



# Ganho de produtividade, qualidade e segurança nas conexões e desconexões de equipamentos e arranjos nas redes de média tensão utilizando grampo de linha viva de fecho rápido

**Tema:** Redes de Distribuição

**Autores:** VICTOR CESAR COSTA;

**Co-Autores:** ALESSANDRO MENDES; SAMUEL FERRO;

**Empresa:** Enel Distribuição São Paulo

---

## Resumo

O projeto “Ganho de produtividade, qualidade e segurança nas conexões e desconexões de equipamentos e arranjos nas redes de média tensão utilizando grampo de linha viva de fecho rápido”, foi realizado pela ENEL SP e parceiro INCESA fabricante de conexões.

O projeto abrangeu derivações de redes primárias e transformadores de energia, onde permitiu maior agilidade durante a instalação e operações, tendo em vista a redução do tempo de instalação utilizando a tecnologia “fecho rápido”, assegurando a correta conexão. Além disso, por possuir o guia de orientação do condutor e um sistema de compressão por molas no lado principal, mitiga as falhas de operação, uma vez que a ação de compressão é realizada pelo próprio equipamento, garantindo assim a eficiência do produto, ao invés de um aperto por conta do operador, o que não garante o torque necessário, permitindo a uniformidade dos apertos de contato, melhorando consideravelmente a qualidade da conexão e segurança da operação, mitigando as falhas causadas pelas vibrações e outros intempéries.

A análise por meio de um modelo matemático revelou um ganho significativo de mais de 90% em comparação com o modelo convencional, destacando a eficácia do produto nas operações e contribuindo diretamente para o aumento da produtividade.

Durante o período de março/2023 até a presente data, foram realizadas inspeções visuais e termográficas onde foram constatadas o funcionamento adequado dentro dos padrões de qualidade das conexões previstos para esse tipo de conector. Além disso, foram realizadas simulações reais de curto-circuito em condutores ao solo em redes experimentais, verificando que não houve danos no conector e no condutor, sendo considerado satisfatório na simulação em questão.

O projeto apresentou benefícios adicionais, como a proteção da concentração de sais e outros resíduos que se acumulam nos filetes de roscas nos grampos convencionais dificultando a desconexão da parte principal e derivação, melhorias na ergonomia no momento da operação e segurança dos eletricitas, além da prevenção de ocorrências de pontos quentes por relaxamento na conexão.

Esses resultados reforçam a efetividade do projeto como estratégia, para aumento da produtividade, mitigação das falhas de operação, além aprimorar a confiabilidade da conexão na rede primária e garantir um fornecimento seguro e eficiente de energia. Destaca-se como um exemplo bem-sucedido de melhoria nas redes de média tensão, contribuindo para a resiliência da rede e excelência do serviço elétrico nas distribuidoras de energia elétrica.

## 1. Introdução

Em um cenário de aumento contínuo da demanda por eletricidade e crescimento da geração distribuída, a qualidade e eficácia dos conectores tornam-se ainda mais cruciais para a operação sustentável e eficiente das redes de distribuição (MME, 2021).

No entanto, diversos desafios são enfrentados no contexto dos conectores elétricos. Isso inclui a necessidade de garantir uma conexão segura e confiável, além de minimizar perdas de energia e se adaptar às novas tecnologias e demandas do mercado (CIGRE Brasil, 2019).

As falhas nas redes de distribuição acarretam interrupções de grandes proporções no fornecimento de energia, consequentemente afetando diretamente os indicadores técnicos da distribuidora, como DEC (Duração Equivalente por Consumidor) e FEC (Frequência Equivalente por Consumidor). Diante disso é fundamental a busca de soluções com novas tecnologias que visem mitigar essas ocorrências, reduzindo a necessidade de interferência e manutenções corretivas na rede elétrica, diminuindo o tempo de operação, melhorando a qualidade e segurança.

A utilização de equipamentos mais eficientes nas redes elétricas de distribuição é crucial por várias razões, como: redução do tempo de interrupção, agilidade no atendimento e satisfação do cliente e esses aspectos impactam diretamente na confiabilidade, na qualidade e segurança do serviço com eficiência operacional. Com uma extensa rede de distribuição de energia elétrica que abrange vastas áreas geográficas e atende a uma diversidade de demandas de consumidores residenciais, comerciais e industriais (ANEEL, 2020), os conectores elétricos desempenham um papel vital na conexão condutores e equipamentos, possibilitando a transferência eficiente de energia ao longo da rede.

