

GERENCIAMENTO DE RISCOS E DE SEGURANÇA NAS ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EXTRA ALTA TENSÃO.

José Marcio de Lima¹, Helton Luiz Santana Oliveira²

ABSTRACT

The enterprises of electric power transmission lines in Brazil have been responsible for the last 60 years for the strong expansion and energy integration of the country, enabling the optimization of economic and financial resources and increasing the reliability of supply throughout the country. This type of project has been marked by a considerable incidence of accidents, fatalities and serious injuries, especially in the assembly of self-supporting or cable-stayed structures, cable clamping and general material transportation. The adoption of technical solutions considerably reduced losses in assembly activities and even more significant reductions were achieved through the incorporation of systematic health and safety management practices in these projects. The continued and consistent improvement in safety performance has stagnated and unacceptable fatalities have remained and this study discusses the adoption of a promising model that has been employed in the process industry that is based on the design of human factors. In this conception the human error leaves the perspective of cause and is considered a consequence of the technical and organizational factors and thus can promote even more striking results in terms of safety for transmission line works and markedly the activity of assembly of structures. self-supporting or cable-stayed.

1. INTRODUÇÃO

No território brasileiro, o sistema interligado de transmissão de energia elétrica é composto por linhas de transmissão e subestações, transportando grandes blocos de energia, em classes de tensão desde 230kV até 800kV e, propiciando maior confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro. A figura 1 ilustra a evolução da densidade e extensão do sistema brasileiro de transmissão de energia existente de 1960 a 2018 e sua projeção para 2027.

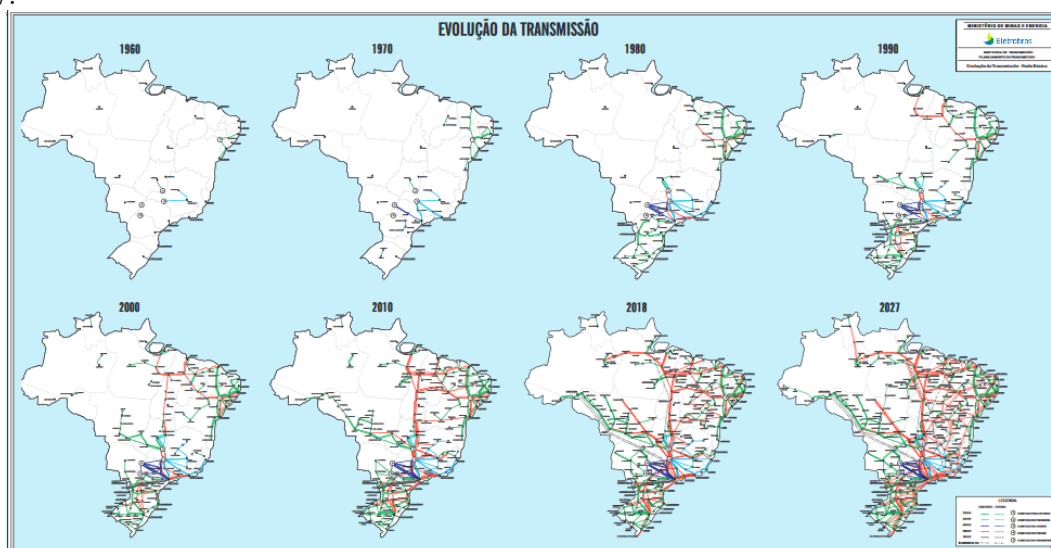


Fig 1 – Evolução do sistema brasileiro de transmissão de energia de 1960 a 2018 e projeção 2027.
(Fonte: Eletrobras, 2018)

¹ Técnico de Segurança do Trabalho - Furnas Centrais Elétricas S.A.

² DSc, Engenheiro Mecânico e de Segurança – Petróleo Brasileiro S.A.

De acordo com a distância entre a geração de energia elétrica e a região de alta demanda por energia elétrica, pode existir uma maior concentração de linhas de transmissão de alta tensão interligando os pontos distantes, tal como se verifica com a ocorrência de extensa rede de linhas de transmissão de alta tensão em regiões de intensa densidade demográfica tais como as regiões Sudeste, Sul e o litoral do Nordeste, conforme também ilustra a figura 1.

Esse sistema interligado tem como principais funções:

- a. Transmissão da energia gerada pelas usinas para os grandes centros de carga;
- b. Integração entre os diversos elementos do sistema elétrico para garantir estabilidade e confiabilidade da rede;
- c. Interligação entre as bacias hidrográficas e regiões com características hidrológicas heterogêneas de modo a otimizar a geração hidrelétrica;
- d. Integração energética com os países vizinhos.

O processo construtivo desse sistema tem representado ao longo do tempo grandes desafios tecnológicos, mas também grandes desafios para a segurança dos trabalhadores no ciclo construtivo.

2. HISTÓRICO E EXPANSÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Historicamente, segundo Labegalini et al. (1992) o progresso das linhas de transmissão no exterior se deu da seguinte forma, em 1886 foi construída em Roma – Itália uma linha de transmissão monofásica com extensão de 29,5km com capacidade de transporte de 2.700hp. Em 1888 foi construída na Alemanha uma linha de transmissão trifásica de 11kV com extensão de 180km. Em 1890 foi construída no estado do Oregon, nos Estados Unidos, uma linha de transmissão monofásica em 3,3kV em Corrente Alternada. Em 1907 entrou em operação uma linha de transmissão na tensão de 110kV. Em 1913 foi construída uma linha de transmissão de 150kV e em 1923 construíram linhas na tensão de 220kV. Em 1926 foram registradas a construção de linhas de transmissão em 244kV e em 1936 a primeira linha de 287kV entrou em serviço. Ainda no ano de 1950 entrou em serviço uma linha de transmissão com extensão de 1.000km e operando com 400kV em 50Hz. Em 1953 foi implantada uma linha de transmissão em 345kV nos Estados Unidos. Em 1963 entrou em operação uma linha de transmissão em 500kV. Em 1965 foi implantada no Canadá a primeira linha 735kV.

Também de acordo com os registros de Labegalini et al. (1992) o progresso das linhas de transmissão no Brasil se deu da seguinte forma: a primeira linha de transmissão que se tem registro no Brasil tinha 2km de extensão foi construída por volta de 1883, na cidade de Diamantina-MG e era à época a mais longa do mundo e conectava uma usina hidrelétrica a conjunto de bombas hidráulicas numa mina de diamantes. Em 1901 foi iniciada a operação de uma linha de transmissão em 40kV interligando a hidrelétrica de Santana do Parnaíba. Em 1914 entrou em operação uma linha de transmissão em 88kV para transportar a energia da usina de Ituparanga. Entre 1945 e 1947 foi construída a primeira linha de 170kV do Brasil com extensão de 330km interligando os sistemas Rio Light e São Paulo Light e em 1950 essa mesma linha passou a operar em 230kV.

Uma segunda fase dos sistemas de transmissão no Brasil se deu com a implantação dos sistemas de transmissão do sistema interligado nacional brasileiro sob forte influência das subsidiárias da ELETROBRAS, pioneiramente com a CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco e Furnas Centrais Elétricas e posteriormente com a Eletrosul (Centrais Elétricas do Sul do Brasil) e Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte do Brasil). O sistema interligado brasileiro possui dimensões e características que o fazem ser considerado um dos maiores e mais complexos sistemas elétricos do mundo.

