techno
TECHNOLOGY & INNOVATION



E-BOOK BÁSICO

Conexões elétricas industriais

O elo que protege a confiabilidade da sua operação

20 páginas | 13 capítulos | Checklist básico

CONTEÚDO TÉCNICO
Mario Adinolfi
Diretor da Techno do Brasil

ANÁLISE E CURADORIA
Prof. Vagner Soares
Manufatura Enxuta

Esta é a versão básica, para uma primeira leitura. Existe também o **e-book completo**, guia técnico de referência com 66 páginas.

Apresentação

Uma linha de produção moderna depende de milhares de pontos onde um cabo termina e outro começa. Quase ninguém pensa neles enquanto funcionam. Quando um deles falha, a linha para, e a busca pela causa costuma começar pelo lugar errado: o motor, o sensor, o cartão do CLP.

Este guia foi escrito para mudar essa ordem. Em poucas páginas, ele explica o que é uma conexão elétrica industrial, onde ela trabalha, por que falha e como escolher bem. A linguagem é direta, e os conceitos servem para qualquer fabricante de conexões.

Ao final, você terá um checklist simples para levar à próxima especificação.

> **SOBRE AS FONTES DESTE GUIA**
>
> Os dados de produto vêm do catálogo geral e da apresentação técnica da Techno. Os conceitos de grau de proteção vêm das normas IEC citadas nas referências. Os números usados em exemplos de cálculo são didáticos e estão sempre identificados como tal.

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



Conector de derivação pronto para instalação em caixa de passagem. Foto: apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 01

O elo que ninguém vê

O cabo é contínuo, protegido por isolação e capa. O motor é fechado. O painel tem porta e vedação. A fragilidade de um circuito está nos pontos em que o cabo é interrompido: a emenda, a derivação, a entrada no painel, a ligação ao equipamento.

Cada interrupção é uma abertura na proteção. É ali que a água procura caminho, que a vibração afrouxa o contato e que um erro de montagem fica escondido por meses.

Por isso a conexão merece o mesmo cuidado dado ao equipamento que ela alimenta. Ela custa pouco, mas decide se o equipamento caro vai trabalhar.

IDEIA CENTRAL

Um circuito é tão confiável quanto a sua conexão mais fraca.



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, ninguém consegue calcular a confiabilidade do circuito nem decidir onde investir primeiro.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta



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

CAPÍTULO 02

O papel das conexões na operação

Uma conexão elétrica industrial cumpre três funções ao mesmo tempo.

Conduzir. Os contatos metálicos garantem a passagem de corrente ou de sinal com baixa resistência. Um contato oxidado ou frouxo aquece e derruba a tensão.

Isolar. O corpo do conector separa os polos entre si e do meio externo, mesmo com poeira e umidade ao redor.

Vedar. As vedações impedem a entrada de água, poeira e produtos químicos. O prensa-cabo segura o cabo e fecha a passagem em volta dele.

Quando a ligação precisa ser desfeita com frequência, entra uma quarta função: **desconectar**. Um plugue e soquete permite trocar um motor ou um sensor sem abrir caixas nem refazer bornes.

FUNÇÃO DO PONTO	TIPO DE SOLUÇÃO
Unir dois cabos de forma permanente	Emenda em linha
Tirar uma ou mais saídas de um cabo	Derivação em T, Y ou H
Ligar e desligar com frequência	Plugue e soquete
Atravessar a parede de um painel	Conector de painel
Abrigar bornes ou eletrônica	Caixa de derivação
Fixar e vedar a passagem de um cabo	Prensa-cabo

CAPÍTULO 03

Onde elas trabalham

Conexões de alta proteção aparecem onde o ambiente não perdoa. O catálogo da Techno e a apresentação técnica da empresa mostram aplicações como estas TECHNO:

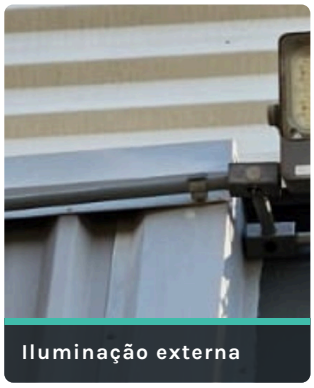
- **Alimentos e frigoríficos:** equipamentos lavados todos os dias com água quente e produtos de limpeza.
- **Saneamento:** telemetria de dutos de água e esgoto, sondas e bombas.
- **Papel e celulose:** umidade constante, calor e produtos químicos.
- **Iluminação pública e esportiva:** redes subterrâneas e caixas de passagem que alagam.
- **Máquinas e motores:** poeira, vibração e trocas frequentes.
- **Instrumentação de campo:** transmissores e sensores expostos ao tempo.
- **Infraestrutura:** túneis, portos e canteiros de obras.
- **Aplicações IoT:** sensores e eletrônica embarcada em área externa.