As redes de Média Tensão têm um papel essencial para o transporte de energia elétrica até o consumidor final, interligando as subestações de energia até os transformadores abaixadores de tensão (Baixa Tensão). A rede MT é composta por condutores de alumínio ou cobre e equipamentos, como: transformadores, religadores, chaves seccionadoras, bancos de capacitores, reguladores de tensão, chaves fusíveis e outros. Nesse contexto, o ganho de produtividade, qualidade e segurança nas conexões e desconexões de equipamentos e arranjos nas redes de média tensão utilizando o “grampo de linha viva de fecho rápido” tem se mostrado eficaz.



Figura 1 - Instalação novo conector GLV média tensão



Figura 2 - Instalação de 3 conectores GLV média tensão

## 2. Desenvolvimento

### OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar e demonstrar a eficácia do projeto utilizando uma nova tecnologia de conexões, Grampos de Linha Viva com Fecho Rápido em redes de média tensão, visando aprimorar a produtividade. A pesquisa enfoca a análise da performance dessa tecnologia em termos de agilidade e aumento da eficiência das equipes de manutenção, comparando-a com os modelos convencionais.

### DESENVOLVIMENTO

A Enel Distribuição São Paulo instalou os grampos de linha viva de fecho rápido, em redes de média tensão para avaliação em piloto em março/2023, para a definição dos locais de instalação foram utilizados como critérios: ramais e equipamentos que necessitam manobras periódicas, quantidade de unidades consumidoras e demanda. Essa abordagem permitiu evidenciar o funcionamento do grampo de linha viva fecho rápido.

O projeto abrangeu derivações de redes primárias e transformadores de energia, conforme evidenciado nas imagens abaixo:



Figura 3 - Instalação dos grampos de linha viva fecho rápido.

## MAPEAMENTO E INSTALAÇÕES

No projeto realizado na Enel Distribuição São Paulo os primeiros grampos de linha viva fecho rápido (GLV 40XFR) desenvolvidos foram instalados em duas obras distintas, com características e empresas contratadas diferentes.

A primeira obra foi realizada no bairro Pompéia em São Paulo, sendo instaladas 6 peças nas ETs 6889871 e 99568. Já a segunda obra foi realizada na cidade de Diadema, foram instaladas 9 peças na ET 228182, BF 35982 e derivação para BF 35982. Nas imagens abaixo, podemos verificar nos croquis das obras os pontos de instalação dos GLV 40XFR.