Ao construir o complexo de usinas de Paulo Afonso no rio São Francisco, a CHESF fez a introdução do primeiro sistema de transmissão genuinamente concebido em 230 kV, conectando a Usina de Paulo Afonso I (180 MW) à cidade de Salvador. Coube a Furnas a introdução da transmissão em tensão de 345 kV com a linha de transmissão do circuito 1 de interligação usina de Furnas (1.216 MW, à época era a maior usina brasileira) à subestação de Pimenta (Belo Horizonte-MG). A introdução do sistema em 440 kV coube a CESP para fazer o transporte da energia gerada nas usinas de Jupiá (Engenheiro Souza Dias com 1.551,2 MW) e Ilha

Solteira (3.444 MW) com as linhas de transmissão Jupiá-Bauru I e II e Ilha Solteira- Bauru I e II. A introdução do sistema em 500 kV se deu por Furnas a partir da construção da usina de Marimbondo (1.440 MW), sendo as primeiras linhas energizadas nesse nível de tensão as que interligavam a usina de Marimbondo à Araraquara I e II, Araraquara-Poços e Araraquara-Campinas.

A construção do sistema de transmissão de Itaipu exigiu o domínio de novas tecnologias, pelos desafios impostos pela grande distância entre a usina e os principais centros de carga do país e a diferença de frequência entre o sistema elétrico brasileiro de 60Hz e o paraguaio de 50Hz. Esse último só foi resolvido em dezembro de 1977, quando o Brasil concordou em dividir a usina em duas partes de igual potência com nove geradores de 700 MW cada, de 60Hz direto para o Brasil e de 50Hz direto para o Paraguai. Atualmente, são 10 geradores para cada um, nas frequências de 50Hz e 60Hz, totalizando 14.000 MW. Como o Brasil tinha e continua tendo interesse na compra da energia excedente do Paraguai, essa decisão implicou na construção de um sistema misto de transmissão composto por linhas de corrente alternada e corrente contínua, para assegurar o escoamento da energia de Itaipu ao mercado brasileiro. A transmissão da energia gerada em 50Hz foi assegurada por dois circuitos de corrente contínua em $\pm 600\text{kV}$, conectando diretamente as subestações de Foz do Iguaçu (PR) e Ibiúna, na região metropolitana de São Paulo. O primeiro circuito do bipólo de corrente contínua com 792km de extensão com torres estaiadas, transporta uma corrente nominal de 2610 A e entrou em operação em 1984, simultaneamente à inauguração da usina, e o segundo bipolo com 820 km de extensão entrou em operação em 1988.

A introdução do sistema de 750 kV se deu por Furnas conectando quatro subestações: Foz do Iguaçu (Foz do Iguaçu-PR), Ivaiporã (Ivaiporã-PR), Itaberá (Itaberá-SP) e Tijuco Preto (Mogi das Cruzes - SP), para transportar a energia gerada em Itaipu em 60Hz. É um sistema atualmente composto de três linhas de transmissão em circuitos trifásicos em corrente alternada, dividido em três trechos assim denominados: Foz do Iguaçu-Ivaiporã (LT-750-FIIV-1, 2, 3), Ivaiporã-Itaberá (LT-750-IAIV 1, 2, 3) e Itaberá-Tijuco Preto (LT-750-IATP 1, 2, 3), trechos esses que foram energizados respectivamente em: ago/1989-dez/1986-mar/1999, ago/1989-out/1982-mai/2000, jul/1989-out/1982-mai/2001. A primeira linha concluída foi o circuito 2 em 1986, segunda linha concluída foi o circuito 1 em 1989 e o terceiro circuito foi a última concluída em 2001.

Em 12 de dezembro de 2017 foi energizada a primeira linha de transmissão de energia elétrica de $\pm 800\text{kV}$ UHVDC – Ultrahigh-Voltage Direct Current – da América Latina, que escoar a energia gerada pela usina de Belo Monte no Pará ao Sistema Interligado Nacional (SIN), na região Sudeste. A linha de transmissão $\pm 800\text{kV}$ UHVDC Xingu-Estreito – Bipolo1 tem capacidade nominal de 4000 MW tem extensão de 2.076 km passando por 70 municípios, inicia no Pará, e atravessa os estados de Tocantins e Goiás até chegar ao sul de Minas Gerais. A responsabilidade pela construção do empreendimento foi a sociedade de propósito específico Belo Monte Transmissora de Energia (BMTE), formada por State Grid Brazil Holding (51%), Furnas Centrais Elétricas (24,5%) e Eletronorte (24,5%). E no dia 26 de junho de 2019 o segundo bipolo de $\pm 800\text{kV}$ UHVDC para o escoamento da energia gerada pela usina de Belo Monte, com extensão de 2.539 quilômetros e que passa pelos estados do Pará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro recebeu a Licença de Operação.

No ano de 2018 a Eletrobras e suas subsidiárias operaram 71.068 km de linhas de transmissão desde 230kV a 750kV, com a seguinte divisão: Furnas (32,05%); CHESF (31,02%); Eletronorte (17,88%); Eletrosul (17,06%); Eletrobras holding (1,44%); Amazonas GT (0,55%). A evolução acumulada entre 1999 e 2018 da extensão das linhas de transmissão geridas por uma dessas subsidiárias, Furnas Centrais Elétricas, totaliza um acréscimo de 71,16% nesse período, e é representada na figura 2.

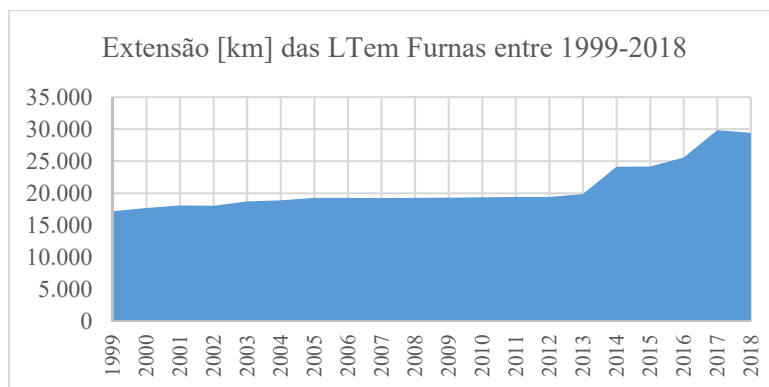


Fig 2 – Evolução da extensão das linhas de transmissão em Furnas de 1999 a 2018.
(Fonte: Furnas, 2019)

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 (EPE, 2019), no mês de janeiro de ano 2019, o Brasil possuía 147.632 km de linhas de transmissão de energia elétrica, espalhadas por todo o território. São usuais no Brasil o emprego de linhas de transmissão nas seguintes classes de tensão: 800kVdc (4.186 km) 750 kVac (2.683 km), 600 kVdc (12.816 km), 500 kVac (51.791 km), 440 kVac (6.758 km), 345 kVac (10.319 km), 230 kVac (59.097 km), conforme ilustra a figura 2.

O montante de investimentos em obras de linhas de transmissão previsto pela EPE (2019) para o período 2020-2029 é da ordem de R\$ 73,6 bilhões (aproximadamente US\$ 18,4 bilhões) refere-se aos empreendimentos de transmissão com previsão de entrada em operação até dez/2029. A EPE (2019) projeta uma extensão de mais 55.785 km dessa rede de energia (37,7% da malha atual), que levará em dezembro de 2029, conforme ilustra a figura 2, o sistema a atingir 203.417 km de linhas de transmissão, devendo assumir a seguinte configuração: 800kVdc (11.966 km) 750 kVac (2.683 km), 600 kVdc (12.816 km), 500 kVac (80.973 km), 440 kVac (7.028 km), 345 kVac (11.853 km), 230 kVac (76.098 km).

