição.

A causa raiz está no processo de especificação, e não na peça. A abertura dos conectores retirados, fotografados antes da limpeza, confirma a entrada de água pela vedação.

Passo 4. Prevenir: FMEA e poka-yoke

A equipe lista os modos de falha do ponto: vedação esquecida, cabo fora da faixa de diâmetro, conector meio encaixado, material incompatível com o detergente. Para cada um, procura uma solução que impeça o erro: vedação co-moldada, medição do cabo antes da compra, trava com retorno tátil, consulta à tabela de resistência química.

Passo 5. Padronizar: trabalho padronizado e manutenção autônoma

A instalação ganha uma instrução de uma página, com comprimento de decapagem, conferência da trava e foto do dia da instalação. O operador recebe o cartão de inspeção visual do capítulo 12.

Passo 6. Medir: MTBF, MTTR, OEE e custo

Um piloto troca dez pontos. A equipe registra o intervalo entre falhas e o tempo de reparo antes e depois, usa o código de parada específico no OEE e converte as horas em reais com o custo da hora-máquina. Com esses dados, monta a comparação de custo total do capítulo 18.

Passo 7. Consolidar: kaizen, PDCA e A3

Se o piloto confirmar o ganho, a especificação de compra é alterada e o padrão vai para as demais linhas. O caso é registrado em um relatório A3, para que a próxima fábrica do grupo não comece do zero.

> **ATENÇÃO**
>
> O roteiro não termina na troca do conector. Termina na mudança do padrão de especificação, que é o que impede a repetição do problema em outra linha.

CAPÍTULO 29

Para aprofundar: trilha de leitura

Este guia nasceu de uma série de artigos do portal Manufatura Enxuta e do material técnico da Techno. Os links abaixo levam às fontes, organizadas por tema.

A série sobre conexões elétricas industriais

- Techno do Brasil: tecnologia em conexões elétricas
- Conexões elétricas industriais: o ponto fraco da produção
- Como escolher conectores elétricos industriais: checklist
- IP66, IP68, IP69K e IK: como interpretar
- Condensação e infiltração de água em conexões
- Conexões industriais e TPM
- Lean: os desperdícios começam na escolha do componente
- Cases de conexões elétricas em ambientes hostis
- Custo total das conexões industriais (TCO)

Ferramentas de análise e melhoria

- Gemba walk
- 5S
- Diagrama de Pareto
- 5 porquês
- Diagrama de Ishikawa
- RCFA
- FMEA
- Poka-yoke
- Trabalho padronizado (standard work)
- Kaizen
- PDCA
- Relatório A3
- Gestão visual

Manutenção e confiabilidade

- TPM
- Manutenção autônoma
- Manutenção preventiva, preditiva e corretiva
- RCM
- Curva da banheira
- MTBF e MTTR

Indicadores e custo, com calculadoras

- OEE: como calcular, com calculadora
- Custo da hora-máquina, com exemplo resolvido
- Ponto de equilíbrio, com calculadora

Techno

- Site da Techno do Brasil: technodobrasil.com.br
- Linhas de produto: technodobrasil.com.br/produtos
- Catálogo geral e fichas técnicas: techno.it
- Tecnologia anticondensação: xdry.it
- Plataforma de conectividade: ioth.it
- Vídeo sobre escolha e harmonização de cabos, citado na apresentação técnica: youtube.com/watch?v=D-NIUmdnJfk
- Relato do instalador da quadra de futebol, quatro anos depois: instagram.com/p/C-Gn03dRojN

Perguntas frequentes

Um conector IP68 pode ser lavado com jato de alta pressão? Não necessariamente. Imersão e jato são ensaios diferentes. Para lavagem de alta pressão e temperatura, a marcação deve incluir o IP69 NORMA.

Qual a diferença entre IP69 e IP69K? O IP69K vem da norma de veículos rodoviários ISO 20653. O IP69 é o ensaio equivalente incorporado à IEC 60529. Na prática, indicam o mesmo tipo de exigência NORMA.

Encontrei água em um conector com a vedação perfeita. Como?
Provavelmente por condensação ou por capilaridade pelo cabo. Veja o capítulo 10.

