



# A experiência da Cemig com linhas aéreas de alta tensão em condições de risco para terceiros: análises e reflexões sobre as práticas adotadas

**Tema:** Linhas de Distribuição até 138 Kv aéreas e subterrâneas

**Autores:** GIOVANI EDUARDO BRAGA

**Co-Autores:** -

**Empresa:** CEMIG Distribuição S.A

---

## Resumo

As linhas de distribuição de alta tensão (AT), redes de média tensão/baixa tensão (MT/BT) e linhas de transmissão de extra alta tensão (EAT) são consideradas pelos estudiosos de segurança como “plantas abertas”. Praticamente todas as concessionárias de transmissão, e sobretudo de distribuição, convivem hoje com o problema do risco com terceiros, seja por invasão das faixas de segurança/servidão e principalmente as torres, ou mesmo as linhas consideradas urbanas ou semiurbanas. Os riscos podem ser elétricos, decorrentes da operação das linhas, incluindo eventos elétricos climáticos (descargas atmosféricas), e mecânicos/estruturais uma vez que há dezenas ou centenas de toneladas de materiais (estruturas, cabos etc.), ao longo de dezenas ou centenas de quilômetros. Portanto, os acidentes com terceiros podem ser o choque elétrico, eventualmente o arco elétrico, impacto, corte e esmagamento. Sendo assim, é prudente, conveniente e até obrigatório, dentro das práticas de ESG, respeito a vida humana e impactos jurídicos, mitigar ou mesmo eliminar estes riscos usando as melhores técnicas de engenharia e boas práticas de convivência. Este trabalho visa refletir e explorar estas técnicas, probabilidades, riscos e o impacto disso para as concessões de distribuição, mostrando a experiência da Cemig, os critérios adotados e uma análise profunda sobre o tema.

Este trabalho mostra a experiência da Cemig com os critérios técnicos para mitigação de risco de acidentes para terceiros em relação às linhas aéreas de distribuição de alta tensão e extra alta tensão (AT e EAT), mostrando alguns casos e fazendo uma análise técnica da lógica de operação, manutenção e construção das ações tomadas pela Cemig Distribuição. São apresentados os padrões e critérios adotados pela Cemig, alguns casos e uma análise de custo-benefício das técnicas adotadas, principalmente comparando com os riscos imensamente maiores das redes aéreas de média tensão e baixa tensão (MT/BT).

## 1. Introdução

Em geral, as ações mitigatórias, como o próprio nome diz, são adotadas para mitigar os riscos de acidentes das linhas aéreas com terceiros, uma vez que no caso das linhas aéreas de distribuição de alta tensão não é possível eliminar os riscos. Os riscos são os elétricos (choque, arco elétrico etc.) e os riscos mecânicos (impactos, esmagamentos etc.), uma vez que os cabos não são isolados, são instalados há uma determinada altura para considerar o ar como meio isolante das partes aterradas ou mesmo entre fases, e com necessidade de estruturas para garantir este isolamento elétrico pelo ar. Portanto, é necessário

garantir que este arranjo físico tenha o mínimo de risco para a vida humana, além de outros riscos, como os ambientais, por exemplo. Em geral, as adequações são feitas quando a linha já está instalada e por algum motivo a sociedade necessita se aproximar ou “interferir” com a linha aérea de alta tensão. A Cemig Distribuição, normalmente, não constrói novas linhas aéreas de alta tensão urbanas, como acontece com outras distribuidoras no país, a não ser em alguns casos específicos como recapacitações por exemplo, uma vez que não faz parte de seus padrões. Normalmente a Cemig Distribuição adota linhas subterrâneas nestas situações. Diante disso, será descrito os critérios adotados pela Cemig para garantir esta segurança, critérios estes padronizados há décadas, e fazer uma análise e reflexão sobre eles.

## **2. Desenvolvimento**

### **2.1 CRITÉRIO OPERATIVO: LINHAS DE RELIGAMENTO ESPECIAL (RE)**

Linhas aéreas de religamento especial são aquelas linhas aéreas cujo religamento sob certas condições de falta (condutor rompido e caído no solo, queda de estruturas etc.) representa risco para terceiros ou suas propriedades.

#### **2.1.1 - DIRETRIZES GERAIS**

- a) O cálculo para classificação de LT(Linha de Transmissão) com religamento especial deverá ser revisado pelo menos 01 (uma) vez ao ano ou quando houver alguma modificação expressiva na LT ou na sua faixa.
- b) Caso a LT tenha algum ponto com altura cabo-obstáculo comprometida segundo ABNT NBR 5422 (ABNT, 2024, P. 25-34) que permita o acesso ao condutor energizado por terceiros, ela será considerada de LT de RE.
- c) A LT deverá ser considerada de religamento especial, quando o Potencial de Risco (R), definido no item 4.1.3 (CEMIG, 2012), for igual ou maior que 15%.
- d) Condições para realização de testes em linha de religamento especial.

##### **d.1) Realização do primeiro teste após desarme dos dois terminais:**

Nas ocorrências de desarme de linhas de religamento especial, um único teste de energização poderá ser realizado em até 03 (três) minutos. Não sendo possível realizar o teste em até 03 (três) minutos, somente poderá ser realizado o primeiro teste nas seguintes situações:

- após indicação pelo SAPNET/Localizador de faltas, de que a falta está fora do trecho de risco;
- após a inspeção do trecho que o SAPNET/localizador de faltas indicar como o da provável localização de falta, caso ela esteja na área de risco;
- ou após inspeção de todos os vãos que possuem invasão de faixa, quando não houver a funcionalidade de indicação de faltas do SAPNET/localizador de faltas implementada.

##### **d.2) Realização do teste após desarme de apenas um terminal:**

Nas ocorrências de desarme de LT de religamento especial, sempre que a linha permanecer com tensão por um dos terminais, o outro terminal só poderá ser fechado em até 03 (três) minutos. Não sendo possível fechar em até 03 (três) minutos, a linha deverá ser desenergizada (abertura do outro terminal), ainda que haja derivações para consumidores. Novos testes somente poderão ser realizados nas seguintes situações:

- após indicação pelo SAPNET/localizador de faltas de que a falta está fora do trecho de risco;
- após a inspeção do trecho que o SAPNET/localizador de faltas indicar como o da provável localização de falta, caso ela esteja na área de risco;
- ou após inspeção de todos os vãos que possuem invasão de faixa, quando não houver a funcionalidade de indicação de faltas do SAPNET/localizador de faltas implementada.

e) Quando ocorrer desarme de uma linha de transmissão com religamento especial, sendo o primeiro teste não satisfatório, a Zona de Risco dentro da faixa de localização indicada pelo SAPNET/localizador de faltas deverá ser inspecionada; ou, na ausência dessa funcionalidade, toda a Zona de Risco deverá ser inspecionada, antes que se façam os testes de energização da linha.

A Zona de Risco são todos os vãos que possuem ocupação de faixa (conforme item 4.2.7 em CEMIG, 2012) que contribuíram para o cálculo do grau risco. Abaixo na Figura 1, há um desenho ilustrativo do critério.