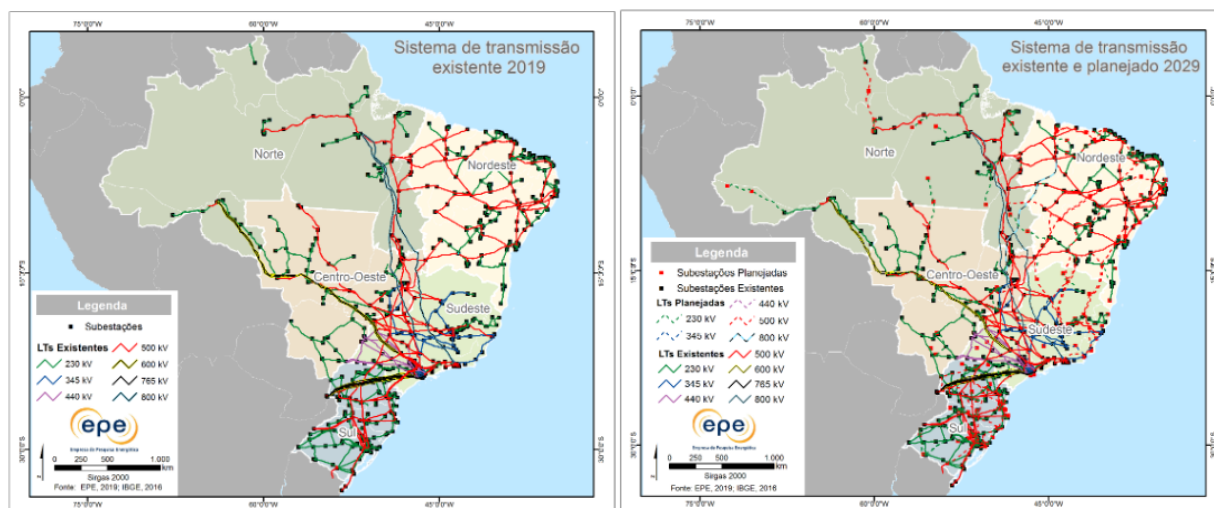


Fig 3 – Sistema brasileiro de transmissão de energia elétrica existente em 2019 e planejado para 2029.
(Fonte: EPE, 2019)

Essa expansão planejada da transmissão de energia elétrica no Brasil enfrenta para sua viabilização, além das questões macroeconômicas, um conjunto de condicionantes, que segundo EPE (2019) inclui:

- Crescente complexidade socioambiental e fundiária para a implantação de novos projetos de transmissão contribuindo para que obras recomendadas no planejamento não entrem em operação na data de sua efetiva necessidade;

- b. Substituição da infraestrutura do sistema elétrico em final de vida útil, de modo que, a malha de transmissão possa operar com os níveis de confiabilidade e qualidade exigidos pela sociedade;
- c. Atenuação da capacidade de carregamento das linhas de transmissão em decorrência do processo global de mudanças climáticas e consequente elevação das temperaturas regionais, alteração nos níveis de radiação solar, na intensidade dos ventos, na densidade do ar, na intensidade e frequência das chuvas e das descargas atmosféricas;
- d. Aprimoramento metodológico e de ferramental utilizado no planejamento integrado da expansão da geração e transmissão para representar mais adequadamente as novas tecnologias, considerando uma crescente variedade de cenários operativos.

3. METODOLOGIA DE ESTUDO

O estudo aqui desenvolvido tem um desenho baseado no método de abordagem da pesquisa-ação, o qual segundo Gray (2013) é genérico e tem sido usado para descrever uma extensa gama de atividades e métodos. A pesquisa-ação é uma abordagem que se concentra na ação e na pesquisa simultaneamente e de maneira participativa. Dentro dessa abordagem, existem metodologias variadas, cada uma com suas próprias prioridades e modos de investigação, em que pese, haja tantas sobreposições e distinções entre as abordagens. Trata-se de uma pesquisa de base empírica, caracterizada por ampla e efetiva interação entre pesquisador e participantes da situação problema, com estreito foco na resolução desse problema coletivo.

Como método de procedimento é aplicado a análise de risco. Segundo Słomka (2005), os métodos aplicados à análise de risco são amplamente discutidos na literatura e a maioria deles se baseia na avaliação qualitativa da extensão dos danos e das consequências de cenários negativos. A avaliação é baseada em matrizes, a partir das quais a equipe de analistas pode ler valores dos parâmetros relevantes, estimados em uma escala descritiva adotada anteriormente. Em uma análise de risco realizada de acordo com a Análise Preliminar de Riscos (APR), a gravidade de um risco potencial é avaliada pela estimativa da severidade do dano (S) e da probabilidade com qual o dano pode ocorrer (P).

A técnica de análise adotada no presente estudo é a APR, ou seja, Análise Preliminar de Riscos. Segundo a norma ISO/IEC-31010 (2009) a Análise Preliminar de Perigos – APP, como também pode ser denominada, é um método de análise simples e indutivo cujo objetivo é identificar os perigos e situações e eventos perigosos que podem causar danos em uma determinada atividade, instalação ou sistema. A técnica será doravante denominada simplesmente APR.

A técnica da APR adotada neste estudo possibilita a identificação de perigos como eventos iniciadores potenciais, bem como suas causas e consequências e, que possam resultar em riscos que possam impactar a segurança pessoal, o meio ambiente, as instalações e equipamentos, bem como a imagem da companhia.

No tocante à utilização da técnica APR, a norma ISO/IEC-31010 (2018) sinaliza que esta técnica é mais comumente realizada no início do desenvolvimento de um projeto quando há pouca informação sobre detalhes do projeto ou procedimentos operacionais e pode muitas vezes ser uma precursora para estudos adicionais ou fornecer informações para a especificação do projeto de um sistema. Ela também pode ser útil ao analisar os sistemas existentes para priorizar os perigos e riscos para análise adicional ou quando as circunstâncias impedem a utilização de uma técnica mais extensiva.

A norma ISO/IEC-31010 (2018) aponta que os seguintes pontos fortes podem ser atribuídos à técnica APR: ser capaz de ser utilizada quando houver pouca informação, assim como permitir que os riscos sejam considerados muito precocemente no ciclo de vida do sistema.

Como ocorre com quaisquer técnicas de estudos de riscos, existem limitações inerentes à técnica e a equipe de estudo foi informada dessas antes do início efetivo do estudo, visando minimizá-las. Dentre as limitações atribuídas à técnica APR, na visão da norma ISO/IEC-31010, cita-se: ela fornece somente

informações preliminares, ela não é abrangente e também não fornece informações detalhadas sobre os riscos e como eles podem ser evitados.

As informações de entrada para iniciação do processo de APR incluem:

- As informações sobre o sistema a ser avaliado;
- Os detalhes do projeto do sistema que estão disponíveis e são pertinentes.

As saídas resultantes do processo de aplicação da técnica APR incluem:

- Uma lista de perigos e riscos;
- Um conjunto de recomendações sob a forma de aceitação, controles recomendados, especificação de projeto ou solicitações para uma avaliação mais detalhada.

A Análise Preliminar de Riscos - APR é um método que auxilia na identificação de riscos em potencial e na preparação de medidas de prevenção ou de contorno dos riscos, contribuindo na melhoria da segurança operacional. A técnica foi escolhida por ser uma técnica qualitativa flexível, capaz de identificar cenários acidentais e contribuir, dentre outras coisas, para a posterior consolidação dos Elementos Críticos de Segurança Operacional relacionados com a operação dos poços em análise.

Nesta APR foram analisadas consequências relacionadas à segurança pessoal, considerando tanto a situação atual como a situação esperada, denominada risco residual, que se dá estimando-se o efeito da implementação das recomendações.

A Figura 4 demonstra a Matriz de risco adotada.

			Categorias de Frequência				
			Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Possível	Frequente
			A	B	C	D	E
Categorias de Severidade da Consequência	V	Catastrófica	M	M	NT	NT	NT
	IV	Crítica	T	M	M	NT	NT
	III	Média	T	T	M	M	NT
	II	Marginal	T	T	T	M	M
	I	Desprezível	T	T	T	T	M

Fig 4 – Matriz de risco

As categorias de frequência utilizadas estão descritas no Quadro 1.