Posso usar fita ou resina para reforçar a vedação? Isso impede a inspeção e esconde defeitos de montagem. O recomendado é usar uma conexão projetada para o ambiente.

Quando vale a pena usar plugue e soquete no lugar de emenda? Sempre que o equipamento for removido periodicamente, ou quando o tempo de reparo for crítico.

O que significa conexão reinspecionável? É a conexão que pode ser aberta, verificada e fechada novamente sem perder a função, por não usar resina nem gel.

Como saber se preciso de proteção anticondensação? Ciclo térmico com umidade, eletrônica sensível no ponto ou histórico de água interna sem defeito de vedação são os principais indicadores.

O grau IP garante a durabilidade? Não. O IP é um ensaio de tipo em produto novo. A durabilidade depende dos materiais e dos ensaios de envelhecimento.

Por que o diâmetro do cabo é tão importante? Porque o prensa-cabo só veda dentro de uma faixa de diâmetro. Fora dela, a compressão da borracha é insuficiente ou excessiva.

Vale trocar todas as conexões da fábrica?
Não. Comece pelos pontos críticos e pelos que concentram falhas, com piloto e medição.

Conclusão: conexões melhores, operações mais confiáveis

A conexão elétrica concentra, em poucos centímetros, quase todos os riscos de uma instalação: o ambiente, a montagem, o cabo e o tempo. Por ser pequena e barata, costuma receber pouca atenção. Por trabalhar em série, basta uma para parar a linha.

Este guia percorreu o caminho completo:

- **Especificar** a partir do ambiente, do cabo e do circuito.
- **Interpretar** corretamente os graus IP e IK e reconhecer os seus limites.
- **Distinguir** infiltração, condensação e capilaridade.
- **Manter** com padrão visual, inspeção por condição e registro de causa.
- **Decidir** pelo custo total, e não pelo preço unitário.

A recomendação final é prática. Escolha uma máquina, conte as conexões, levante as falhas do último ano e teste uma melhoria com medição. O resultado desse piloto será o melhor argumento para o passo seguinte.

A equipe técnica da Techno do Brasil apoia a análise de ambiente, a escolha do cabo e a definição das conexões para aplicações complicadas e hostis.

Créditos



CONTEÚDO TÉCNICO

Mario Adinolfi

Diretor da Techno do Brasil

Autor da apresentação técnica "Aplicações Complicadas e Hostis", base dos dados de produto e das aplicações reunidas neste guia.



ANÁLISE TÉCNICA E CURADORIA

Vagner Soares

Professor e Engenheiro de Produção

Especialista em Lean Manufacturing e Gestão Comportamental, com mais de 20 anos de experiência na indústria automotiva e metalmecânica, em empresas como General Motors e Dana. Instrutor e mentor do SENAI no programa Brasil Mais Produtivo. Responsável pela análise técnica e pela curadoria de conteúdo deste guia.

Manufatura Enxuta
manufaturaenxuta.com.br

Sobre a Techno do Brasil

A Techno é uma fabricante italiana de conexões elétricas de alta proteção, com projeto e produção na Itália. O catálogo geral registra 20 patentes, 12 marcas, cerca de 3.000 códigos de produto, 30 projetos customizados nos últimos três anos e presença em 80 países TECHNO.

A missão declarada da empresa é projetar e desenvolver componentes de polímeros termoplásticos de alta qualidade para soluções em conexões elétricas de alta resistência, facilitando a instalação e a manutenção e tornando seguras as instalações e os equipamentos elétricos TECHNO.

No Brasil, a operação tem sede em Curitiba, PR, sob a direção de Mario Adinolfi.

Techno do Brasil
Rua Antonio Lacerda Braga, 960, CIC, Curitiba, PR
Telefone: +55 41 98791 5907
E-mail: vendas@technodobrasil.com.br
Sites: technodobrasil.com.br | techno.it | ioth.it

Glossário

Capilaridade. Migração de líquido por espaços estreitos, como os vãos entre os fios de um condutor.

Co-moldagem. Injeção conjunta de dois materiais, como plástico e borracha, formando uma peça única.