Figura 1 – Ilustração didática do critério de religamento especial de linhas

f) As linhas que possuem cabo 2 AWG e que possuem trechos com invasão de faixa serão consideradas como de RE. Entretanto, poderão sair desta classificação se os vãos invadidos ou ocupados tiverem seus cabos substituídos por cabos com bitolas iguais ou superiores a 1/0 AWG.

g) Caso os vãos invadidos estejam sendo monitorados em tempo real através de tecnologia específica, a qual indique rompimento de cabo ou queda de estrutura, e que seja capaz de bloquear o religamento da linha, essa linha não será considerada de religamento especial.

Observa-se que neste critério, diferente do que acontece com as redes de média tensão, existe uma eficiência muito maior das proteções das linhas em comparações com as redes, até porque as linhas de alta tensão, em geral, não possuem derivações. Outra observação é o automatismo e tele controle que é bem maior e mais confiável que nas redes, mesmo nas linhas onde há dificuldades tecnológicas inerentes, como as linhas com proteções eletromecânicas. Isso faz com que seja possível implementar o RE, uma vez que a localização das faltas pode acontecer em tempo real. Outra informação que é importante, este critério é o mesmo adotado nas linhas distribuições de alta tensão (138, 69 e algumas de 34,5kV) e nas linhas de transmissão da rede básica (igual e acima de 230kV). Apesar da importância das linhas de transmissão da rede básica para o sistema elétrico, a Cemig entende que os riscos são os mesmos.

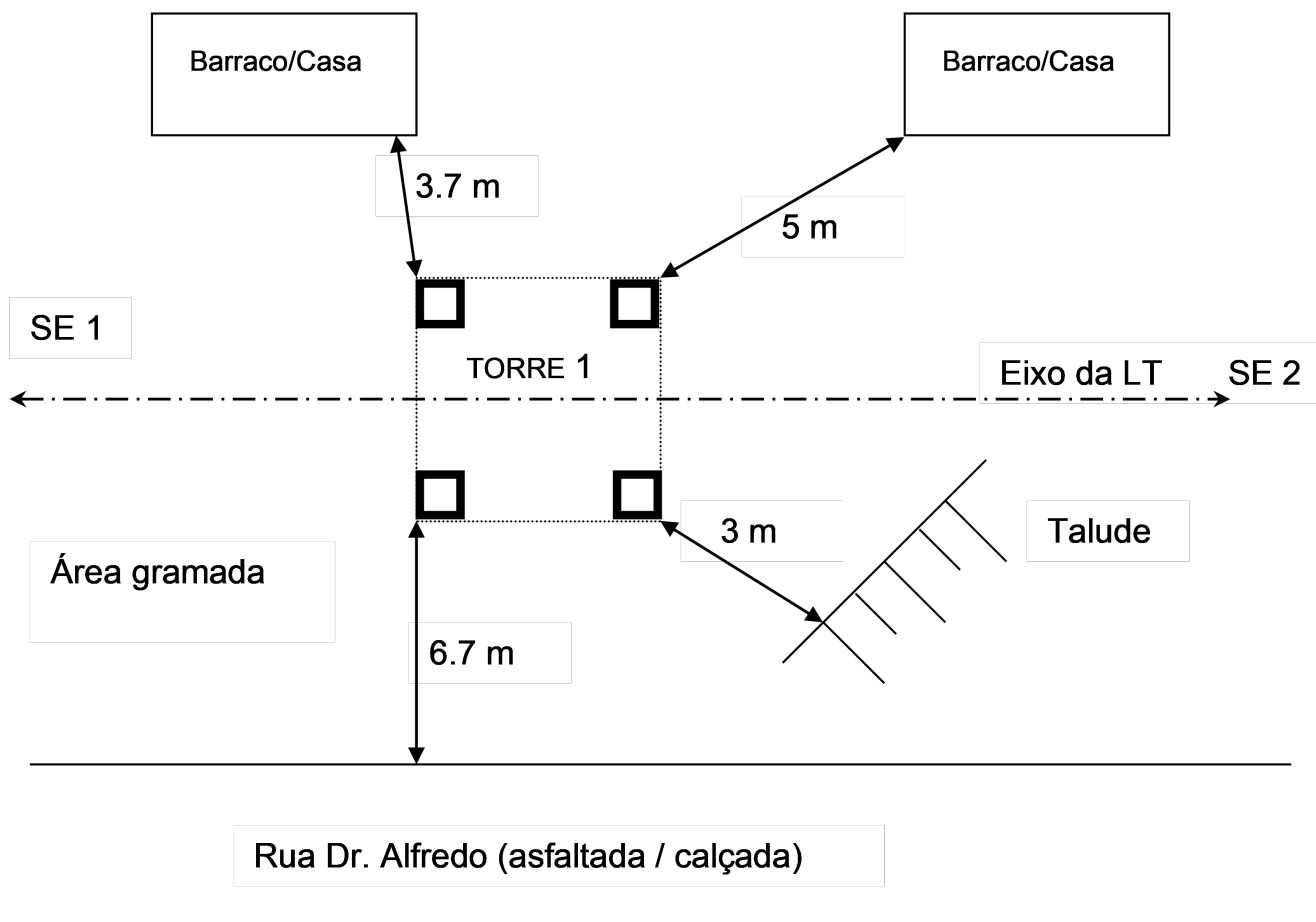
Este critério de segurança operativo trás, em geral, dificuldades operativas, uma vez que em um religamento automático não satisfatório será necessário inspecionar a linha por uma equipe de campo, o que pode demorar várias horas. Isso pode ter impactos significativos nos indicadores operacionais, como o DEC e FEC.

## **2.2 CRITÉRIOS DE PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DE RISCOS**

Conforme já citado, são adotados alguns critérios para projeto de linhas aéreas em condições de risco, critérios estes padronizados na Cemig há décadas. Na própria ABNT NBR 5422 já existe critérios de segurança, como no caso as distâncias elétricas, como pode ser visto em ABNT, 2024, páginas 25 a 34. Esta já é uma diferença significativa em relação as redes de média tensão. Apesar das redes de média tensão ter algumas diferenças entre redes urbanas e rurais, caso que não acontece especificamente com linhas, os critérios técnicos de projeto não diferem muito. Especificamente na questão das torres, a Cemig adota critérios específicos, como serão elencados a seguir.

### **2.2.1 ATERRAMENTO**

As torres em situação de risco devem ter seus aterramentos dimensionados e projetados para ter potenciais/tensões perigosas de passo e toque, que podem levar uma pessoa ao óbito devido a circulação de corrente elétrica no corpo da pessoa, o chamado aterramento especial. Essa é mais uma diferença significativa entre as linhas aéreas de alta/extra alta tensão (AT/EAT) e as redes aéreas de média/baixa tensão (MT/BT). Este aterramento se assemelha a um aterramento de uma subestação, onde são colocados anéis de equalização dos potenciais e hastes profundas para minimizar os potenciais, além de usar cobertura do solo com material de alta resistividade elétrica. Tanto isso é verdade que a norma nacional que defini como será o projeto de aterramento de uma torre de linha (ABNT, 2023) cita que, nestes casos especiais, deve ser adotado os critérios para projeto de malha de aterramento de subestações (ABNT, 2013). A Cemig tem um critério técnico para definir se uma torre necessita de aterramento especial ou não, que serve tanto para a distribuição quanto para a transmissão (CEMIG, 1997). Este critério é basicamente resumido na Figura 2 a seguir.