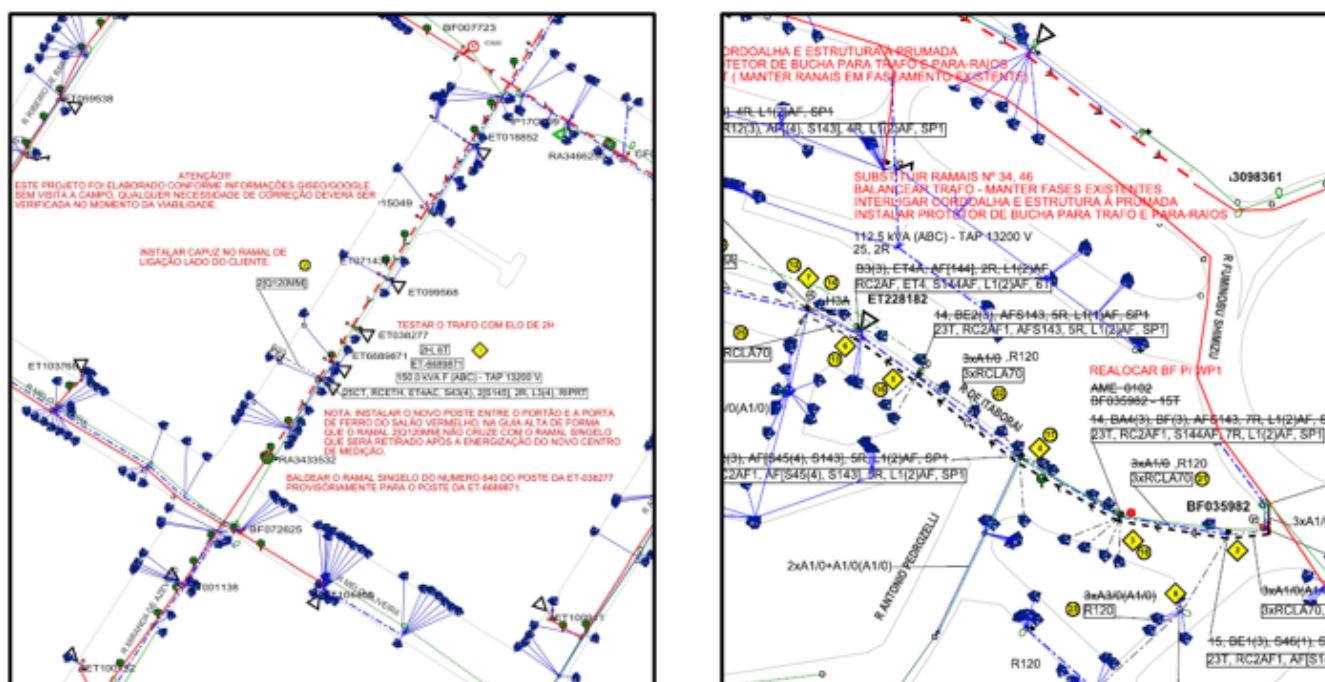


Figura 4 - Croquis obras programadas Pompéia e Diadema – São Paulo - SP

## VERIFICAÇÕES DA QUALIDADE DAS CONEXÕES REALIZADAS



Os resultados obtidos estão alinhados com as expectativas estabelecidas. Durante a apresentação e instalação do produto, foi observada uma excelente receptividade dos operadores, com uma compreensão fácil das características e práticas de utilização do conector, não foram verificadas dificuldades operacionais e a conexão ocorreu sem contratempos.

Para verificar a qualidade da conexão elétrica foram realizadas medições termográficas pela equipe Enel em duas etapas, sendo a primeira um mês após a instalação das peças e a segunda etapa após um ano da primeira inspeção, sendo possível evidenciar que as conexões realizadas com o grampo de linha viva fecho rápido não apresentam sinais de aquecimento, mantendo a qualidade em função do tempo da conexão.



Figura 5 - Teste termográfico (Abril/2023)

Com o objetivo de verificar o desempenho dos conectores, um novo processo de termovisão foi realizado um ano após a instalação dos mesmos, sendo satisfatórios os resultados, uma vez que não foram verificados pontos de aquecimento nos conectores.



Figura 6 - Teste termográfico (Abril/2024)

O experimento foi conduzido em condições extremas pela Enel SP, no Centro de Treinamento e Testes localizado em Guarapiranga/SP. O ensaio consistiu em uma simulação de queda de cabo com curto-circuito entre fase e terra. Para isso, foi instalado um grampo de linha viva de fecho rápido em uma rede de média tensão, conectando o cabo de derivação diretamente ao solo. Em seguida, a rede foi energizada intencionalmente para induzir o curto-circuito. Após o desligamento automático do circuito, o conjunto foi inspecionado detalhadamente, não apresentando sinais de deformações estruturais ou danos causados por descargas atribuídas a mau contato.



Figura 7 - Simulação curto-circuito

Os Ensaios laboratoriais também evidenciam o comportamento adequado do conector em casos de usos extremos, como verificado na figura abaixo:

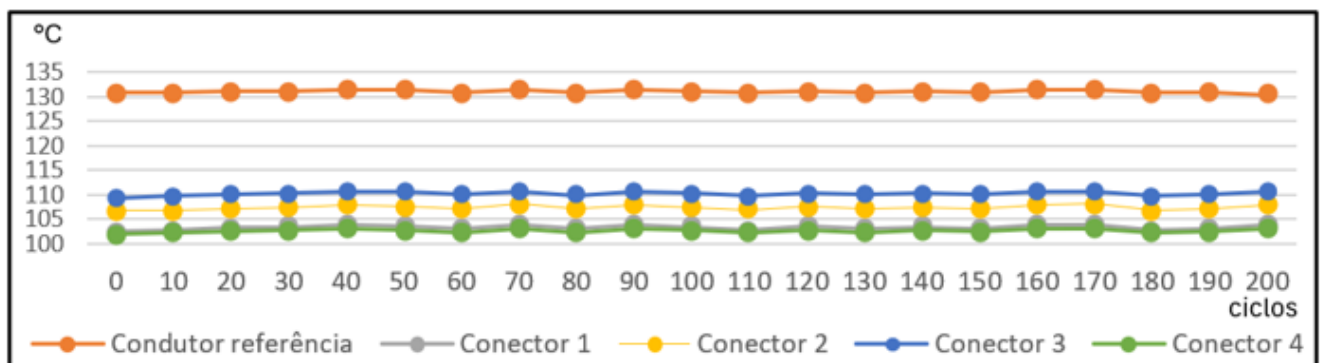


Figura 8 - Ensaio de ciclo térmico com curto-circuito

## CÁLCULOS PARA EVIDENCIAR A EFICIÊNCIA DA INSTALAÇÃO

Resumo dos Cálculos Realizados:

Cálculo do Tempo Gasto:

Velho Conector:

Tempo médio de aplicação: 180 segundos, com variações simuladas (desvio padrão de 5 segundos)

Novo Conector:

Tempo médio de aplicação: 15 segundos, com variações simuladas (desvio padrão de 2 segundos).

Cálculo do Ganho de Tempo:

Fórmula aplicada a cada registro:

$$\text{Ganho de Tempo (\%)} = \frac{\text{Tempo Velho} - \text{Tempo Novo}}{\text{Tempo Velho}} \times 100$$

Representa a economia percentual no tempo de instalação ao utilizar o novo conector

Cálculo do Número de Voltas:

Velho Conector:

Necessita 24 voltas (12 para abrir + 12 para fechar)

Novo Conector:

Necessita apenas 0.25 volta (1/4 de volta)

Cálculo do Ganho de Voltas:

Fórmula aplicada a cada registro:

$$\text{Ganho de Voltas (\%)} = \frac{\text{Voltas Velho} - \text{Voltas Novo}}{\text{Voltas Velho}} \times 100$$

Representa a redução percentual no esforço de instalação devido à menor quantidade de voltas.

A tabela a seguir apresenta um cenário com a atividade de conexão e desconexão sendo realizadas 100 vezes, a fim de se obter uma maior amostra para o estudo do conector.

Operações realizadas	Voltas conector antigo	Tempo operação conector antigo (segundos)	Voltas conector novo	Tempo operação conector novo (segundos)	Ganho tempo	Ganho voltas
1	12	168,73	0,25	11,53	93,17%	97,92%
2	12	182,5	0,25	18,69	89,76%	97,92%
3	12	187,72	0,25	14,48	92,29%	97,92%
4	12	176,82	0,25	15,43	91,27%	97,92%
5	12	176,83	0,25	15,57	91,19%	97,92%
6	12	172,85	0,25	15,68	90,93%	97,92%
7	12	180,89	0,25	14,67	91,89%	97,92%
8	12	176,39	0,25	14,57	91,74%	97,92%
9	12	177,46	0,25	19,03	89,28%	97,92%
10	12	183,85	0,25	13,03	92,91%	97,92%
11	12	177,45	0,25	14,76	91,68%	97,92%
12	12	181,43	0,25	12,91	92,88%	97,92%
13	12	176,29	0,25	15,25	91,35%	97,92%
14	12	183,68	0,25	14,26	92,24%	97,92%
15	12	179,87	0,25	14,88	91,73%	97,92%
16	12	189,3	0,25	16,58	91,24%	97,92%
17	12	186,58	0,25	14,58	92,19%	97,92%
18	12	171,94	0,25	15,86	90,78%	97,92%
19	12	175,92	0,25	13,04	92,59%	97,92%
20	12	178,47	0,25	15,6	91,26%	97,92%
21	12	187,32	0,25	13,93	92,56%	97,92%
22	12	170,08	0,25	15,34	90,98%	97,92%
23	12	178,39	0,25	13,62	92,37%	97,92%
24	12	183,16	0,25	13,87	92,43%	97,92%
25	12	186,75	0,25	14,85	92,05%	97,92%
26	12	182,43	0,25	11,13	93,90%	97,92%
27	12	173,78	0,25	15,22	91,24%	97,92%
28	12	181,18	0,25	15,17	91,63%	97,92%
29	12	178,36	0,25	14,7	91,76%	97,92%
30	12	172,53	0,25	14,24	91,75%	97,92%
31	12	179,96	0,25	16,4	90,89%	97,92%
32	12	183,04	0,25	15,9	91,31%	97,92%
33	12	184,52	0,25	18,47	89,99%	97,92%
34	12	179,41	0,25	14,72	91,80%	97,92%
35	12	179,94	0,25	13,79	92,34%	97,92%
36	12	181,59	0,25	15,79	91,30%	97,92%
37	12	188,39	0,25	13,66	92,75%	97,92%
38	12	170,13	0,25	14,19	91,66%	97,92%
39	12	181,97	0,25	19,21	89,44%	97,92%
40	12	172,34	0,25	15,58	90,96%	97,92%