Em todos esses casos, o ponto comum é o mesmo: o ambiente ataca a conexão todos os dias, e o ensaio de laboratório dura pouco tempo.


Frigorífico


Rede subterrânea


Iluminação de solo


Iluminação externa

Fotos de aplicações reais. Fonte: apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 04

O que costuma dar errado

A maioria das falhas de conexão nasce de quatro causas.

1. Produto inadequado ao ambiente. Um conector para área interna instalado em área lavada. Um grau de proteção contra jatos usado em ponto que fica submerso.

2. Cabo e conector que não combinam. O prensa-cabo só veda dentro de uma faixa de diâmetro. Fora dela, a borracha não comprime o suficiente e a água entra.

3. Erro de montagem. Anel de vedação esquecido, aperto incorreto, conector meio encaixado. Quanto mais peças soltas, mais chance de erro.

4. Envelhecimento. Sol, ozônio, calor e produtos químicos ressecam borrachas e fragilizam plásticos comuns ao longo dos anos.

Os sintomas são conhecidos de qualquer equipe de manutenção:

- contatos oxidados e aquecimento;
- queda de tensão e leituras instáveis de sensores;
- disparo de proteções sem causa aparente;
- a falha intermitente, que some quando o técnico chega.

> **ATENÇÃO**
> A falha intermitente é a mais cara. Ela consome horas de diagnóstico, leva à troca de peças boas e desgasta a confiança na manutenção.

CAPÍTULO 05

Os agressores do ambiente

A Techno organiza a análise do ambiente em sete agentes TECHNO:

AGENTE	O QUE PROVOCA NA CONEXÃO
Umidade	Oxidação lenta dos contatos
Água	Curto, fuga de corrente, corrosão
Química	Ataque a plásticos e borrachas
Pressão	Força a água para dentro, em jato ou submersão
Calor	Envelhece vedações e isolantes
Variação de temperatura	Dilata e contrai, cria folgas
Condensação	Forma água por dentro, sem entrada visível

A eles se somam dois agentes mecânicos: **poeira**, que entra em frestas e contamina contatos, e **vibração e impacto**, que afrouxam ligações e podem trincar o corpo do conector.

A água que nasce por dentro

A condensação merece destaque porque engana. Um invólucro bem vedado aquece durante o trabalho e esfria na parada. Ao esfriar, o ar interno perde pressão e o conjunto passa a puxar ar úmido por qualquer microcaminho, inclusive por dentro do cabo, entre os fios do condutor.

Um exemplo de ordem de grandeza: ar que esfria de 60 °C para 20 °C perde cerca de 12% da pressão EXEMPLO DIDÁTICO, CALCULADO PELA LEI DOS GASES. É o suficiente para aspirar umidade a cada ciclo.

O resultado é água dentro de um conector que nunca foi molhado por fora.



A respiração térmica do invólucro. Ilustração esquemática.

CAPÍTULO 06

IP e IK sem mistério

O código IP

O grau de proteção IP é definido pela norma IEC 60529, adotada no Brasil como ABNT NBR IEC 60529 NORMA. São dois algarismos:

- o **primeiro** indica a proteção contra sólidos e poeira. O nível 6 significa totalmente protegido contra poeira;
- o **segundo** indica a proteção contra água.

MARCAÇÃO	PROTEGE CONTRA	ONDE FAZ SENTIDO
IP66	Poeira e jatos potentes de água	Áreas externas, lavagem com mangueira
IP67	Poeira e imersão temporária	Pontos sujeitos a alagamento rápido
IP68	Poeira e imersão contínua, em condições combinadas com o fabricante	Caixas subterrâneas, bombas, sondas
IP69	Poeira e jatos de alta pressão e alta temperatura	Higienização em alimentos e frigoríficos



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

Três cuidados evitam a maior parte dos enganos:

1. **Jato e imersão são ensaios diferentes.** Um produto IP68 não é automaticamente adequado para jatos. Por isso existem marcações duplas, como IP66/IP68.
2. **IP68 não é um valor único.** A profundidade e o tempo de imersão são definidos pelo fabricante. Peça esses dados.
3. **O grau vale para o conjunto montado.** Cabo dentro da faixa de diâmetro, conector totalmente acoplado, tampa no lugar.