Legenda :



Notas :

- Desenho sem escala
- Talude próxima a torre
- Trânsito intenso de pessoas no local
- Distância entre os pés das torre : 3,30 metros (base quadrada)

Figura 2 – Croqui exemplo descritivo do critério para necessidade de aterramento especial na torre

Uma coisa que é bastante subjetiva em relação a este critério de projeto está na chamada circulação de pessoas. Tanto a norma NBR, quanto o critério da Cemig são sujeitos a entendimento e interpretação, como por exemplo, qual a quantidade de pessoas, frequência etc.? Até o tipo de pessoa, se trabalhador ou não, é sujeito a interpretação. Considerando que estes potenciais perigosos são, basicamente, oriundo de sobretensões atmosféricas (descargas), estas ocorrem em uma frequência pequena ao longo do ano (algumas vezes), e elas duram menos de um segundo em média, esta análise probabilística é complexa,



mas merece uma avaliação. Na prática o que se vê é praticamente inexistência de acidentes com a população/terceiros devido a efeitos das tensões de passo e toque em linha aéreas de alta/extra alta tensão (AT/EAT).

Este critério/padrão de projeto, se por um lado não impacta tanto a questão de O&M da linha, apesar que o aterramento especial não focar no desempenho operativo da linha e sim nas contenções dos potenciais perigosos, na questão construtiva os custos e dificuldades são consideráveis. Fazer o aterramento em anéis em si nem é tão caro ou dificultoso, apesar da necessidade muito maior de conectores, hastes e outras particularidades. A grande questão e problema nos aterramentos especiais são a cobertura de solo. Seja a cobertura asfáltica, paralelepípedos de granitos ou pedras gnaisse são difíceis, demorados e caros de serem feitos. Exigem preparação do solo, terraplanagens, inclinação para drenagem, meio fios etc. Na Figura 3 abaixo tem algumas fotos de serviços executados. Seria muito mais fácil e barato usar brita 3 ou superior nestas coberturas, semelhante como é numa subestação. O padrão da Cemig não permite isso, pois tem-se o temor do furto da brita por terceiros.



Figura 3 – Execução de cobertura de solo com pedras

Dentro desta lógica de aterramento especial para segurança de terceiros, faz parte do padrão da Cemig a duplicação de aterramentos (rabichos) nos cabos para-raios. Particularmente para as torres de ancoragem e cabos OPGW isso já é um padrão, mas nos demais casos não (Figura 4). Isso é algo barato, simples e contribui para a segurança e desempenho da linha devendo inclusive fazer parte do padrão de projetos das linhas novas.



Figura 5 – Padrão construtivo de defesa para a linhas

Até existem normas para a questão de defensas, como a ABNT NBR 14885 e 15486 com critérios para uso, projeto e aceitação destas proteções, mas são direcionadas a segurança viária. Ou seja, o foco é na questão de contenção de acidentes e garantir que o veículo irá permanecer na pista de rolamento, evitando um mal maior. Neste contexto elas não servem para a proteção física de uma torre de uma linha, como é o foco. Observa-se em algumas situações que faz bastante sentido o uso de defensas protetoras de linha como mostrado na Figura 6 abaixo. É notório que os casos de torres em canteiro central estreito ou lateral de vias de trânsito rápido o risco de abalroamento é grande. Em outras situações, como mostrados na Figura 7, onde a torre fica há alguns metros da pista, a defesa é praticamente ineficaz.



Figura 6 – Casos de abalroamento de torres





Figura 7 – Casos de torres em canteiro central

Mais preponderante até do que no caso dos aterramentos especiais, a definição de um critério de risco de abalroamento de veículos com torres de linha é muito visível e necessária. Definições geométricas, do tipo e características das vias que interferem com a torre é fundamental. São custos de fato impactantes para um concessionário, independente ser despesa ou investimento. É importante uma adequação de sinalização quando destas soluções para minimizar o abalroamento, inclusive, há projetos neste sentido (Figura 8).

