



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO - III**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO**

**Leandro Henrique Bona Puchale (\*)  
CEEE-GT**

**RESUMO**

Este artigo analisa o histórico de incidência dos defeitos em linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, com o objetivo de implementar melhorias no programa de manutenção. Para tanto, duas metodologias são apresentadas: a primeira classifica os defeitos quanto ao risco à funcionalidade do sistema, visando estabelecer diretrizes à manutenção corretiva programada e a segunda metodologia estabelece a periodicidade das inspeções detalhadas em função do histórico de incidência de defeitos ao longo da linha de transmissão.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linhas de Transmissão, Manutenção, Inspeção

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A legislação aplicável ao setor elétrico brasileiro e os Contratos de Concessão de Transmissão estabelecem a necessidade da prestação do serviço público adequado e que o mesmo contenha requisitos de qualidade do serviço de transmissão de energia elétrica associada à disponibilidade das instalações - ANEEL (1).

As transmissoras disponibilizam suas instalações para a operação do Sistema Interligado Nacional - SIN, firmando o Contrato de Prestação de Serviços de Transmissão – CPST com o Operador Nacional do Sistema (ONS), e em contrapartida, recebem uma Receita Anual Permitida – RAP, independentemente do fluxo de energia que passa por suas instalações. Assim, uma forma efetiva para regular a qualidade do serviço é a que vincula a receita auferida à disponibilidade plena das instalações. A Resolução Normativa N° 270 de 26 de junho de 2007, estabelece que o Pagamento Base recebido pela concessionária por uma Função Transmissão – FT – estará sujeito a desconto da Parcela Variável por Indisponibilidade e da Parcela Variável por Restrição Operativa Temporária. Portanto, a indisponibilidade de uma FT pode acarretar descontos significativos de receita à concessionária, além de causar desgaste na imagem da mesma, bem como prejuízos para terceiros.

Para um programa de manutenção ser eficaz, torna-se peça fundamental assegurar a confiabilidade das instalações, e consequentemente atingir os níveis de qualidade impostos pelo órgão regulamentador quanto à disponibilidade operacional, evitando dessa forma perdas financeiras à concessionária.

O objetivo desse trabalho é melhorar a qualidade e a eficiência do Programa de Manutenção de Linhas de Transmissão (LTs) da CEEE-GT com base na análise dos dados do histórico de manutenção (inspeções, manutenções corretivas, etc.), visando otimizar a periodicidade de intervenção e fornecer diretrizes para a priorização das atividades pendentes. O referido histórico de manutenção consiste no registro de dados sobre ocorrências de defeitos ou anomalias em LT, cadastrados a partir do ano 2004, sendo que esse universo compreende aproximadamente 150 tipos de ocorrências distintas e padronizadas que podem ser encontradas nos

(\*)Joaquim Porto Villanova, n° 201 – sala 205 - Prédio F – CEP 91.410-400 - Porto Alegre, RS – Brasil  
Tel: (+55 51) 3382-4979 – Fax: (+55 51) 3382-4395 – Email: leandrobp@ceee.com.br

principais componentes de uma LT – estrutura, isolador, condutor, etc. – coletados durante a realização das inspeções periódicas ou manutenções corretivas das LTs do sistema da CEEE-GT.

## 2.0 - MANUTENÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NA CEEE-GT

Encontramos na bibliografia diversas definições adotadas para o termo manutenção. De acordo com Pinto (2), a manutenção visa garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados. Para Moubay (3), a manutenção deve assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que os seus usuários querem que ele faça. Conforme Petrillo (4), independente de qual definição venha a ser adotada, verifica-se que a idéia de manutenção está ligada às atividades e ações com o propósito de manter a função de um sistema dentro de parâmetros estabelecidos.

A maneira de como é realizada a intervenção define basicamente quatro tipos principais de manutenção que são: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção proativa ou engenharia de manutenção.