> **IP69 OU IP69K?**
>
> O "K" vem da norma de veículos rodoviários ISO 20653. A IEC 60529 incorporou um ensaio equivalente como segundo dígito 9. No dia a dia, as duas formas indicam resistência a lavagem com alta pressão e alta temperatura.

O código IK

O IP não diz nada sobre pancadas. Para isso existe o código IK, da norma IEC 62262 NORMA, que classifica a energia de impacto que o invólucro suporta.

GRAU	ENERGIA DE IMPACTO
IK07	2 J
IK08	5 J
IK09	10 J
IK10	20 J

CAPÍTULO 07

Como escolher em três passos

A Techno propõe um método simples, em três etapas, para uma instalação correta e durável TECHNO.

Passo 1: analise o ambiente

Percorra os sete agentes da seção 5 e descreva a **pior condição real** do ponto, não a média. Um equipamento que passa o ano seco e é lavado com jato quente uma vez por semana precisa ser especificado para a lavagem.

Passo 2: escolha e harmonize o cabo

Cabo e conector são escolhidos juntos. Levante quatro dados:

- diâmetro externo do cabo;
- número de polos;
- seção de cada polo;
- especificação técnica do cabo, incluindo o material da capa.

Passo 3: elimine os pontos fracos

Desenhe a planta do circuito e conte todas as interrupções do cabo. Anote o tipo de cada uma (emenda reta, derivação em T, Y, H ou múltipla), as mudanças de bitola e as distâncias.

Menos interrupções, e interrupções melhores, significam um circuito mais confiável.

CAPÍTULO 08

O preço de errar

O preço de um conector é pequeno. O custo de uma falha pode ser grande. Comparar os dois muda a conversa de compra.

Veja um cálculo simples EXEMPLO DIDÁTICO, VALORES HIPOTÉTICOS:

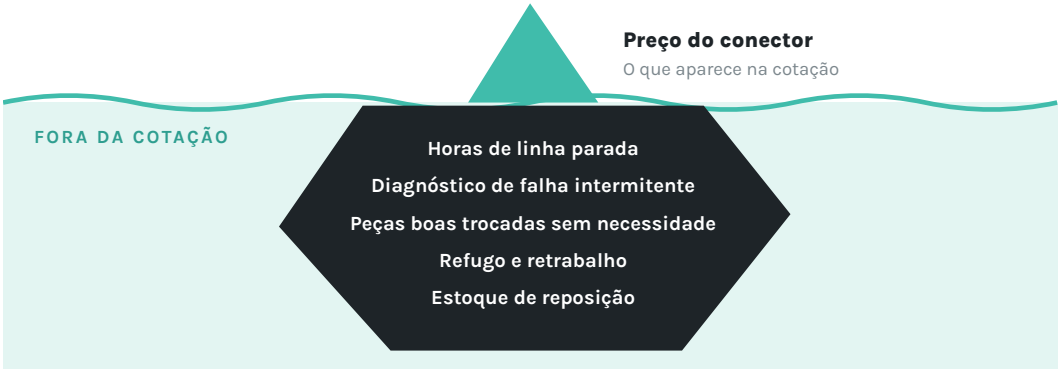
ITEM	VALOR
Custo da hora parada da linha	R$ 8.000
Duração da parada	3 horas
Custo da parada	**R$ 24.000**

A conexão que causou a parada custa uma fração mínima desse valor. E a conta ainda não inclui mão de obra de reparo, refugo, retrabalho e atraso de entrega.

Uma conexão inadequada pesa nos três fatores do OEE, o indicador de eficiência global dos equipamentos:

- **Disponibilidade:** paradas por falha elétrica.
- **Desempenho:** pequenas paradas e operação em ritmo reduzido.
- **Qualidade:** leituras instáveis de sensores e balanças, que geram refugo.