Tabela 1 - Dados de ganho para tempo e voltas comparativo entre conectores - Dados de 1 a 40

Operações realizadas	Voltas conector antigo	Tempo operação conector antigo (segundos)	Voltas conector novo	Tempo operação conector novo (segundos)	Ganho tempo	Ganho voltas
41	12	174,41	0,25	12,76	92,68%	97,92%
42	12	175,64	0,25	16,32	90,71%	97,92%
43	12	174,15	0,25	13,17	92,44%	97,92%
44	12	178,96	0,25	12,83	92,83%	97,92%
45	12	181,29	0,25	16,01	91,17%	97,92%
46	12	174,53	0,25	15,59	91,07%	97,92%
47	12	185,1	0,25	20,47	88,94%	97,92%
48	12	182,98	0,25	8,96	95,10%	97,92%
49	12	182,78	0,25	18,19	90,05%	97,92%
50	12	182,14	0,25	10,72	94,11%	97,92%
51	12	180,01	0,25	15,58	91,34%	97,92%
52	12	178,4	0,25	13,11	92,65%	97,92%
53	12	175,55	0,25	17,76	89,88%	97,92%
54	12	188,13	0,25	15,59	91,71%	97,92%
55	12	183,32	0,25	14,54	92,07%	97,92%
56	12	183,56	0,25	16,29	91,13%	97,92%
57	12	186,44	0,25	15,59	91,64%	97,92%
58	12	187,35	0,25	17,56	90,63%	97,92%
59	12	178,47	0,25	12,11	93,21%	97,92%
60	12	172,92	0,25	15,77	90,88%	97,92%
61	12	177,16	0,25	12,79	92,78%	97,92%
62	12	176,66	0,25	15,08	91,46%	97,92%
63	12	181,29	0,25	14,69	91,90%	97,92%
64	12	171,74	0,25	17,46	89,83%	97,92%
65	12	184,07	0,25	13,75	92,53%	97,92%
66	12	168,34	0,25	17,94	89,34%	97,92%
67	12	185,84	0,25	16,88	90,92%	97,92%
68	12	177,34	0,25	13,34	92,48%	97,92%
69	12	179,57	0,25	14,71	91,81%	97,92%
70	12	188,42	0,25	13,15	93,02%	97,92%
71	12	179,38	0,25	15,92	91,12%	97,92%
72	12	177,75	0,25	12,02	93,24%	97,92%
73	12	183,17	0,25	15,83	91,36%	97,92%
74	12	177,14	0,25	15,02	91,52%	97,92%
75	12	178,14	0,25	16	91,02%	97,92%
76	12	182,24	0,25	11,72	93,57%	97,92%
77	12	174,57	0,25	14,58	91,65%	97,92%
78	12	176,24	0,25	12,01	93,19%	97,92%
79	12	169,8	0,25	13,79	91,88%	97,92%
80	12	173,02	0,25	15,04	91,31%	97,92%

Tabela 2 - Dados de ganho para tempo e voltas comparativo entre conectores - Dados de 41 a 80