Categorias de Frequência				
Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Possível	Frequente
A	B	C	D	E
Conceitualmente possível, mas sem referências na indústria.	Não esperado ocorrer, apesar de haver referências em instalações similares na indústria.	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil de um conjunto de unidades similares.	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação.	Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

Quadro 1 – Categorias de Frequência

NOTA 1: Observar que a escala empregada na categorização de frequência em questão não se trata de uma escala intervalar, mas sim de uma escala de diferencial semântico, ou seja, a frequência é estimada por meio de expressões adjetivas que mais se aproximem da frequência de ocorrência do cenário avaliado.

Categorias de Severidade da Consequência				
Pessoas				
Desprezível	Marginal	Média	Crítica	Catastrófica
I	II	III	IV	V
Sem lesões ou no máximo casos de primeiros socorros.	Lesões leves.	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros.	Fatalidade intramuros ou lesões graves extramuros (ver Nota 3).	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros (ver Nota 2).
NOTA 2 O cenário catastrófico para risco às pessoas compreende acidentes de largas proporções com potencial de atingir um número maior de pessoas, inclusive, pessoas da força de trabalho que não necessariamente tenham uma relação direta com o evento de acidente analisado.				
NOTA 3 O cenário crítico para risco às pessoas compreende acidentes com abrangência localizada numa unidade ou planta de processo, com potencial de atingir um número restrito de pessoas (em torno de 3), normalmente, ligadas a uma tarefa específica e relacionadas ao cenário de acidente.				

Quadro 2 – Categorias de Severidade

A Planilha utilizada nesta APR e seu cabeçalho é apresentado na figura 5.

Evento Perigoso	Causas	Consequências	Detecção existente	Salvuarda existente	Freq Atual	Severidade Atual				Risco Atual				Recomendações	Freq Res	Severidade Residual				Risco Residual				Cenário	Observações
						SP	Inst	MA	Im	SP	Inst	MA	Im			SP	Inst	MA	Im	SP	Inst	MA	Im		

Fig 5 – Planilha utilizada na técnica APR

Os campos dessa planilha são descritos a seguir:

Cabeçalho: identifica a operação que está sendo analisada, os documentos utilizados e a data de realização da análise;

Coluna 1 – Evento Perigo: apresenta os perigos identificados para o processo em análise. De forma geral, os perigos são eventos acidentais com potencial para causar danos às instalações, às pessoas envolvidas na operação, ao meio ambiente e à imagem da companhia;

Coluna 2 – Causas: descreve as causas de cada perigo, as quais podem envolver tanto falhas intrínsecas dos equipamentos como erros humanos durante testes, operação e manutenção;

Coluna 3 – Consequências: descreve os efeitos danosos do perigo identificado na primeira coluna;

Coluna 4 – Modo de Detecção (D) / Salvaguardas (S): identifica os modos disponíveis na instalação para a detecção do perigo apresentado na primeira coluna. A detecção da ocorrência do perigo pode ser através de instrumentação bem como através da percepção humana (visual, odor, etc.). Salvaguarda pode ser entendida como toda condição que contribui para amenizar um dado cenário de acidente, seja evitando suas causas ou mitigando suas consequências;

Coluna 5 – Frequência atual: apresenta a categoria de frequência estimada pela equipe de APR para o cenário analisado na condição atual e ainda sem a aplicação das recomendações de caráter preventivo;

Coluna 6 – Severidade atual: apresenta a categoria de severidade atribuída pela equipe da APR para a consequência do cenário analisado na condição atual e ainda sem a aplicação das recomendações de caráter mitigador;

Coluna 7 – Risco atual: apresenta a indicação qualitativa do nível de risco para cada cenário analisado, na condição atual e ainda sem a aplicação das recomendações quer sejam de caráter preventivo ou mitigador, conforme descrito na Matriz de Tolerabilidade Riscos apresentada na

Figura 6 deste relatório, sendo utilizadas três categorias de risco: ‘Não Tolerável’(NT), ‘Moderado’ (M) e ‘Tolerável’ (T);

Coluna 8 – Recomendações: apresenta as recomendações relativas às medidas preventivas ou mitigadoras propostas pela equipe de APR, as quais visam diminuir a frequência do cenário ou minimizar a severidade de seus efeitos;

Coluna 9 – Frequência residual: apresenta a categoria de frequência estimada pela equipe de APR para o cenário analisado na condição esperada após a aplicação das recomendações de caráter preventivo com plena eficiência e eficácia. Caso não haja medidas preventivas repete-se a mesma frequência estimada inicialmente;

Coluna 10 – Severidade residual: apresenta a categoria de severidade atribuída pela equipe da APR para a consequência do cenário analisado na condição esperada após a aplicação das recomendações de caráter mitigador com plena eficiência e eficácia. Caso não haja medidas mitigadoras repete-se a mesma severidade anteriormente atribuída ao cenário;

Coluna 11 – Risco residual: apresenta a indicação qualitativa do nível de risco para cada cenário analisado, na condição esperada após a aplicação das recomendações quer sejam de caráter preventivo ou mitigador, considerando-se a plena eficiência e eficácia das mesmas e classificando-o conforme descrito na Matriz de Tolerabilidade Riscos apresentada na Figura 6 deste relatório, sendo utilizadas três categorias de risco: ‘Não Tolerável’ (NT), ‘Moderado’ (M) e ‘Tolerável’ (T);

Coluna 12 – Cenário ou H.A (Hipótese Acidental): O conjunto de informações “Perigo + Causas + Consequência” é definido como um Cenário ou hipótese acidental (H.A). Essa coluna apresenta um número sequencial ou código alfanumérico único que identifica o cenário de acidente.

Coluna 13 – Observações: São informações explicitadas pela equipe de APR com a finalidade de esclarecer e registrar aspectos julgados relevantes para rastrear as escolhas e decisões durante o estudo de risco.

4. PROCESSO CONSTRUTIVO TÍPICO EMPREGADO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Como descrito por Labegalini et al. (1992) os principais componentes de uma linha de transmissão incluem: estruturas de suporte (torres metálicas), cabos condutores de energia e acessórios, cabos de guarda ou para-raios, elementos isoladores, sistemas de aterramento, acessórios diversos, faixa de segurança, etc. A figura 6 ilustra vários desses componentes.

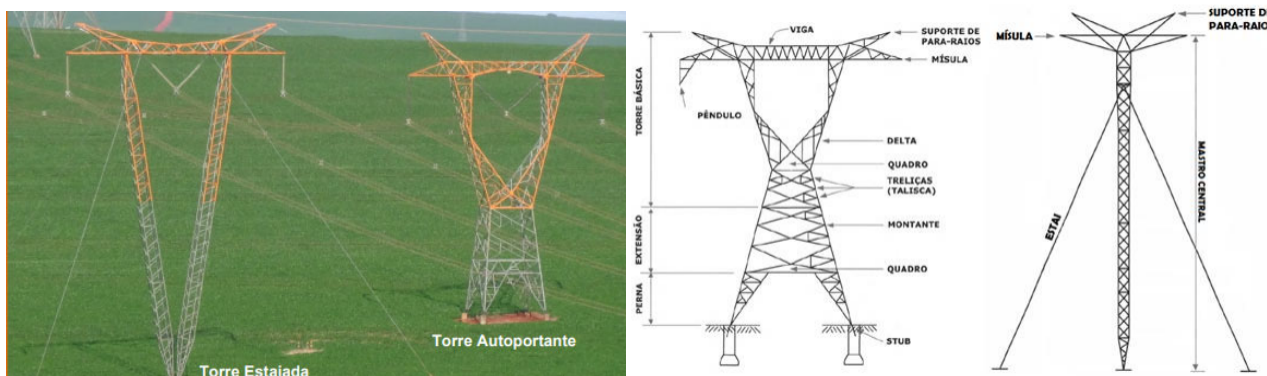


Fig 6 – Tipos de estruturas usuais nas linhas de transmissão no Brasil.
(Fonte: BMTE, 2014)