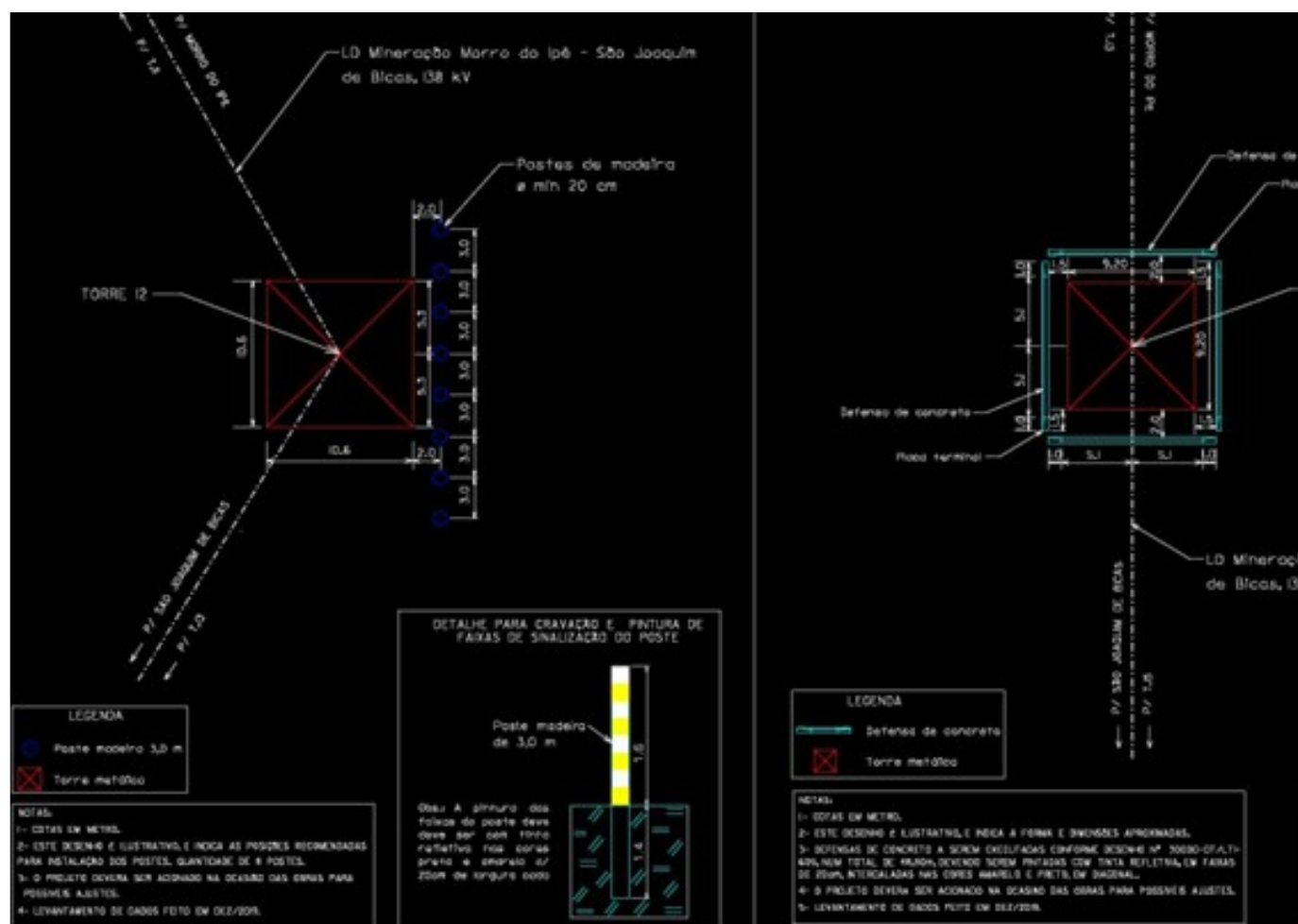
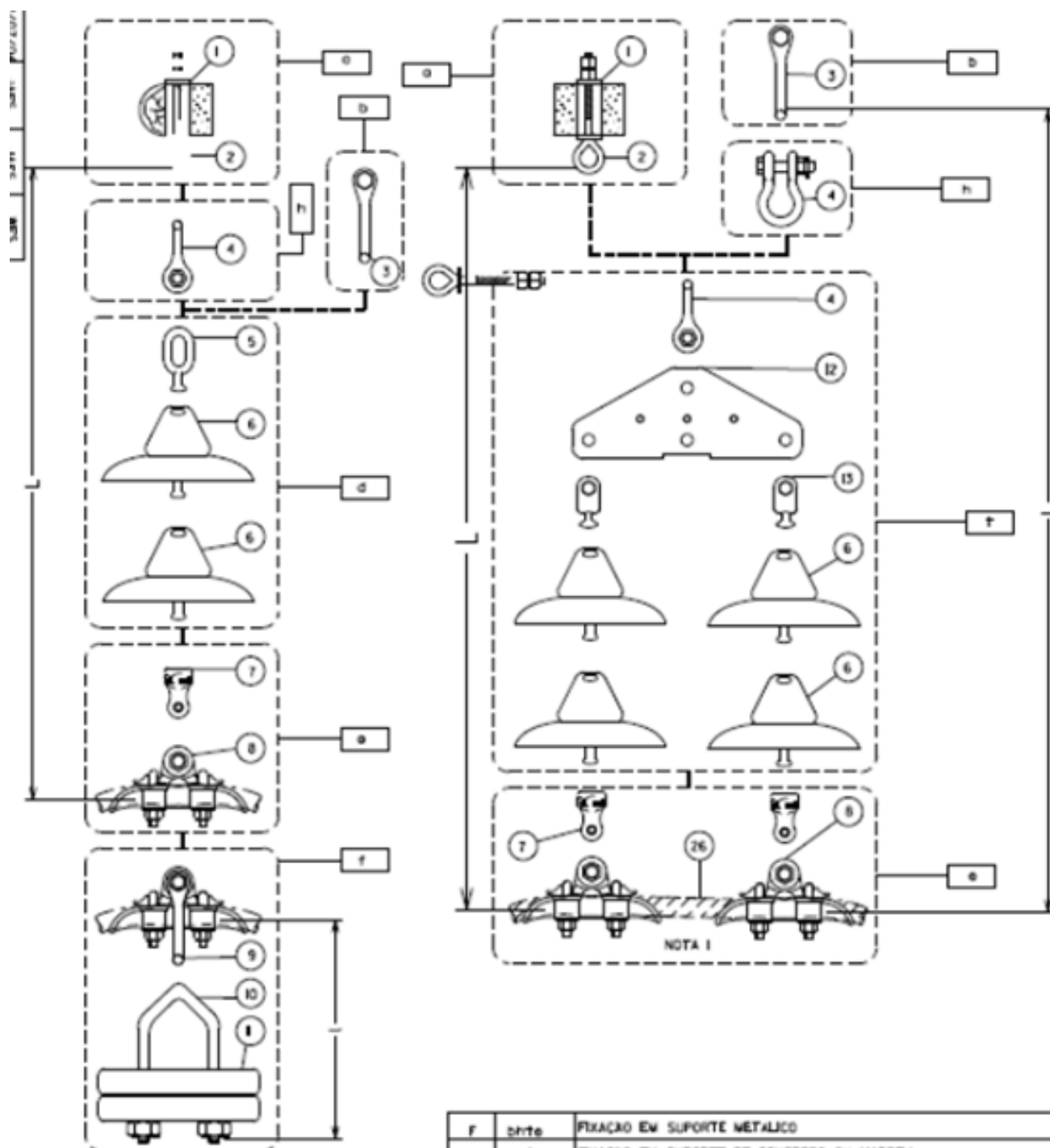


Figura 8 – Projeto específico de proteção viária e sinalização de linha

### **2.2.3 REFORÇO ELETROMECÂNICO DAS LINHAS**

O reforço eletromecânico de linhas em área com risco para terceiros consiste em aumentar a resistência mecânica da cadeia de isoladores. Os padrões de classe de resistência mecânica de isoladores da Cemig são 70 e 80 kN. Contudo, espera-se que, quando da duplicação, atingir a resistência de 140 a 160 kN. Observa-se e parte-se do pressuposto que aumentando a resistência mecânica das cadeias de isoladores da linha irá aumentar sua confiabilidade mecânica, e talvez a elétrica, mas esta última negligenciada/desprezível. De certo, aumentando a resistência de qualquer componente da linha irá aumentar a sua confiabilidade mecânica/estrutural. Contudo, a única falha estrutural/mecânica não estará restrita a cadeia de isoladores, mas em outros componentes das linhas como cabos (condutores e pára-raios), estruturas, fundações etc. Mas mesmo nesta lógica de aumentar a resistência mecânica da cadeia de isoladores, a duplicação da cadeia de isoladores leva a um aumento do comprimento da cadeia de suspensão da ordem de 10 a 15cm, no mínimo, como pode-se ver na Figura 9, muito em função do acréscimo do balancim duplicador e da manilha (12 e 4, respectivamente, na Figura 9). Isso irá refletir, fatalmente, nas flechas, plotação e distâncias de segurança no vão.



NOTA 1

K	2700	2680	2790	2850		
J	2540	2530	2640	2700	D	bdef
M	2480	2380	2490	2560	C	bde
N	2270	2240	2350	2410	E	chdef
O	2020	2090	2200	2260	A	chde
P	1980	1950	2060	2120	ARRANJOS	
Q	1830	1800	1910	1970		
R	1680	1650	1770	1830		
S	1540	1510	1620	1680		
T	1390	1360	1470	1530	6	510
U	1250	1220	1330	1390	5	450
V	1100	1070	1180	1240	4	390
W	950	920	1040	1100	3	330
X	810	780	890	950	2	270
Y	660	630	740	800	1	270
QUANTIDADE DE ISOLADORES	A	C	E	F	QUANT. DE PESOS	f
	ARRANJOS				ARRANJOS	
	L				I	
COMPRIMENTO DAS CADEIAS - L (APROX. MM)						

F	brte	FIXAÇÃO EM SUPORTE METÁLICO
E	cte	FIXAÇÃO EM SUPORTE DE CONCRETO OU MADEIRA
D	bdef	FIXAÇÃO EM SUPORTE METÁLICO, COM PESO ADICIONAL
C	bde	FIXAÇÃO EM SUPORTE METÁLICO
B	chdef	FIXAÇÃO EM SUPORTE DE MADEIRA OU CONCRETO, COM PESO ADICIONAL
A	onde	FIXAÇÃO EM SUPORTE DE MADEIRA OU CONCRETO
ARRANJOS		UTILIZAÇÃO DAS CADEIAS

**ER/LT**  
DOCUMENTO APROVADO NO  
CEDOC

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Notas:  
1- Copias impressas deste documento só terão validade se, as  
cópias manuscritas e autôgrafas estiverem presentes.  
2- Cópia digital inserida na aprovação pelo BR/ST.