Operações realizadas	Voltas conector antigo	Tempo operação conector antigo (segundos)	Voltas conector novo	Tempo operação conector novo (segundos)	Ganho tempo	Ganho voltas
81	12	179,58	0,25	16,52	90,80%	97,92%
82	12	169,04	0,25	17,35	89,74%	97,92%
83	12	181,42	0,25	17,09	90,58%	97,92%
84	12	180,53	0,25	12,13	93,28%	97,92%
85	12	183,17	0,25	16,19	91,16%	97,92%
86	12	175,16	0,25	16,09	90,81%	97,92%
87	12	182,71	0,25	14,64	91,99%	97,92%
88	12	170,1	0,25	14,87	91,26%	97,92%
89	12	180,79	0,25	14,7	91,87%	97,92%
90	12	189,85	0,25	13,27	93,01%	97,92%
91	12	178,53	0,25	12,82	92,82%	97,92%
92	12	183,41	0,25	13,09	92,86%	97,92%
93	12	180,97	0,25	14,82	91,81%	97,92%
94	12	187	0,25	17,5	90,64%	97,92%
95	12	185,86	0,25	13,26	92,87%	97,92%
96	12	184,11	0,25	12,13	93,41%	97,92%
97	12	186,59	0,25	14,56	92,20%	97,92%
98	12	182,86	0,25	15,62	91,46%	97,92%
99	12	182,41	0,25	16,27	91,08%	97,92%
100	12	172,05	0,25	13,67	92,05%	97,92%

Tabela 3 - Dados de ganho para tempo e voltas comparativo entre conectores - Dados de 81 a 100

Ganhos Observados:

Tempo: O novo conector oferece, em média, uma economia de cerca de 91.7% no tempo de instalação.

Voltas: O novo conector reduz a necessidade de esforço em cerca de 98.96%.

O gráfico apresenta os ganhos por segmento, a fim de ilustrar a eficiência do novo conector, tanto em relação ao esforço físico para aplicação na rede, quando ao tempo de operação.