Segundo descrito por GRIDIS (1986) e Furnas (2012), o processo construtivo tipicamente empregado em linhas de transmissão no Brasil está organizado nas seguintes atividades principais:

- a. **Abertura de picadas e estradas de acesso:** A implantação de uma linha de transmissão naturalmente interfere na vegetação através da abertura de picadas para serviços topográficos e lançamento dos cabos pilotos, abertura das estradas de acesso, implantação de praças de montagem de estruturas e praças de lançamento de cabos pára-raios e condutores. Representa todos os serviços envolvidos na abertura de estradas e caminhos de acesso para cada uma das torres da linha de transmissão com a finalidade de viabilizar vias para transporte de materiais, mão-de-obra e de variados equipamentos pesados, necessários à construção da linha de transmissão.
- b. **Limpeza de faixa:** A abertura e a limpeza da faixa de servidão, tanto no que se refere à supressão total (corte raso) quanto à parcial (corte seletivo), envolve a remoção de árvores ou material lenhoso. Isso inclui: demarcação das áreas faixa de servidão e das obras de apoio; identificação botânica das árvores; corte de cipós; operação de corte e retirada da vegetação; seccionamento e aproveitamento da madeira; transporte da madeira.
- c. **Fundações:** Consiste na construção de estruturas de transição projetadas e executadas com a finalidade de fazer com que, o solo seja capaz de suportar os esforços solicitantes por condições de trabalho, peso próprio e o terreno subjacente. No dimensionamento de fundações das torres de linhas de transmissão são consideradas as seguintes cargas: verticais descendentes que são devidas aos pesos próprios (condutores, cadeias de isoladores, equipamentos eletromecânicos, torres, estruturas de fundações) e às sobrecargas (acidentais, de montagem e de manutenção); horizontais que são devidas ao tensionamento dos condutores, variação de tensões devido a variação de temperaturas, ação de ventos, sobrecargas de montagem, rompimento de condutores, e às solicitações que atuam em um plano horizontal e podem ser longitudinais, transversais ou oblíquas em relação à linha de transmissão; Verticais ascendentes ou de arrancamento que atuam no sentido de baixo para cima (ancoragem de estais ou estruturas no fundo de depressões do terreno). Os tipos mais comumente de fundações empregadas em linhas de transmissão são: tubulações em solo Tipo I e II; tubulões engastados em rocha; blocos ancorados em rocha; sapatas; fundações especiais em estacas. As atividades de fundações podem incluir as seguintes: escavações; concretagem; montagem de fundação metálica; instalação de hastes de âncora e tirantes.
- d. **Sistema de aterramento:** Consiste na instalação de sistema capaz de dispersar as correntes de falta para a terra sem provocar diferenças de potenciais ou tensões induzidas perigosas para seres vivos ou que possam danificar equipamentos localizadas nas proximidades. É um sistema composto por cabos contrapesos e impedâncias instaladas tanto nos pés das torres de ancoragem quanto nas bases do mastro central e estais de estruturas estaiadas. Inclui as seguintes atividades gerais: escavação de valetas; instalações manual e/ou mecânica do cabo contrapeso; reaterro e compactação por apiloamento de terra; cravação de hastes, abertura de furos e conexões para aterramento; medição de resistência de aterramento.
- e. **Montagem de estruturas:** Nessa atividade as treliças das estruturas metálicas são transportadas e amarradas em feixes por cintas metálicas próprias para uso, os parafusos, porcas e arruelas são transportadas. Tem-se a pré-montagem das seções das torres no solo e posterior içamento. Neste processo o conjunto de parafusos, arruelas e porcas não são apertados, de modo que todo o bloco de estrutura se mantenha solto permitindo que durante a montagem seja possível ajustar os encaixes quando içados e encaixados nas estruturas fixas. A montagem manual da torre inicia-se com a instalação dos montantes nas bases da torre, e instalação dos mastros de montagens sobre esses montantes para içamento dos blocos pré-montados. No içamento das seções pré-montadas das torres o encarregado da frente de serviço

deve tomar o cuidado para não submeter os componentes a esforços maiores do que os suportados pelas estruturas e pelas ferramentas, de forma a evitar empenamentos e avarias. Os içamentos ocorrem de duas formas: manual, quando realizada em locais onde não seja possível o acesso de máquinas e equipamentos, sendo permitido o içamento de peças com pesos de até 25kg por trabalhador; ou mecanizada, por meio de guinchos acoplados a tratores com tração 4x4, para o içamento de blocos de maior peso. A figura 7 ilustra a montagem de uma estrutura autoportante.

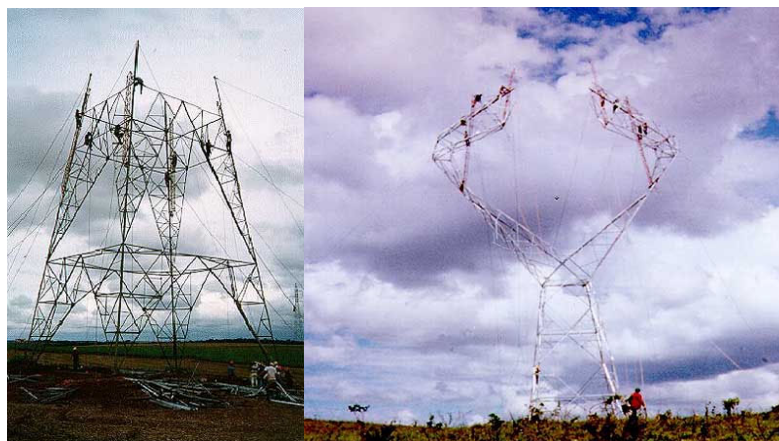


Fig 7 – Montagem de estruturas autoportantes de linha de transmissão.
(Fonte: dos autores deste artigo)

- f. **Lançamento de cabos:** Constitui-se na principal atividade na construção de linhas de transmissão e basicamente, consiste na transferência dos cabos das bobinas de acondicionamento para as estruturas, onde permanecem suspensos em roldanas (também conhecidas por bandolas) até seu tensionamento e fixação definitivos. O lançamento de cabo pára-raios pode ser dos tipos: Cordoalha convencional e de Cordoalha com fibra ótica (OPGW - Optical Ground Wire). O lançamento dos cabos para-raios deve anteceder o lançamento dos cabos condutores. O lançamento de cabos condutores pode ser com os métodos: sem tensão controlada (aplicada em cabos piloto e cabos para raios convencionais) e com tensão controlada (aplicada a cabos condutores e OPGW). Inclui as seguintes atividades gerais: Instalação de cavaletes para travessias (empancaduras); montagem e içamento de cadeias de isoladores com roldanas; distribuição das bobinas de cabos nas praças de lançamento; pretensionamento e ancoragem provisórias através de “morto”; emprego de tensionadores, puxadores e guinchos para lançamento de cabos; aterramentos provisórios dos cabos e equipamentos de lançamento, etc. A figura 8 ilustra uma praça de lançamento de cabos de uma linha de transmissão.



Fig 8 – Praça de lançamento de cabos condutores de linha de transmissão.
(Fonte: dos autores deste artigo)

- g. **Emenda de cabos:** Consiste na interligação definitiva de diferentes seções de cabos condutores e para-raios que se sucedem no lançamento de um ou mais tramos ou para reparar danos sofridos pelo cabo. Os tipos mais comumente usados são: as emendas prensáveis (compostas de duas luvas, sendo a interna destinada a fixar a alma de aço e a externa destinada a fixar o revestimento de alumínio) e as emendas pre-formadas. Os cabos para-raios OPGW tem suas emendas feitas por meio de solda por fusão. A figura 9 ilustra a execução de emenda de cabos de uma linha de transmissão.