Compression set. Deformação permanente de uma borracha mantida sob compressão.

Fretting. Corrosão por atrito causada por micromovimento entre superfícies de contato.

IK. Código de proteção contra impactos mecânicos, definido pela IEC 62262.

IP. Código de proteção contra sólidos e água, definido pela IEC 60529.

MTBF. Tempo médio entre falhas.

MTTR. Tempo médio de reparo.

OEE. Índice de eficiência global do equipamento.

PA66 GF. Poliamida 66 reforçada com fibra de vidro.

Poka-yoke. Dispositivo que impede a ocorrência do erro.

Ponto de orvalho. Temperatura abaixo da qual o vapor de água do ar condensa.

T-marking. Temperatura de operação para a qual o produto foi qualificado.

TCO. Custo total de propriedade.

TPE. Elastômero termoplástico.

TPM. Manutenção Produtiva Total.

Referências

Documentos da Techno

TECHNO. **Aplicações complicadas e hostis**. Apresentação técnica de Mario Adinolfi, Diretor. Curso de Homologação de Instalações Techno do Brasil. Marechal Cândido Rondon: Mundo SENAI, 6 nov. 2026. 72 slides.

TECHNO. **Catálogo geral**: solução em conexões elétricas de alta proteção, resistente à poeira, água e impacto mecânico. Código CATGENIT102024. Disponível em: https://www.techno.it. Acesso em: 12 nov. 2026.

TECHNO DO BRASIL. **Site institucional**. Curitiba, 2026. Disponível em: https://technodobrasil.com.br. Acesso em: 12 nov. 2026.

Normas técnicas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60529**: graus de proteção providos por invólucros (códigos IP). Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 62262**: graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos (código IK). Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION. **EN 60998-1**: connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes: part 1: general requirements. Brussels: CENELEC, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION. **EN 61984**: connectors: safety requirements and tests. Brussels: CENELEC, 2009.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60068-2-11**: environmental testing: part 2-11: tests: test Ka: salt mist. Geneva: IEC.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60300-3-3**: dependability management: part 3-3: application guide: life cycle costing. Geneva: IEC, 2017.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60529**: degrees of protection provided by enclosures (IP Code). Ed. 2.2. Geneva: IEC, 2013. Disponível em: https://webstore.iec.ch/en/publication/2452. Acesso em: 12 nov. 2026.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 62262**: degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). Geneva: IEC, 2002. Emenda 1, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1431-1**: rubber, vulcanized or thermoplastic: resistance to ozone cracking: part 1: static and dynamic strain testing. Geneva: ISO.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20653**: road vehicles: degrees of protection (IP code): protection of electrical equipment against foreign objects, water and access. Geneva: ISO, 2023.

NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **NEMA 250**: enclosures for electrical equipment (1000 volts maximum). Rosslyn: NEMA.

UNDERWRITERS LABORATORIES. **UL 94**: tests for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances. Northbrook: UL.

UNDERWRITERS LABORATORIES. **UL 746C**: polymeric materials: use in electrical equipment evaluations. Northbrook: UL.

Literatura técnica

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **What is lean?** Boston: LEI. Disponível em: https://www.lean.org/explore-lean/what-is-lean/. Acesso em: 12 nov. 2026.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **The eight wastes of lean**. Boston: LEI. Disponível em: https://www.lean.org/the-lean-post/articles/the-eight-wastes-of-lean/. Acesso em: 12 nov. 2026.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system**: beyond large-scale production. Portland: Productivity Press, 1988.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

Artigos de apoio

CASES: conexões elétricas em ambientes hostis: soluções aplicadas. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/cases-conexoes-eletricas-em-ambientes-hostis-solucoes-aplicadas.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