Atualmente, o segmento de manutenção de LTs da CEEE-GT é responsável por 15,3 mil estruturas que sustentam 6.054 quilômetros de linhas de transmissão, nos níveis de tensão de 230 kV na rede básica e de 138 kV e 69 kV nas demais instalações. Devido às peculiaridades desse sistema de transmissão, que compreende LTs instaladas por todo o Estado do Rio Grande do Sul, a empresa possui equipes descentralizadas de manutenção executiva de LTs em sete regionais. Cada regional é responsável por atender o seu plano de manutenção específico, o qual contempla basicamente atividades de manutenção preventiva (inspeções), corretivas programadas e/ou corretiva de emergência.

### 2.1 Manutenção Preventiva em LTs: Inspeções

A manutenção das LTs da CEEE-GT é baseada em inspeções visuais periódicas em todas as estruturas e demais componentes das LTs. O objetivo das inspeções é detectar possíveis defeitos (anomalias), possibilitando efetuar a correção antes dos mesmos evoluírem de modo a causar uma falha (Indisponibilidade da FT).

De acordo com ONS (5), o defeito é definido como qualquer anormalidade detectada em um equipamento ou LT que não o impossibilite de permanecer em funcionamento ou disponível para a operação, mas afete o grau de confiabilidade e/ou desempenho especificado ou esperado.

O Programa de Manutenção da CEEE-GT estabelece basicamente três tipos de inspeções:

- Terrestre Sem escalada na Estrutura – Tipo “A”
- Terrestre Com Escalada na Estrutura (inspeção detalhada) – Tipo “B”
- Aérea (Com Helicóptero) – Tipo “F”

A periodicidade da inspeção tipo B, nos últimos anos, tem sido anual para praticamente todas as LTs do sistema, acrescido de uma inspeção tipo F para as que operam em 230 kV (84 % do sistema). A inspeção tipo “A” é aplicada de forma complementar à “B” em algumas LTs específicas (estrutura de madeira, áreas de vandalismo, vegetação, etc.).

O inspetor registra como defeito todas as não-conformidades encontradas percorrendo a LT. Esse registro é feito em planilhas de inspeção identificando: Tipo do defeito (código padronizado); Localização do defeito na LT (número da estrutura do defeito); Prioridade e Procedimento necessário à manutenção corretiva. Ao retornar de campo, as informações da inspeção são armazenadas no sistema (software) de gerenciamento de manutenção. Esses registros formam o banco de dados com o histórico de defeitos, sendo possível obter relatórios dos defeitos registrados, pendentes e corrigidos para cada LT. São as informações contidas nesse banco de dados que balizam as estratégias de manutenção corretiva das equipes de campo.

A eficiência de uma inspeção, independentemente do tipo, está diretamente relacionada à experiência e habilidade do inspetor (eletricistas de LT), que deve ter conhecimento da função e critérios de projeto da estrutura, condutores, isoladores e outros componentes. Eles devem ser capazes de reconhecer qualquer anomalia ou defeito que podem vir a causar uma falha na LT.

### 2.2 Manutenção Corretiva Programada (MCP) e Corretiva de Emergência (MCE)

A Manutenção Corretiva Programada visa sanar os defeitos encontrados na inspeção de forma planejada, ou seja, antes da evolução do defeito até uma falha. Um programa de manutenção eficaz deve manter o equilíbrio entre os defeitos registrados nas inspeções e a sua MCP a fim de manter a confiabilidade do sistema. A MCP engloba desde serviços mais simples, que não necessitam grande qualificação de mão de obra, como no caso de atividade

de supressão vegetal ao longo da faixa de segurança da LT, até trabalhos altamente especializados, que dependem de elevada qualificação profissional como, por exemplo, trabalhos em instalação energizada.

A Manutenção Corretiva de Emergência é toda atividade não programada executada após a ocorrência de uma falha. Portanto, esse tipo de intervenção está relacionado com indisponibilidade operacional da LT.