Fig 9 – Execução de emenda de cabos condutores de linha de transmissão.
(Fonte: dos autores deste artigo)

- h. **Regulagem de cabos (nivelamento):** Consiste em ajustar os cabos lançados aos valores de tensões mecânicas (decorrentes da dilatação ou retração do condutor, provocadas pela variação de temperatura durante a operação da linha e da ocorrência de curto-circuito.) e de flechamento previstos em projeto. São usuais três métodos de regulagem de cabos a saber: Visada direta, Visada direta aproximada e Visada horizontal.
- i. **Grampeação de cabos condutores e pára-raios:** Consiste na substituição das roldanas utilizadas no lançamento dos cabos condutores e pára-raios pelos grampos de suspensão. Pode ser feito pelo processo de grampeamento convencional por tentativas, mais usual em regiões planas e quando se tem um cabo por fase e o grampeamento deslocado (off-set), mais usual em terrenos desnivelados e mais de um subcondutor por fase. Há critérios específicos para posicionar os contrapinos e sentido e colocação dos parafusos na grampeação. A figura 10 ilustra a atividade de grampeação de cabos de uma linha de transmissão.



Fig 10 – Execução de grampeação de cabos condutores de linha de transmissão.
(Fonte: dos autores deste artigo)

- j. **Ancoragem:** Consistem em transferir os cabos condutores, que até o seu lançamento se encontravam atracados por ancoragens provisórias fixadas ao solo, os chamados “mortos”, à sua ancoragem definitiva na torre de transmissão em estrita observância da flecha estabelecida para o vão. Essa operação requer a prensagem das luvas de ancoragem, içamento dos cabos com emprego de catracas para alívio de esforços nas ancoragens provisórias.
- k. **Revisão final:** Constitui-se na conferência dos serviços de montagem, incluindo-se o torqueamento final dos parafusos, punctionamento e verticalidade.
- l. **Transporte:** Corresponde ao transporte dos materiais, equipamentos e trabalhadores necessários às obras de construção da LT, eletrodos, linhas de eletrodo, estações conversoras e estações repetidoras. O transporte pode ser realizado pela rede viária existente, utilizando veículos apropriados para cada tipo de via, material transportado ou mesmo para o transporte de trabalhadores.

Pela falta de uma base de dados que sintetize todo o histórico de 30 anos em obras de linhas de transmissão de energia elétrica em extra-alta tensão em todo o Brasil, se recorrerá a uma amostra de conveniência, que retrata um período de 30 anos em obras de linhas de transmissão de energia elétrica em extra-alta tensão geridas por Furnas nas regiões Sudeste e Centro-oeste e parte das regiões Sul e Norte do Brasil. Os dados na figura 11 referem-se aos últimos 30 anos de obras de linhas de transmissão de Furnas e constitui-se na atualidade da maior malha de transmissão gerida por uma única empresa no Brasil.

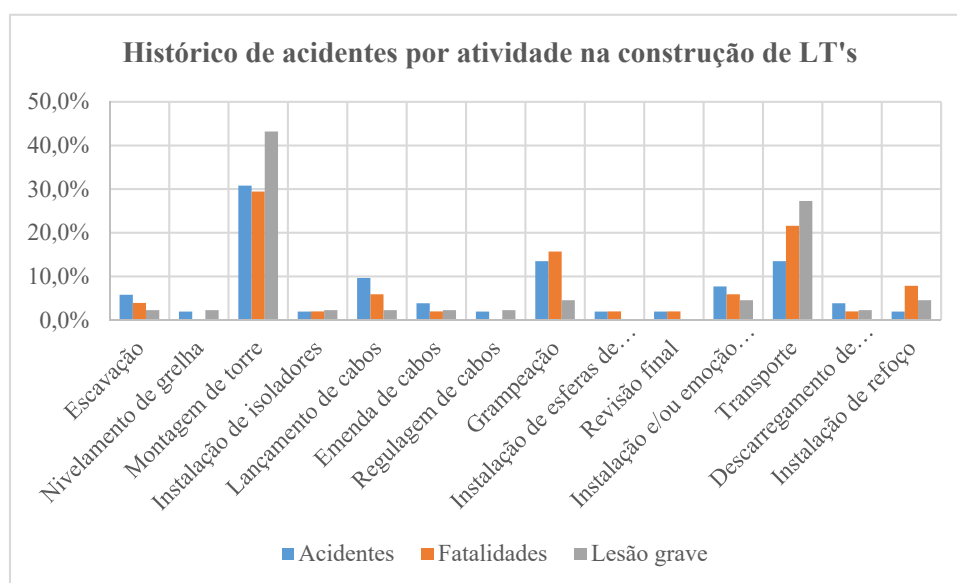


Fig 11 – Histórico de Acidentes Críticos em Atividades de Construção de LT até 2010

Em relação ao total de acidentes 29,4% referem-se à atividade de montagem de torres, 21,6% referem-se às atividades de transporte geral de materiais e outros 15,7% referem-se à atividade de grampeação. Nele se destaca, pela sua criticidade, a atividade de montagem de torres respondeu por 29,4% das fatalidades, seguida pela atividade de transporte em geral de materiais com 21,6% das fatalidades e pela atividade de grampeação com 15,7% das fatalidades observadas. Ou seja, nessas três atividades, tem-se 66,7% das fatalidades nas obras de construção de linhas de transmissão. Também sob o ponto de vista de acidentes que resultaram em lesões graves não-fatais, tem-se que 43,2% dos acidentados referem-se às atividades de montagem de torres, 27,3% se referem à atividade de transporte de materiais, e 4,5% se referem a cada uma das atividades de grampeação, instalação de reforços e instalação e remoção de empancaduras. Disso se verifica que nos três critérios, seja por total de acidentes, por fatalidades ou por lesões graves, tem-se destacadas as atividades de montagem de torres, transporte de materiais e grampeação de cabos, e em todos, tem-se no topo a atividade de montagem de torres.

Esse histórico permaneceu praticamente invariável até a implantação do Método de Segurança em Escalada de Estrutura Metálica, em 2010 a partir de onde não mais se verificou acidentes com fatalidade na atividade específica de montagem de torres nas obras de construção de linhas de transmissão sob gestão da citada companhia. É importante que se registre que durante muitos anos a atividade de construção de linhas de transmissão foi caracterizada por serviços sendo executados em estruturas elevadas de linhas de transmissão em condições precárias, estando o trabalhador utilizando somente o cinto de couro abdominal e com toda a movimentação sendo feita sem um ponto de conexão, ou seja, o trabalhador só tinha segurança quando estivesse atracado à estrutura, estando suscetível a quedas de grande altura, sujeitando-se a lesões graves e fatalidades. O cinto de couro abdominal, devido a sua constituição não favorecia para que fossem incorporados novos procedimentos quanto à escalada, movimentação e resgate dos trabalhadores em altura.

5. PERIGOS IDENTIFICADOS PARA DE MONTAGEM DE ESTRUTURAS AUTOPORTANTES E/OU ESTAIADAS.

Após a aplicação da metodologia da APR descrita no item 3, tem-se no quadro 3 um resumo dos principais perigos de caráter geral identificados para a atividade de Montagem de Estruturas Autoportantes e/ou Estaiadas.