Figura 9 – Arranjo de cadeias de suspensão simples e dupla padrão Cemig para 69, 138 e 230kV. Estes acréscimos de flecha e diminuição nas distâncias elétricas, diminuindo o isolamento da linha no vão consequentemente, pode não ser significativo, como pode ser visto na Figura 10, onde não foram infligidas distâncias elétricas normatizadas/padronizadas num projeto de travessia de uma rodovia. Entretanto, chama a atenção essa diminuição de isolamento e aumento de risco elétrico, inclusive isso vai contra o propósito da mitigação de riscos. Então, uma alternativa razoável para tal caso é colocar isoladores de classe de resistência maior como 120 ou 160 kN, mantendo a cadeia simples.

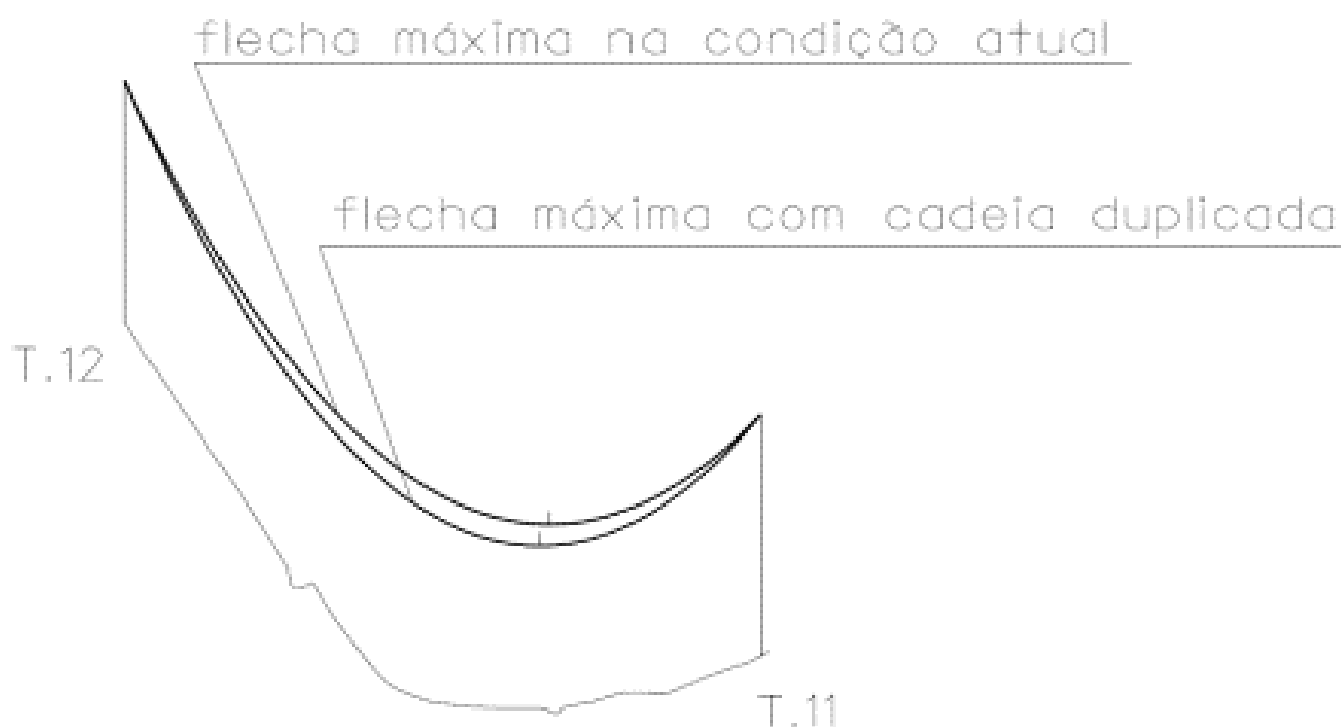


Figura 10 - Comparação entre as flechas máximas antes e após duplicação a 60°C em um projeto de travessia de rodovia

No caso da duplicação das cadeias de ancoragem, a distância também pode ser mudada de forma semelhante às mostradas acima. Acontece que neste caso o aumento de flechas pode acontecer por aumento do comprimento do cabo condutor em função do aumento da cadeia. Neste caso, pode-se resolver o problema fazendo o corte e retracionamento do cabo no tramo. De qualquer forma, em termos de execução, é bem melhor, mais fácil e menos arriscado, trocar os isoladores por outros de classe de resistência mecânica maior, mantendo a cadeia simples, assim como no caso das cadeias de suspensão.

Uma consideração a ser feita na questão do aumento de resistência mecânica da cadeia, sobretudo as de suspensão, é em relação ao grampo de suspensão. O grampo não tem a mesma resistência mecânica dos isoladores, e pode variar de 40 a 70% da resistência mecânica dos isoladores, dependendo do arranjo ou tipo de grampo. Portanto, a duplicação parece ser a opção que oferece aumento real da resistência da cadeia de isoladores. Além disso, ela duplica a resistência ao escorregamento do cabo, o que pode ser bom ou ruim dependendo da análise a ser feita, e certamente acomoda melhor o cabo em vãos gravantes maiores ou grandes desníveis.

Do ponto de vista de operação e manutenção, em geral, não se há grandes considerações a serem feitas, a não ser a maior dificuldade de se trabalhar com as cadeias duplas, e uma maior área de arrasto e aumento da força do vento sobre a linha, que é relativamente pequeno. Do ponto de vista de construção, é um trabalho considerável, sobretudo a ancoragem. Caso haja dificuldades de desligamento, a atividade deve ser feita em linha viva, que é mais complexo, caro e de risco.

Duas ações que não consta nos padrões de projeto de reforço eletromecânico das linhas aéreas é a instalação de armaduras preformadas junto aos grampos de suspensão ou mesmo trocar os grampos convencionais por grampos armados, e a instalação de amortecedores de vibração, onde não existem estes dispositivos instalados. Eles minimizam riscos de fadiga devido a vibração, aperto excessivos nos grampos, efeitos de arco elétrico etc. Os efeitos são pequenos em geral, mas é algo que acrescenta a confiabilidade, já que é este o propósito.

#### **2.2.4 1.2 DISPOSITIVOS ANTIESCALADA, PLACAS DE SINALIZAÇÃO, SECCIONAMENTO E ATERAMENTO DE CERCAS**

Há algumas outras ações mitigatórias, dentro dos padrões técnicos adotados pela Cemig há décadas, com relação ao risco com terceiros, que neste caso envolve também questão relacionadas a furto, vandalismo e outros.