### 2.3 Análise do Programa de Manutenção de LTs

A Figura 1, a seguir, representa os defeitos registrados, corrigidos e pendentes a cada ano para o sistema de transmissão de uma equipe de manutenção da CEEE-GT. Observa-se que o número de defeitos corrigidos/ano tem sido menor do que a quantidade registrada/ano, assim sendo, há uma tendência de aumento no número de defeitos pendentes acumulados no sistema. A consequência disso é que no final do ano de 2010 o número de defeitos pendentes acumulados (2.215) corresponde a 45,3% do total de defeitos que foram detectados (registrados) no período 2004-2010. Verifica-se, portanto, que o equilíbrio entre a detecção do defeito e sua correção necessária para manter a confiabilidade da FT, não vem ocorrendo de forma ideal, assim é importante estabelecer em curto prazo uma estratégia de avaliação e correção dos defeitos pendentes prioritários.



Figura 1 - Defeitos registrados, corrigidos e pendentes acumulados

Além do acúmulo de defeitos pendentes no sistema, percebe-se, com base no demonstrativo de mão-de-obra das equipes, que as atividades de inspeções têm representado a maior parcela dentro do programa de manutenção de LTs (entre 35% e 40%). Isso tem ocorrido principalmente em função da periodicidade anual da inspeção terrestre detalhada para praticamente todas as LTs do sistema. Conseqüentemente, em algumas regionais, há necessidade de contratação de empresa terceirizada para a realização de serviços de manutenção corretiva programada, refletindo em custos à empresa em atividades fins, que deveriam ser realizadas com pessoal próprio.

Isso posto, o programa de manutenção necessita ser avaliado quanto a sistemática de execução da MCP (priorização de defeitos) e na distribuição das atividades, principalmente no que se refere à inspeção detalhada.

### 3.0 - NÍVEL DE RISCO DOS DEFEITOS E PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CORRETIVAS PROGRAMADAS

A Figura 2 ilustra o que acontece nos estágios anteriores à falha. É chamada de curva P-F, porque mostra quando a falha começa, deteriorando até um ponto no qual pode ser detectada (ponto "P") e então, se não é detectada e corrigida, continua a se deteriorar (geralmente num ritmo acelerado) até que alcance o ponto de falha funcional ("F").

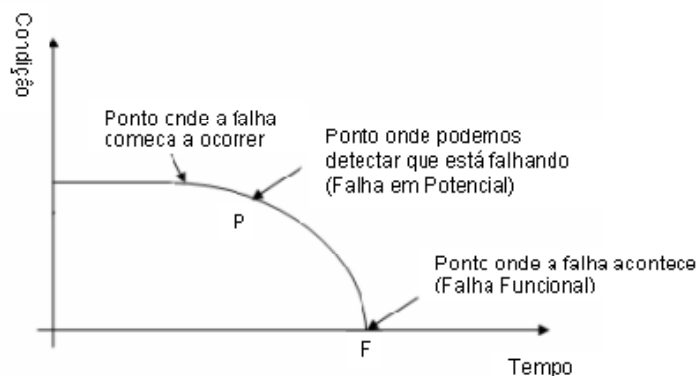


Figura 2 – Curva P-F (MOUBRAY)

O ponto no processo de falha no qual é possível detectar se a falha está ocorrendo ou se está próxima de ocorrer (ponto "P") é denominado como ponto de Potencial de Falha, ou seja, é o defeito. Se o ponto de potencial de falha é detectado entre os pontos P e F, pode ser possível tomar ações para prevenir ou evitar as consequências da falha funcional.

### 3.1 Classificação dos defeitos quanto ao nível de risco

Os defeitos verificados nas inspeções de LTs que estão associados ao banco de dados da CEEE-GT têm sua prioridade de reparo identificada pelo inspetor com base na seguinte classificação:

- Prioridade 0 (zero): Reparo deve ser urgente
- Prioridade 1: Reparo imediato
- Prioridade 2: Reparo em menos de um ano
- Prioridade 3: Reparo pode ser realizado em mais de um ano

A prioridade é uma premissa do tempo esperado entre a constatação de uma necessidade de manutenção e o início desta. Salienta-se que a classificação do tipo de prioridade de um defeito é um processo subjetivo que depende basicamente do conhecimento e da experiência do inspetor.