PERIGOS	MEDIDAS DE CONTROLE
Impacto com ferragens	Utilizar EPI, tais como: capacetes de segurança, botinas de couro com sola de borracha antiderrapante e sem pregos, luvas de raspa de couro, calças e camisas.
Cortes e ferimentos	As ferramentas devem ser transportadas nos veículos em caixas de madeira fechadas (com cadeado ou outro dispositivo), fixadas na carroceria. As ferramentas de corte devem possuir bainhas ou outro tipo de proteção.
Queda de pessoa em nível diferente	Os montadores devem usar cintos de segurança tipo paraquedista, capacetes com jugular, botinas de couro com sola de borracha antiderrapante e sem pregos, luvas de raspa de couro, calça, camisa, evitando roupas largas e soltas, nos trabalhos em alturas elevadas. (É proibido o uso de botas de borracha para este trabalho). Os cintos de segurança devem ser sempre guardados e revisados. Para a conservação do couro, deve se utilizar óleo apropriado e nunca de origem mineral. O talabarte deve ser fixado em local seguro, que sustente com segurança o peso do operário, sendo tomada a precaução de não ser preso em peças frágeis ou soltas. Os capacetes devem ser bem ajustados à cabeça admitindo circulação de ar junto à mesma e serem seguros ao queixo através de jugular. É proibido o trabalho de operários descalços, com chinelos ou seminus. Quando em deslocamento (subida ou descida) nas torres, o operário deve ter as suas mãos inteiramente livres. Para o transporte de suas ferramentas ou pequenas cargas (peças), deve utilizar sacolas, cintos de segurança tipo paraquedista apropriados e cordas auxiliares.
Queda de ferragens, ferramentas etc., sobre as pessoas.	Para o içamento de unidades mais pesadas sejam ferramentas, peças ou conjunto pré-montados, utilizar cordas apropriadas acionadas pelos operários auxiliares de serviço no solo. Eventualmente, em casos especiais, são utilizados guindastes com lanças para grandes capacidades de elevação ou mesmo helicópteros de carga. Para o içamento de peças, ferramentas etc., deve-se utilizar material não condutor (cordas). Todo o equipamento utilizado para o içamento de peças ou conjuntos deve ser diariamente inspecionado, colocando-se em sucata aqueles considerados gastos ou deteriorados no ponto em que sua utilização seja posta em dúvida. Fazer manutenção periódica do equipamento, de acordo com as instruções do fabricante. Verificar se a resistência dos equipamentos de içamento está compatível com a carga a ser içada (cordas, estropos, roldanas, talhas, thirfor, falcão etc.). O falcão deve ser deslocado lentamente e estar adequadamente fixado, utilizando-se estaiamento quando necessário. Os conjuntos e peças devem ser içados lentamente, de forma a logo de início, determinar-se sua melhor condição de equilíbrio. Instalar rabicho para facilitar o içamento dos conjuntos de peças. Os conjuntos e peças não devem ser movimentados sobre os operários que estiverem trabalhando ao nível do solo, nem estes devem transitar sob as cargas suspensas.

	As peças devem ser organizadas (escaladas) no solo, a partir da base da torre e afastando desta, de forma que, na operação de içamento, os trabalhadores não fiquem expostos ao risco de queda de peças já içadas ou em içamento.
--	---

Quadro 3 – Resumo dos principais perigos de caráter geral identificados para a atividade de Montagem.
(Fonte: dos autores deste artigo)

6. ANÁLISE E PROPOSIÇÕES PARA A SEGURANÇA EM OBRAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

As atividades de construção de linhas de transmissão têm sua performance determinada pelo grau de maturidade da cultura de segurança. Onde a cultura de segurança pode ser entendida como um conjunto de maneiras de fazer as coisas e maneiras de pensar amplamente compartilhadas pelos atores de uma organização sobre o controle dos riscos mais importantes relacionados às suas atividades.

Na descrição feita por Daniellou et al (2013) a prevenção dos acidentes se apoiou, inicialmente, sobre uma concepção técnica, em que o trabalho dos engenheiros permitiu preservar a integridade das instalações em situações não habituais. Contudo, essas ações técnicas e de organização possibilitaram, em certos setores, uma diminuição contínua de acidentes ligados ao processo. Mas, em muitas organizações, essa melhora marca um patamar, e o reforço dos formalismos não leva a uma diminuição das falhas. Esse comportamento é ilustrado na figura 12.

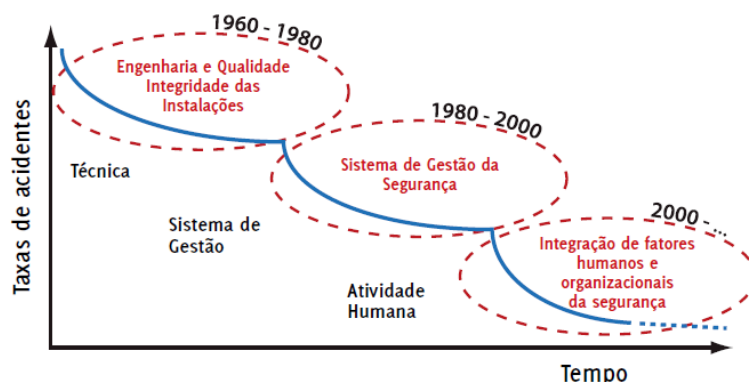


Fig 12 – Abordagens sucessivas da segurança industrial
(Fonte: Daniellou et al., 2013)

Os esforços evolutivos na área da segurança de obras de linhas de transmissão, sobretudo na montagem de estruturas, seguem de forma bastante aderente a este modelo da figura 12. A experiência demonstrou que este processo se desenvolveu partindo-se inicialmente de uma abordagem estritamente técnica, com a adoção do Método de Segurança em Escalada de Estrutura Metálica, que contribuiu significativamente para a redução do total de acidentes, de fatalidades e de lesões graves e sem dúvidas trouxe vários benefícios nos trabalhos em estruturas elevadas, dentre os quais pode-se citar:

- Utilização de equipamento e materiais de qualidade superior à que tradicionalmente se empregava nessas atividades em estruturas de torres de transmissão;
- Movimentação horizontal e vertical nas estruturas de torres de transmissão em condições seguras;
- Melhoria das condições de segurança dos trabalhadores nas atividades em estruturas de torres de transmissão;
- Padronização dos procedimentos das equipes nas atividades de trabalho em estruturas de torres;

Além do método de escalada, outras práticas passaram a ser incorporadas na montagem de torres como por exemplo: montagem de estruturas com utilização de painéis de proteção para evitar aproximação excessiva com linhas de transmissão paralelas já operantes; obrigatoriedade de uso de ancoragens provisórias com estruturas do tipo “morto” em solo compactado. E em outras atividades da construção destacou-se o emprego

de: Escoramento em todas as faces das cavas de fundações e escavação em diagonal para reduzir o risco de desmoronamento.

Seguiu-se na escalada evolutiva a abordagem calçada nos sistemas de gestão, que se caracterizou pelos seguintes aspectos: investimentos em sistemas integrados de gestão; seleção de empreiteiras e fornecedores com base em critérios de responsabilidade social; comunicação destacando a legislação como direito e não aspectos punitivos; adoção de treinamentos breves sincronizando com o turn-over das equipes; utilização de filmes didáticos sobre métodos seguros de trabalho e compatibilidade do uso de EPI; adoção de check-lists por atividades de construção da linha de transmissão.

Somente a título de ilustração da eficiência dessa abordagem tem-se no quadro 4.

Linha	Extensão	Trabalhadores	Treinamentos	Resultado
LT-500-SMSB-II	249km	900	24	Sem acidentes graves ou fatais
LT-500-SMGU-I	257km	750	10	Com acidentes graves ou fatais
LT-500-GUMI-I	254km	850	19	Sem acidentes graves ou fatais
LT-750-IVIA	272km	2.100	135	Sem acidentes graves ou fatais
LT-750-IATP	313km	2.280	219	Com acidentes graves ou fatais

Quadro 4 – Resultados da abordagem de gestão nas atividades de construção de LT.

Da análise do quadro 4, não se pode concluir que a performance seja influenciada apenas pelo alcance e quantidade dos treinamentos disponibilizados, pois os dois extremos, quando se teve menos treinamento e quando se teve mais treinamentos foram as situações em que se registraram acidentes graves e fatais.