Os dispositivos antiescalada, como o próprio nome diz, são peças instaladas na base das torres, adotadas para impedir que terceiros subam na torre da linha. A Figura 11 e 12 abaixo mostra detalhes destas peças. Há muitas dúvidas sobre a efetividade destes dispositivos em impedir a subida/escalada da torre por terceiros.





Figura 11 - Aplicação do dispositivo anti-escalada

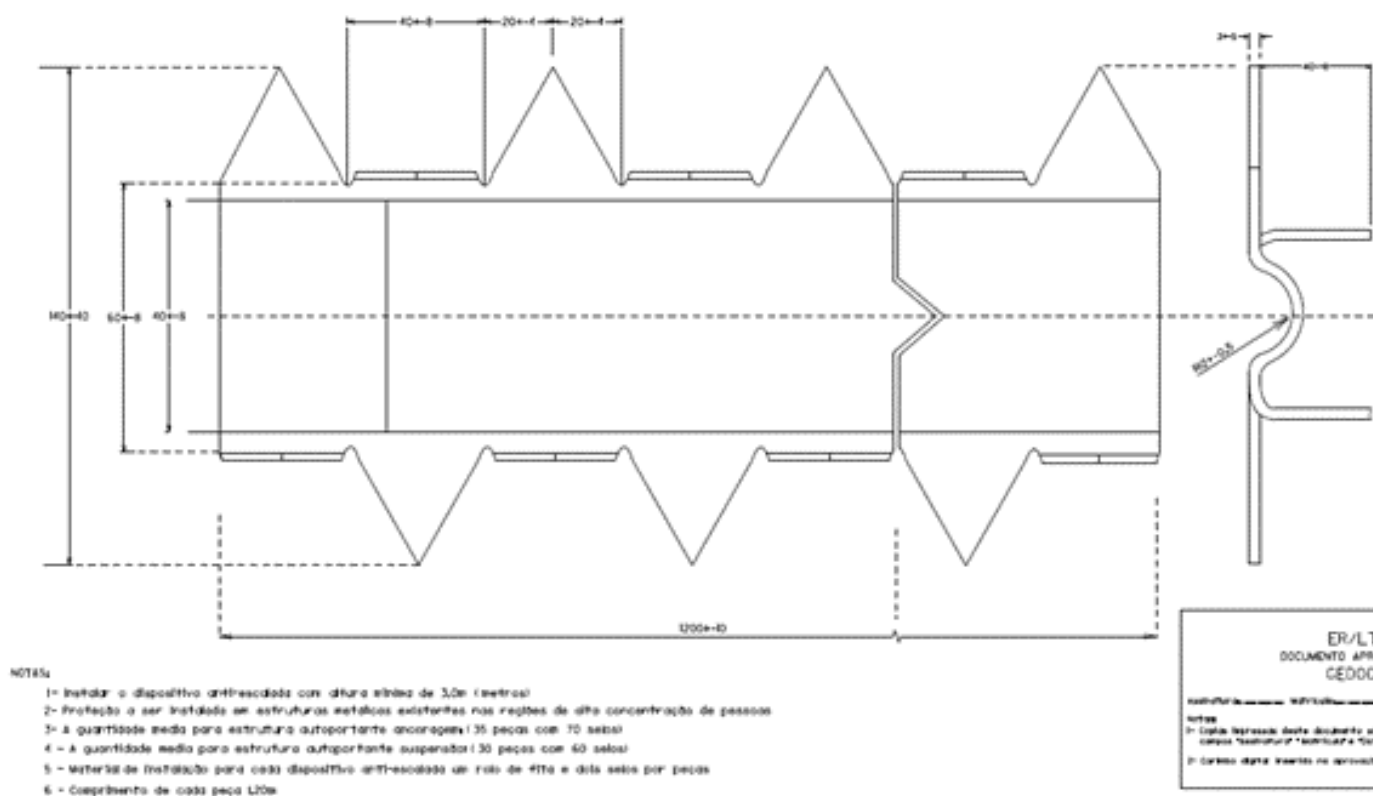


Figura 12 - Desenho/projeto do dispositivo Anti-escalada

As placas de advertência são adotadas, como o próprio nome diz, para advertir aos terceiros quanto aos riscos elétricos junto a estrutura, principalmente na sua subida (Figura 13).

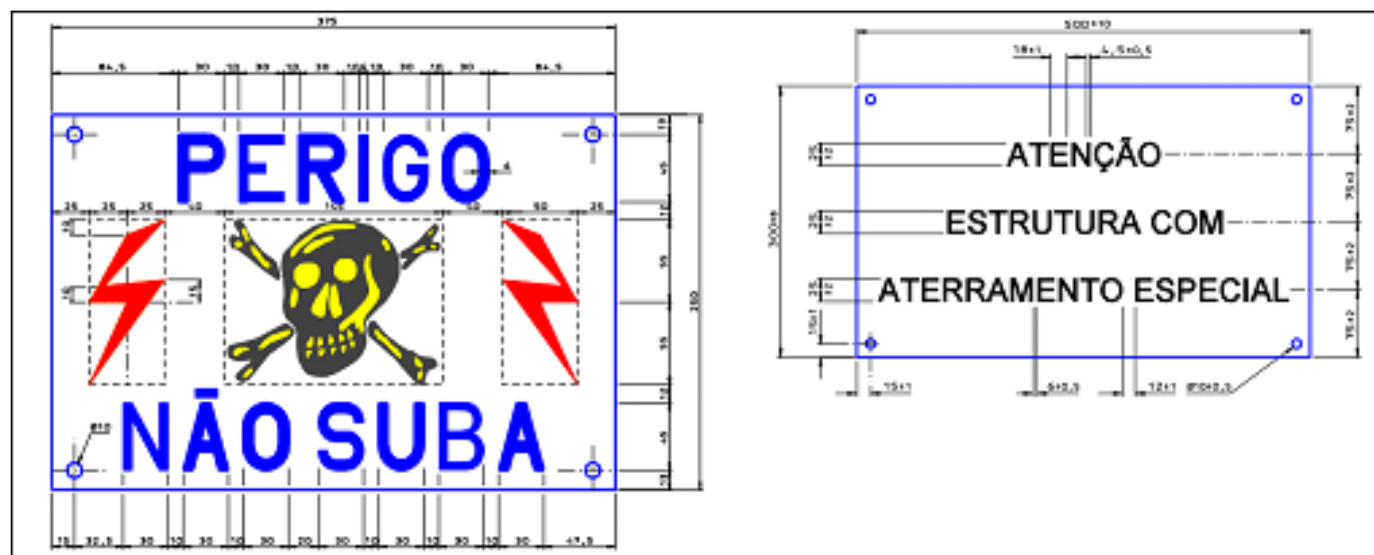


Figura 13 – Placas de advertência para o risco elétrico em torres

No caso do seccionamento e aterramento de cercas, que pode ser também para áreas rurais, o objetivo obvio é evitar o risco do choque elétrico por acoplamento indutivo e capacitivo. Uma ressalva deve ser feita com relação ao acoplamento resistivo, quando a ocorrência de sobretensões na linha, principalmente as atmosféricas. A descarga atmosférica injeta uma sobretensão no solo no local onde ele incide na linha. Esta injeção pode gerar um potencial na cerca através do acoplamento do aterramento da linha e do aterramento da cerca. Portanto, muito cuidado deve se ter no aterramento das cercas próximas as torres onde o potencial

da sobretensão é maior. A Figura 14 mostra o padrão de seccionamento e aterramento de cerca adotado na Cemig há décadas.