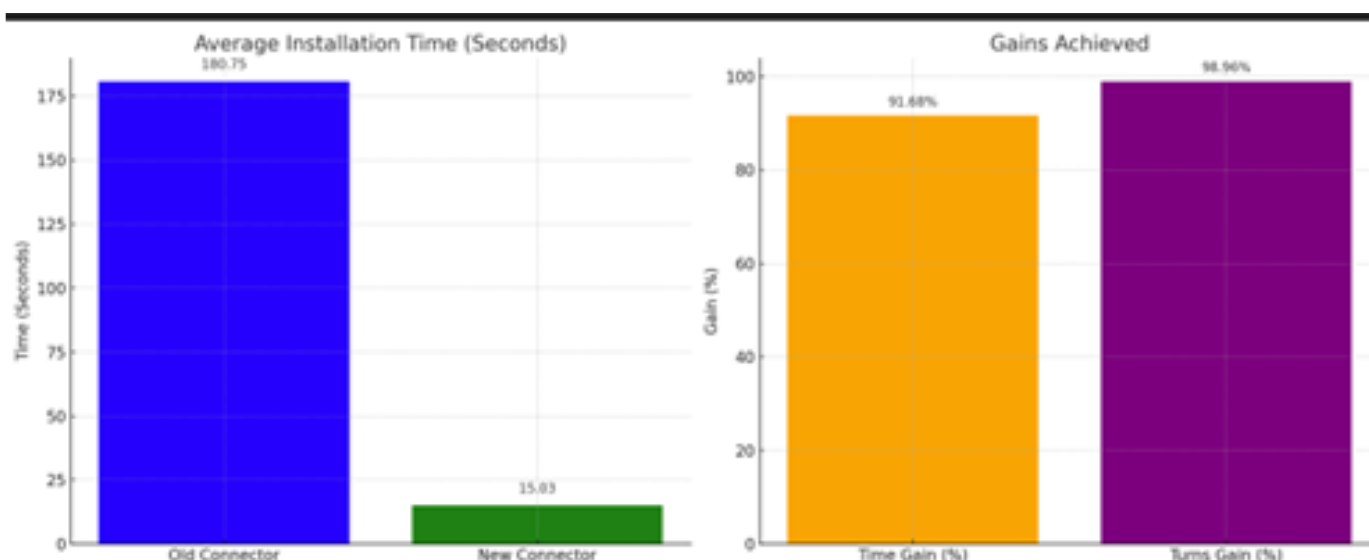


Gráfico 1 – Ganhos por tempo de aplicação e voltas aplicadas

### 3. Conclusão

O novo conector desenvolvido representa uma inovação significativa no campo da instalação de componentes elétricos em redes de distribuição. Os dados obtidos na simulação comparativa entre o conector tradicional e o novo dispositivo demonstram ganhos expressivos em termos de tempo de aplicação e redução no esforço de instalação, com impactos diretos na eficiência operacional das concessionárias de energia.

#### Eficiência no Tempo de Instalação

O novo conector reduz o tempo médio de instalação de 180 segundos para apenas 15 segundos, resultando em um ganho de aproximadamente 91,7% na eficiência temporal. Essa redução tem implicações práticas significativas em operações de campo, particularmente em atividades que demandam múltiplas intervenções consecutivas, como manutenção preventiva ou emergencial.

Para as concessionárias, isso se traduz em:

- **Menor tempo de interrupção no fornecimento de energia:** A agilidade na instalação reduz o período de desenergização da rede, minimizando impactos negativos para os consumidores.
- **Aumento da produtividade das equipes técnicas:** Com menos tempo gasto por intervenção, é possível atender um maior número de demandas dentro do mesmo período operacional.
- **Maior segurança operacional:** A redução do tempo de exposição dos técnicos a ambientes de risco contribui para a diminuição de acidentes.

#### Redução no Esforço de Instalação

O design do novo conector, que requer apenas 1/4 de volta para fixação, representa um ganho de 98,96% em relação ao modelo tradicional que exige 24 voltas (12 para abertura e 12 para fechamento). Essa simplificação no mecanismo de fecho elimina a necessidade de movimentos repetitivos e reduz o desgaste físico dos técnicos.

Consequentemente, os benefícios incluem:

-

**Menor fadiga dos profissionais:** A ergonomia aprimorada resulta em menos esforço muscular e maior bem-estar.

- **Redução de erros operacionais:** O mecanismo simplificado diminui as chances de instalações inadequadas devido a sub ou sobre-aperto.

**Aumento da durabilidade dos componentes:** O controle mais preciso na fixação reduz tensões mecânicas excessivas no conector e nos cabos.

### **Impactos Financeiros e Ambientais**

A implantação em larga escala desse novo conector pode trazer ganhos financeiros substanciais para as concessionárias. O menor tempo de trabalho por instalação resulta em redução de custos operacionais, enquanto a ergonomia aprimorada pode diminuir despesas relacionadas a afastamentos por lesões ocupacionais. Além disso, a eficácia do novo conector contribui para a preservação dos ativos da rede, reduzindo a necessidade de manutenções corretivas.

No âmbito ambiental, o ganho de eficiência operacional implica em menos deslocamentos e menor consumo de combustíveis pelas equipes de manutenção, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade do setor.

### **Recomendação Final**

Com base nos resultados apresentados, o novo conector demonstra potencial para se tornar uma solução padrão em redes de distribuição elétrica, promovendo avanços significativos em produtividade, segurança e redução de custos. A adoção dessa tecnologia representa um passo estratégico para as concessionárias que buscam otimizar suas operações e atender às crescentes demandas por eficiência e sustentabilidade no setor energético.

## **4. Referências bibliográficas**

Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47, 1287–1294.

Correia, Eduardo Takamine; Calili, Rodrigo Flora; Pessanha, José Francisco Moreira. Seleção automática de modelos para dados em painel: uma aplicação para definição das metas de perdas não técnicas das distribuidoras brasileiras. PUC 2021.

IBGE. (2021). Aglomerados Subnormais. Acesso em 07 de 12 de 2021, disponível em [ibge.gov.br: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=o-que-e](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=o-que-e)

Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1251-1271.

Incesa indústria de componentes elétricos Ltda, Manual de manuseio, transporte, armazenamento e aplicação dos conectores grampos de linha viva M-650621, Revisão 02, 2024.