Segundo Daniellou et al. (2013), a redução da frequência de acidentes per si, não garante a diminuição da incidência de acidentes de trabalho graves ou fatais, ou seja, ela não é garantia de redução de riscos tecnológicos. Não é correto se estabelecer que a segurança seja uma mera questão de comportamento frente aos riscos, pois conforme defende Daniellou et (2013) o comportamento é apenas a parte observável da atividade e a maior parte da atividade não é observável, isto é, ficam ocultas por fatores humanos tais como: a percepção, as representações, as decisões, as emoções e muitos outros. Desse modo, os fatores humanos interessam pelo fato de que facilitam ou dificultam uma atividade humana eficiente e segura.



Fig 13 – Extremos das atividades laborais: Ultra-normalizadas e Ultra-adaptativas

Fonte: Amalberti e Morel (apud Daniellou, 2019)

Uma melhor compreensão se dá com o entendimento dos extremos em que pode estabelecer as atividades humanas. Segundo Amalberti e Morel (apud DANIELLOU, 2019) deve-se admitir que existem dois extremos de atividades laborais. Tem-se por um lado atividades ultra-normalizadas, isto é aquelas que se caracterizam por: acidentes pouco numerosos com gravíssimas consequências; instância de controle internacional: o poder está nos reguladores; grande número de barreiras técnicas e de procedimentos com investimentos consideráveis em segurança; nenhuma exposição voluntária ao risco, isto é, parada do sistema se todas as condições não estiverem atendidas; formação baseada em procedimentos; improvisação proibida.

Tem-se por outro lado as atividades ultra-adaptativas que se caracterizam por: acidentalidade elevada apesar de uma preocupação real com a segurança; a exposição ao risco faz parte do trabalho, num ambiente em mudança constante e às vezes imprevisível; as regras existem, mas são poucas e entende-se que o formalismo extremo eliminaria a atividade; a segurança repousa sobre a experiência dos líderes e sobre sua capacidade de tomar decisões pertinentes rapidamente, ou seja, o poder é dos especialistas; há a cultura da façanha, da aventura, do talento.

A atividade de montagem de torres de linhas de transmissão, que é focal nesse estudo, transita entre os extremos do ultra-normatizado ao ultra-adaptativo e, essa compreensão é fundamental para que se possam auferir resultados duradouros e consistentes em termos de performance de segurança dessa atividade. Nessa abordagem, o erro humano precisa ser entendido como uma consequência e não como causa. A própria performance alcançada ao longo do tempo, com a introdução de uma abordagem ainda muito calçada na gestão, mas que é completamente incipiente em termos de fatores humanos, revela essa realidade, tendo em vista que a abordagem fortemente calçada na gestão em geral apresenta os seguintes fatores limitantes para reduções incrementais consistentes nas taxas de acidentes: extrema atenção dada aos formalismos descendentes, destinados a prescrever as condições para uma produção segura; procura de responsabilidades, preferencialmente relacionadas ao comportamento dos trabalhadores, com poucos questionamentos a respeito da contribuição da organização e da gestão; pouca atenção consagrada à realidade das situações verdadeiramente encontradas pelos trabalhadores envolvidos nas atividades de fabricação, gestão de matérias primas e do fluxo e manutenção.

Uma das razões que sustenta essa limitação na melhoria da performance de segurança nas atividades de montagem pode ser explicada pelo fato de que os formalismos e as regras de segurança do trabalho em geral, só preparam o sistema no que diz respeito às configurações que foram previstas e têm um papel importante na capacidade de enfrentar essas situações. Mas muito provavelmente, vão ocorrer, na atividade real de produção, situações que não foram antecipadas e daí a resposta do sistema vai depender dos recursos locais das equipes e do gerenciamento disponíveis em tempo real.

7. CONCLUSÕES

O histórico de construção de linhas de transmissão no Brasil se caracteriza como uma atividade especializada de construção que apresenta diversas peculiaridades enquanto obra de canteiro aberto sujeita diferentes condições de risco que podem influenciar não apenas os custos e cronogramas dessas obras, mas produzir importantes consequências sociais e ambientais tanto com as populações e comunidades próximas, quanto com os próprios trabalhadores sujeitos a variados tipos de acidentes que podem resultar em óbitos e lesionados graves.

O processo de gestão de riscos nas atividades de construção aponta que as atividades que envolvem a montagem de estruturas, transporte de materiais em geral e grampeação de cabos, com a significativa dominância da montagem, são dominantes em termos de acidentes, fatalidades e lesões graves, justificando-se assim a maior concentração na atividade de montagem de torres autoportantes ou estaiadas.

A redução de acidentes, fatalidades e lesões graves na atividade de montagem de torres de linhas de transmissão foi fortemente reduzida com a introdução de melhores métodos de execução, e bastante aperfeiçoado com a introdução de melhores práticas de gestão de segurança e saúde nesse tipo de atividade, mas não tem se mostrado satisfatórias para a promoção de reduções incrementais e consistentes de acidentes, fatalidades e lesões graves, que possam tornar essa atividade segura o bastante para que não se tenha, como subproduto dessas obras, esse inaceitável resultado representado pelos acidentes e suas consequências.

Mesmo a utilização de uma técnica de análise de riscos consistente e robusta, como a APR, somente tem o potencial para preparar para os cenários, causas e consequências identificadas no que diz respeito às configurações que foram previstas nos estudos.

A adoção de um modelo de abordagem baseado em fatores humanos, considerando a natureza da atividade de montagem de torres de linhas de transmissão, num nível intermediário entre as atividades ultra-normatizadas e as atividades ultra-adaptativas, que a seu tempo, têm sido bem sucedidas na indústria de processo, dá indicativos de ser a abordagem adequada para a redução sistemática e consistente de perdas por acidentes do trabalho nas obras de linhas de transmissão como um todo.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores pelos comentários e recomendações para melhoria do texto.

9. CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse com relação à pesquisa, autoria e/ou publicação deste artigo.

10. REFERÊNCIAS

- [1] ELETROBRAS. BRASIL: Mapa da Evolução da Transmissão da Década de 1960 a 2018. Rio de Janeiro: Centrais Elétricas Brasileiras: Diretoria de Transmissão, 2018. 1 mapa, color. (2018).
- [2] LABEGALINI, P.R.; LABEGALINI, J.A.; FUCHS, R.D.; ALMEIDA, M. T. Projetos Mecânicos das Linhas de Transmissão. 2ª Edição. Blucher, São Paulo, (1992).
- [3] FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. Furnas. Relatório Anual 2018, 2019.
- [4] DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE–Empresa. Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. Ministério de Minas e Energia–Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, (2019).
- [5] GRAY, D. E. Doing research in the real world. Sage, (2013).
- [6] SŁOMKA, A. Ryzyko zawodowe w budownictwie. PIP, GIP, Warszawa 2005(2005).
- [7] ISO/IEC 31000 - Risk management: Principles and guidelines (2018).
- [8] BMTE. Relatório de Impacto do Meio Ambiente: Linha de Transmissão CC ± 800 kV Xingu / Estreito. Rio de Janeiro: BMTE (2014).
- [9] GRIDIS. Fases, Frentes de Trabalho e Atividades Desenvolvidas na Construção de Linhas de Transmissão (Guia) / Grupo de Intercâmbio e Difusão de Informações sobre Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/DECP, (1986).
- [10] FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. Construção de Linhas de Transmissão, Rio de Janeiro, (2012).
- [11] DANIELLOU, F.; SIMARD, M.; BOISSIÈRES, I. Fatores humanos e organizacionais da segurança industrial: um estado da arte. (2013).
- [12] DANIELLOU, F. Cultura de segurança e prevenção de acidentes graves, fatais e tecnológicos maiores. Seminário de Cultura de Segurança. Rio de Janeiro. (2019).