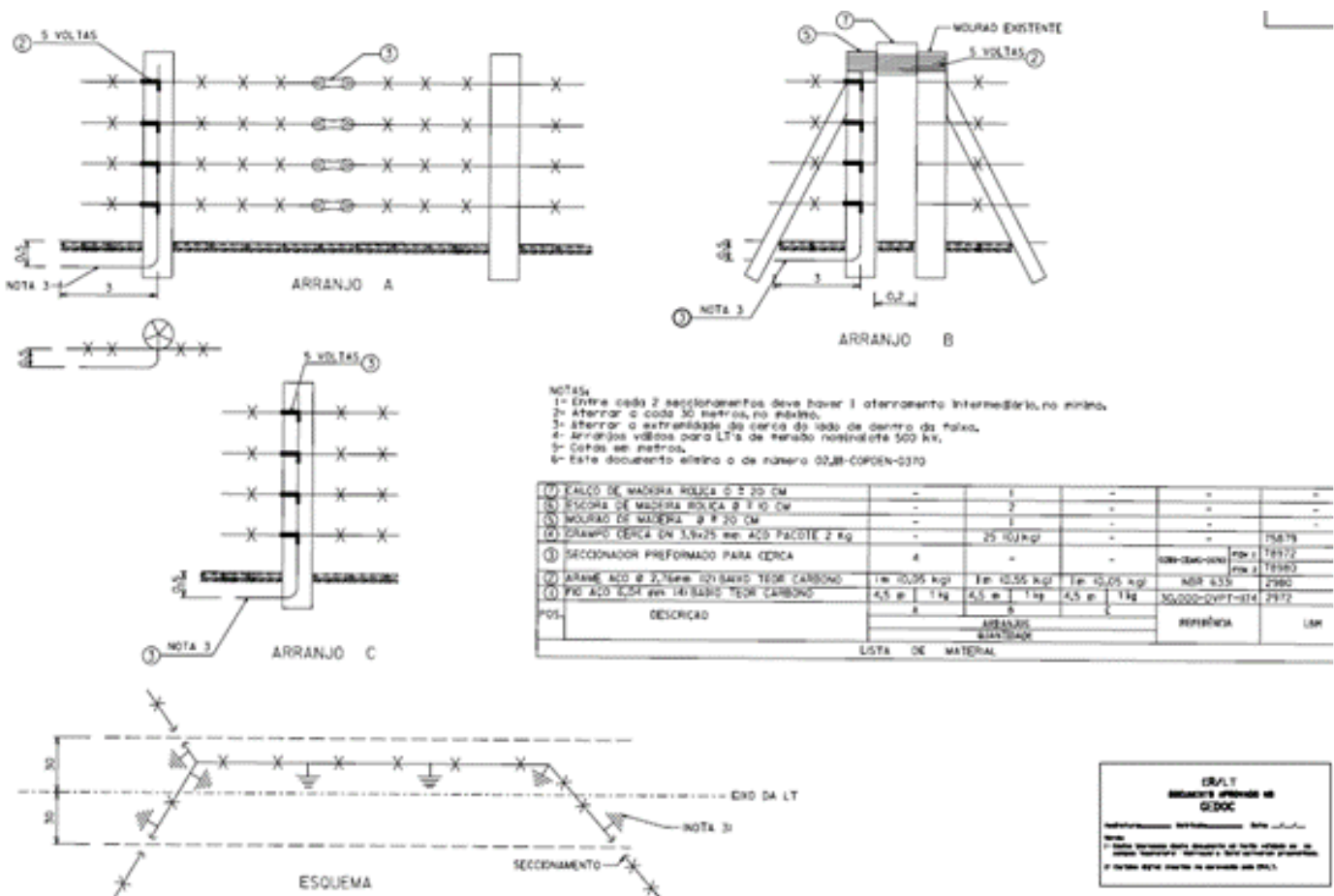


Figura 14 – Padrão Cemig de seccionamento e aterramento de cerca

2.3 OUTROS CRITÉRIOS E PROJETOS DE NOVAS LINHAS

Como dito anteriormente, o que foi mostrado são os padrões e critérios que a Cemig adota há décadas. Em geral, estas situações são aplicadas em linhas aéreas onde há uma nova situação de uso e ocupação do solo, onde a presença humana é considerada de risco em relação a linha aérea existente. Ou seja, a linha passa o oferecer o risco para os seres humanos nesta nova situação. Isso pode envolver casos de invasões ou não. Muito destes casos estão relacionados ao surgimento de loteamentos e/ou condomínios onde já há uma linha instalada em operação. No caso de linhas novas, a Cemig não constrói linhas urbanas ou semiurbana usando os critérios descritos acima, a não ser em algumas situações muito especiais. Novas linhas em trechos urbanos parte-se para a adoção de linhas subterrâneas, ou a recapacitação da linha existente, que pode ser com novos cabos especiais ou não (BRAGA, 2019).

Entretanto, outras concessionárias de distribuição e transmissão no Brasil adotam padrões próprios para construção de linhas aéreas em locais urbanos. O caso mais emblemático e mais bem sucedido é o da Copel (SOUZA & MOKDESE, 2018). Trata-se de solução em poste de concreto e isoladores linepost, cerâmicos ou poliméricos, nas tensões que vão de 69 a 230 kV. Estas soluções foram bem estudadas em todos os aspectos, o que garante uma segurança adequada e uma solução segura e muito mais barata que uma linha subterrânea (HOFFMANN et al, 2010). A redução das distâncias elétricas na cabeça das torres e no pé da estrutura são muito significativas e permitem que as torres sejam instaladas em passeios ou canteiros centrais com segurança (Figura 15).





Figura 15 – Linha aérea urbana adotada na Copel (SOUZA & MOKDESE, 2018)

Esse arranjo de linha aérea tem uma consideração de segurança muito boa como dito anteriormente, pois tem um suporte/braço metálico embaixo das fases aterrado com cabo guarda que minimiza bastante as sobretensões no solo, protege mecanicamente as vias terrestres e sensibiliza com maior facilidade as proteções para minimizar possíveis falhas ou religamentos indesejados. As únicas melhorias a serem feitas seria a avaliação da necessidade de um reforço na base ou uma defesa nos postes, para minimizar o risco de abalroamento, e uma pintura de alta resistividade nas cores amarelo e preto listradas. A tinta de alta resistividade serve para minimizar tensões de toque, e as listras amarela e preta serviria para sinalizar os motoristas para minimizar o risco de abalroamento. Algumas concessionárias no Brasil adotam estas tintas de alta resistividade para minimizar o efeito do potencial de toque. A Cemig já adotou postes em situações e arranjos parecidos no passado, mas como já dito, a regra ou padrão é fazer as alterações/modificações mostradas, e em casos extremos fazer uma linha subterrânea.