> **PERGUNTA ÚTIL PARA A PRÓXIMA COMPRA**
>
> Em vez de "quanto custa este conector?", pergunte "quanto este ponto de conexão vai custar nos próximos anos?".



CAPÍTULO 09

Confiabilidade e continuidade

As conexões de um circuito trabalham em série. Se uma falha, o circuito para. Por isso a confiabilidade do conjunto é o produto das confiabilidades individuais LITERATURA.

Um exemplo mostra o efeito EXEMPLO DIDÁTICO:

> Um circuito com 20 conexões, cada uma com 99% de chance de passar o ano sem falhar, tem cerca de 82% de chance de passar o ano inteiro sem parada. São quase 18% de chance de pelo menos uma falha.

Há duas alavancas para melhorar esse número:

1. **Reduzir o número de interrupções** no projeto do circuito.
2. **Elevar a confiabilidade de cada uma**, com produto adequado ao ambiente e montagem com menos chance de erro.

Para a manutenção, três características ajudam no dia a dia:

- **Conexão reinspecionável.** Emendas sem resina nem gel podem ser abertas, verificadas e fechadas de novo.
- **Plugue e soquete com trava.** A troca de um motor ou sensor fica mais rápida e sem risco de inverter ligações.
- **Padronização.** Poucas famílias de conector por função reduzem o estoque e simplificam o treinamento.



$0{,}99^{20} \approx 0{,}82$

20 conexões em série, cada uma com 99% de confiabilidade no ano. Basta um elo falhar para o circuito parar.

CAPÍTULO 10

A tecnologia da Techno

A Techno do Brasil, com sede em Curitiba, é a operação brasileira da fabricante italiana Techno Srl. Em 2026, a empresa completou 40 anos de atividade em injeção de plástico. Os produtos são projetados e fabricados na Itália TECHNO.

Três tecnologias resumem a proposta da marca.

Vedação co-moldada

Plástico e borracha são injetados juntos, formando uma peça única. Segundo a Techno, o resultado é uma instalação mais rápida, com poucos componentes, e menos erros de montagem, porque não há anel de vedação solto para esquecer ou posicionar errado.



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.

Conexão sem resina e sem gel

As emendas e caixas da marca vedam por projeto mecânico, sem encapsulamento. Por isso podem ser reabertas para inspeção e reaproveitadas.

xDRY®, a barreira anticondensação

É uma barreira posicionada entre o conector e o equipamento, descrita no catálogo como sistema patenteado. Ela bloqueia a passagem de umidade por dentro do cabo, o caminho que a vedação externa não fecha. O catálogo informa redução de 90% nas infiltrações de água, sem queda de tensão TECHNO.

As famílias de produto

FAMÍLIA	FUNÇÃO
TEETUBE®	Emendas em linha e derivações em T, Y e H
TEEPLUG®	Plugue e soquete desconectáveis
TEEBOX®	Caixas de derivação e distribuidores
TEEGLAND®	Prensa-cabos co-moldados
IoTH®	Plataforma para integrar eletrônica e sensores

Dados gerais informados no catálogo: desempenho elétrico de até 41 A e 690 V, proteção de até IP69 e resistência a impacto de até IK10, conforme a série TECHNO.



Caixa TEEBOX® com eletrônica embarcada e entradas desconectáveis. Foto: apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 11

Um caso real

Em uma quadra de futebol, as emendas da iluminação ficam em caixas de passagem enterradas, que enchem de água a cada chuva forte. A instalação usou a derivação em T modelo THB.402, com grau IP68 TECHNO.

Quatro anos depois, o instalador abriu o conector por conta própria e publicou o resultado:

> "Depois de 4 anos que instalei o conector impermeável da Techno do Brasil resolvi abrir para ver a eficiência e me surpreendi com o resultado: nenhum vestígio de água. Detalhe: essa caixa de passagem fica cheia de água em tempos de chuva."
>
> Relato do instalador, reproduzido na apresentação técnica da Techno

É um relato único, sem medição de laboratório. Ainda assim, mostra o que interessa na prática: a conexão continuou seca depois de anos em uma condição que o ensaio de tipo só simula por pouco tempo.



Dia da instalação



Quatro anos depois



Conector aberto: seco por dentro

Fonte: apresentação técnica Techno.