COMO escolher conectores elétricos industriais: checklist. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/como-escolher-conectores-eletricos-industriais-checklist.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CONDENSAÇÃO e infiltração de água em conexões elétricas: custo invisível. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/condensacao-e-infiltracao-de-agua-em-conexoes-eletricas-custo-invisivel.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CONEXÕES elétricas industriais: ponto fraco da produção. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/conexoes-eletricas-industriais-ponto-fraco-da-producao.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CONEXÕES industriais e TPM: confiabilidade e manutenção planejada. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/conexoes-industriais-e-tpm-confiabilidade-e-manutencao-planejada.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CUSTO total das conexões industriais e competitividade. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/custo-total-das-conexoes-industriais-e-competitividade.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

GRAU de proteção IP66, IP68, IP69K e IK: como interpretar. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/grau-de-protecao-ip66-ip68-ip69k-ik-como-interpretar.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

LEAN manufacturing: desperdícios começam na escolha do componente. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/lean-manufacturing-desperdicios-comecam-na-escolha-do-componente.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

TECHNO do Brasil: tecnologia em conexões elétricas industriais. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/techno-do-brasil-tecnologia-em-conexoes-eletricas-industriais.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

Ferramentas e métodos no portal Manufatura Enxuta

5 PORQUÊS. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/5-porques-analise-de-causa-raiz.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

5S: passo a passo para implantar os 5 sensos na fábrica. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/5s-passo-a-passo-chao-de-fabrica.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CURVA DA BANHEIRA: confiabilidade, taxa de falha e Weibull. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/curva-da-banheira-confiabilidade-taxa-de-falha-e-weibull.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

CUSTO DA HORA-MÁQUINA: como calcular, com exemplo resolvido. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/custo-da-hora-maquina-como-calcular-com-exemplo-resolvido.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA: como fazer a espinha de peixe com 6M. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/diagrama-de-ishikawa-espinha-de-peixe.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

DIAGRAMA DE PARETO: o que é, regra 80/20 e como fazer. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/diagrama-de-pareto-regra-80-20.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

FMEA: o que é, como fazer e como calcular o NPR. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/fmea-analise-de-modo-e-efeito-de-falha.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

GEMBA WALK: como fazer a caminhada no gemba, roteiro e exemplo. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/gemba-walk-caminhada-gemba.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

GESTÃO VISUAL: como usar quadros e indicadores no chão de fábrica. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/gestao-visual-quadros-e-indicadores.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

KAIZEN: o que é, como aplicar e exemplo prático. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/kaizen-melhoria-continua.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

MTBF E MTTR: como calcular e usar os indicadores de manutenção. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/mtbf-mttr-indicadores-de-manutencao.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: os 7 passos do pilar da TPM. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/manutencao-autonoma-tpm-7-passos.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA, PREDITIVA E CORRETIVA: diferenças. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/manutencao-preventiva-preditiva-e-corretiva-diferencas.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

OEE: como calcular eficiência de equipamentos. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/oee-como-calcular-eficiencia-equipamentos.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

PDCA: o que é, as 4 etapas e exemplo prático na indústria. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/pdca-ciclo-de-melhoria.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

POKA-YOKE: o que é, tipos e exemplos de prevenção de erros. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/poka-yoke-prevencao-de-erros.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

RCFA: análise de causa raiz de falha em equipamentos. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/rcfa-analise-de-causa-raiz-de-falha-em-equipamentos.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

RCM: manutenção centrada em confiabilidade e as 7 perguntas. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/rcm-manutencao-centrada-em-confiabilidade-e-as-7-perguntas.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

RELATÓRIO A3: o que é, como fazer e exemplo preenchido. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/metodologia-a3-resolucao-de-problemas.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

TPM. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/tpm-manutencao-produtiva-total.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

TRABALHO PADRONIZADO (STANDARD WORK): como fazer, com exemplo. **Manufatura Enxuta**, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/trabalho-padronizado-standard-work.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

SOARES, Vagner. **Sobre o autor**. Manufatura Enxuta, 2026. Disponível em: https://manufaturaenxuta.com.br/sobre.html. Acesso em: 12 nov. 2026.

Exemplos hipotéticos

O roteiro do capítulo 28, os casos 5 e 6 do capítulo 21, os cálculos de confiabilidade em série do capítulo 15, os valores de parada do capítulo 17 e o exemplo de custo total do capítulo 18 foram elaborados para fins didáticos e não representam resultados medidos.