Analisando a óptica de projeto/construção, esta alternativa é muito mais barata que uma linha subterrânea, haja visto que uma linha subterrânea de alta tensão pode custar de 5 a 10 vezes mais que uma linha convencional aérea. Comparando esta solução com a solução padrão adotada pela Cemig, sem dúvidas é mais cara se considerarmos que a solução seria trocar uma torre treliçada por poste, mas os riscos, tanto elétricos como mecânicos/estruturais, são muito mais minimizados. Para a manutenção não haveria grandes alterações, pois locais urbanos ou semiurbanos permitem uso de recursos úteis, seguros e produ-

tivos, como cestas aéreas. Estes postes, sejam de concreto ou metálicos, já vem com escadas acopladas e até linhas de vida, em condições tais que não permitem que terceiros escalem estes postes.

### 3. Conclusão

Apesar de não ter sido apresentados dados, registros, estatísticas ou mesmo fatos neste trabalho, pode-se inferir sem muitos erros que os riscos de acidentes com linhas aéreas de alta e extra alta tensão (iguais e/ou acima de 69 kV) são ínfimos, principalmente se comparados com as redes aéreas de média e baixa tensão. A busca de registros/estatísticas para acidentes separados em linhas alta, extra alta, média e baixa tensão, mesmo em entidades renomadas e reconhecidas com estes registros como a ABRADEE, ABRACOPEL e ABRATE, são difíceis ou mesmo inexistentes. Entretanto, em uma busca simples nos mecanismos/aplicativos de busca na internet, a imensa maioria de acidentes, ou quase a totalidade, são de acidentes com redes de média e baixa tensão (MT/BT). As razões são muitas:

1. Quantidade de redes de MT/BT é muito maior em relação as linhas de AT e EAT;
2. A quantidade de redes MT/BT em área urbana é muito maior que as rurais, ao contrário do que acontece nas linhas AT/EAT;
3. As redes de MT/BT apresentam muitas derivações e proteções elétricas simples, básicas e às vezes sem automatismo, o que dificulta muito a eliminação dos riscos, ao contrário das linhas de AT/EAT;
4. Arranjos físicos diferentes entre redes e linhas, como cabos para-raios, aterramento, faixa de segurança, distâncias elétricas etc.

Apesar das razões apresentadas acima, existem muitas situações “consideradas de risco” envolvendo linhas de alta e extra alta tensão, como é o caso das linhas com faixa de segurança/servidão invadidas. Na Cemig são dezenas de linhas nesta condição e centenas de torres em condição de estarem dentro de residências ou as residências estarem dentro das torres. A maioria destas condições remontam há décadas. Entretanto, são desconhecidos os acidentes elétricos com pessoas que vivem nestas condições, principalmente em relação aos potenciais perigosos de passo e toque.

A consideração da condição ou situação de risco para terceiros de uma linha aérea é uma etapa por demais importante. Deve haver uma avaliação criteriosa pelo projetista, construtor e mantenedor da linha, avaliando as várias condições de risco, se haverá realmente uma presença humana na proximidade da linha, frequência, distâncias, arranjo físico, condições da linha, desempenho, idade etc. É importante que estes profissionais avaliem com bastante cuidado tais condições, indo a campo, discutindo situações sobre várias óticas e os impactos. É importante avaliar a real necessidade da adequação, alternativas/soluções de engenharia, custos de implantação e/ou O&M despendidos e/ou evitados etc. Com base no apresentado, na grande maioria das situações, a relação de custo/benefício destas adequações é desfavorável. Em geral, muitas destas situações envolvem novos loteamentos e/ou condomínios, onde exige-se do empreendedor o pagamento da adequação com ressarcimentos posteriores, conforme a RE-1000, mesmo respeitando a condição da faixa de segurança/servidão. Normalmente a concessionária, como no caso da Cemig, impede a eletrificação do loteamento até a conclusão da obra, e o empreendedor escolhe que a própria concessionária faça a obra de adequação. Essa é uma situação em geral ruim para a própria concessionária, uma vez que estas obras pequenas acabam por prejudicar o plano de investimento da distribuidora, além de gerar grandes conflitos com os futuros clientes daquele loteamento.

De uma maneira geral, como no caso da Cemig, é muito importante estar analisando e revisando estes critérios e padrões de projetos. No caso da Cemig, eles foram feitos há décadas e vê-se que em uma concessionária integrada geração, transmissão e distribuição, há uma certa "contaminação" de análises



e percepções, onde claramente existe uma diferença entre as redes aéreas MT/BT com as linhas aéreas AT/EAT. A mesma consideração vale para a questão das linhas de religamento especial.

Existe uma necessidade evidente de uma análise mais profunda, se uma linha em condição de risco não deve ter sua torre trocada em função de idade ou outras condições, linha subterrânea e outras soluções. Uma linha pode estar oferecendo várias condições de risco que o padrão de projeto não contempla, como corrosão, principalmente nas fundações, fios rompidos de cabos etc. Como dito anteriormente, é preciso uma análise mais profunda segundo as várias visões da situação com vistas em algo maior, que é o valor para a organização, no caso a concessionária.

#### **4. Referências bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica – Procedimento: Rio de Janeiro, 2024. 124p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- Segurança no ABNT. NBR 15486 -tráfego — Dispositivos de contenção viária — Diretrizes de projeto e ensaios de impacto: Rio de Janeiro, 2016. 37p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 14885 - Segurança no tráfego - Barreiras de concreto: Rio de Janeiro, 2016. 22p.

CEMIG. METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO COM RELIGAMENTO ESPECIAL. Documento 02.111-TD/AT-7009b. Belo Horizonte, Março/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 17140 - Aterramento de estruturas e dimensionamento de cabos para-raios de linha de transmissão aérea de energia elétrica: Rio de Janeiro, 2023, 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 15751 - Sistemas de aterramento de subestações - Requisitos: Rio de Janeiro, 2013, 47 p.

CEMIG. CRITÉRIO PARA DEFINIÇÃO DE ESTRUTURAS COM ATERRAMENTO ESPECIAL. Documento 30.000 - OT/LT1 - 767. Belo Horizonte, 13/10/1997.

BRAGA, G. E. A EXPERIÊNCIA DA CEMIG NA INSTALAÇÃO DE CABOS CONDUTORES AÉREOS PARA ALTAS TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO - ESPECTOS CONSTRUTIVOS, DE SEGURANÇA E CONFIABILIDADE DAS LINHAS. In: XXV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Belo Horizonte-MG, 2019.

SOUZA, M. A. MEKDESE, H. Linha de distribuição compacta urbana 138 kV com circuito duplo vertical – Como a experiência prévia auxilia na resolução de novos desafios. In: XXIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Fortaleza-CE, 2018.

HOFFMANN, João Nelson; WIEDMER, Ricardo Santos; BUBNIAK, Mauro José; MOREIRA, Ilmar da Silva. Urban overhead transmission lines of compact design for 69, 138 and 230 kV. CIGRE, Paris, França, 2010, 8 p.