CAPÍTULO 12

Caixa de ferramentas: por onde começar

A escolha da conexão fica mais fácil de defender quando vem acompanhada de método. Seis ferramentas clássicas da engenharia de produção bastam para sair da opinião e chegar ao dado.

FERRAMENTA	PERGUNTA QUE RESPONDE	COMO USAR NAS CONEXÕES
Gemba	O que acontece de fato no ponto?	Ir até a máquina no dia de lavagem ou de chuva e observar
Pareto	Onde está a maior parte das falhas?	Separar as paradas elétricas por causa e por ponto
5 porquês	Por que a falha aconteceu?	Ir além de "entrou água" até a causa de projeto ou de instalação
Poka-yoke	Como impedir que o erro se repita?	Preferir vedação co-moldada, trava e chaves que impedem a montagem errada
OEE	Quanto a falha custa em eficiência?	Registrar a conexão como causa específica de parada
Custo da hora-máquina	Quanto vale uma hora parada?	Transformar horas de parada em reais para comparar com o preço do conector



VISÃO DO ENGENHEIRO

A conexão costuma virar assunto só depois de várias paradas pela mesma causa. A ferramenta mais barata é a primeira da tabela: ir ao ponto, olhar e fotografar. O restante do método depende do que se vê ali.

Prof. Vagner Soares, Manufatura Enxuta

PARA APROFUNDAR

- Série completa sobre conexões no portal Manufatura Enxuta: Techno do Brasil: tecnologia em conexões elétricas
- Diagrama de Pareto
- 5 porquês
- Poka-yoke
- OEE, com calculadora
- Custo da hora-máquina
- Site da Techno do Brasil: technodobrasil.com.br
- Linhas de produto: technodobrasil.com.br/produtos

CAPÍTULO 13

Checklist básico de especificação

Use esta lista antes de pedir cotação.

AMBIENTE

- ☐ O ponto recebe chuva, respingo, jato ou fica submerso?
- ☐ Há lavagem com alta pressão ou água quente?
- ☐ Quais produtos químicos entram em contato?
- ☐ Qual a temperatura mínima, a máxima e a variação diária?
- ☐ Há ciclo térmico com umidade, que favoreça condensação?
- ☐ Existe risco de impacto ou vibração?

ELÉTRICA

- ☐ Corrente e tensão do circuito.
- ☐ Número de polos, separando potência e sinal.
- ☐ Seção dos condutores em mm^2.

CABO

- ☐ Diâmetro externo medido, dentro da faixa do conector.
- ☐ Material da capa compatível com o ambiente.

FUNÇÃO

- ☐ Emenda, derivação, plugue e soquete, painel ou caixa?
- ☐ Com que frequência o ponto será desconectado?
- ☐ O ponto precisa ser reinspecionável?

CIRCUITO

- ☐ Todas as interrupções do cabo foram contadas?
- ☐ Alguma pode ser eliminada no projeto?

Conclusão

A conexão elétrica é pequena, barata e fácil de esquecer. Ela também é o ponto por onde a água entra, onde a vibração trabalha e onde a falha intermitente se esconde.

Tratar a escolha da conexão como decisão técnica, e não como item de lista de compras, protege o que realmente custa caro: o tempo de produção.

Três ideias para levar deste guia:

1. Especifique para a pior condição real do ambiente.
2. Escolha cabo e conector juntos.
3. Conte as interrupções do circuito e elimine as que puder.

QUER IR ALÉM?

O e-book completo, "Conexões Elétricas Industriais: engenharia, confiabilidade e eficiência na indústria", aprofunda cada um desses temas, com critérios de dimensionamento, rotinas de manutenção, cálculo de custo total e aplicações em ambientes 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 nasceu como fabricante de artigos técnicos de plástico e se especializou em conexões elétricas de alta proteção contra água e poeira. O catálogo geral registra 20 patentes, 12 marcas, cerca de 3.000 códigos de produto e presença em 80 países, com produção certificada como "Made in Italy" TECHNO.

No Brasil, a empresa atua a partir de Curitiba, com suporte técnico para especificação, produtos pré-cabeados e soluções sob medida.

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

Referências

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

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.

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

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.

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

TECHNO. **Aplicações complicadas e hostis**. Apresentação técnica de Mario Adinolfi, Diretor. Marechal Cândido Rondon: Mundo SENAI, 6 nov. 2026.

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.

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