A filosofia de classificação dos defeitos quanto à prioridade considera basicamente o estado do componente no qual o problema foi detectado. Desse modo, um defeito num componente não crítico para a LT como, por exemplo, no sistema de aterramento, pode estar vinculado a uma prioridade zero em virtude do elevado estado de degradação do componente, mas se analisarmos sobre a ótica da função, esse tipo de defeito não coloca em risco a operacionalidade LT. Assim, a consequência ou severidade do defeito para a função (LT) é o ponto relevante para estabelecermos níveis de risco aos defeitos e definir a estratégia de manutenção corretiva para esse defeito.

O nível de risco do defeito será a composição de dois vetores: a consequência e a probabilidade de evoluir até a falha. A consequência do defeito pode ser resumida em duas: Falha Funcional (LT não transmitir energia) ou Outra (qualquer que não cause falha da função). Embora possa haver diferentes consequências associadas à falha funcional da LT (risco ou não a terceiros, por exemplo), iremos tratá-la sob a ótica da disponibilidade operacional da função transmissão visando simplificar a análise.

A probabilidade do defeito evoluir até a falha pode ser relacionada com a prioridade de reparo informada pelo inspetor, ou seja, defeitos com prioridade zero possuem maior probabilidade de falha que os defeitos prioridades 1, já os defeitos prioridades 1 tem mais probabilidade de falha que os prioridades 2 e assim por diante, ou seja, quanto menor a prioridade menor o intervalo P-F e conseqüentemente a probabilidade da falha é maior.

Dessa forma, o seguinte critério de classificação será adotado na análise dos dados de defeitos:

- Alto Risco (AR): Defeitos que podem causar a falha funcional, que foram classificados com prioridade zero na inspeção.
- Médio Risco (MR): Defeitos que podem causar a falha funcional, que foram classificados com prioridade 1 ou 2 na inspeção.
- Baixo Risco (BR): Defeitos que podem causar a falha funcional, que foram classificados com prioridade 3 na inspeção.
- Sem Risco (SR): Defeitos que não causam a falha funcional, que foram classificados com qualquer prioridade na inspeção.

Podemos sistematizar o critério descrito quanto ao nível de risco, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de Risco dos defeitos (Matriz Consequência x Prioridade)

Consequência do defeito	Prioridade do defeito (definida na inspeção)			
	3	2	1	Zero
Falha Funcional	Baixo Risco (AR)	Médio Risco (MR)	Médio Risco (MR)	Alto Risco (AR)
Outra	Sem Risco (SR)	Sem Risco (SR)	Sem Risco (SR)	Sem Risco (SR)

Aplicando a metodologia acima aos dados da equipe de manutenção apresentados na Figura 1, obtemos a classificação dos defeitos conforme nível de risco da Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Defeitos classificados quanto ao nível de risco

Nível de Risco	Nº Defeitos Registrados	Nº Defeitos Corrigidos	Nº Defeitos Pendentes	Índice de correção <sup>1</sup>
AR – Alto Risco	298	298	0	100,00%
MR – Médio Risco	1425	779	646	54,67%
BR – Baixo Risco	1146	628	518	54,80%
SR – Sem Risco	2544	1493	1051	58,69%
Total Geral	5413	3198	2215	59,08%

Observa-se que a manutenção corretiva (defeitos corrigidos) está priorizando os defeitos de alto risco (100% corrigidos), entretanto defeitos com médio risco não se observa priorização (54,67% corrigidos) em relação aos defeitos de baixo risco (54,80% de correção) e sem risco (58,69% de correção). A análise dos defeitos pendentes acumulados mostra que os defeitos classificados como Médio e Baixo Risco correspondem a mais da metade do quantitativo de defeitos pendentes, e conseqüentemente podem vir a comprometer a confiabilidade do sistema se não for estabelecida uma estratégia de correção.

Um programa de manutenção corretamente planejado deve alocar recursos onde eles trarão maiores benefícios considerando todos os aspectos de risco e custos associados a uma eventual falha ou indisponibilidade da FT. Está implícita nesta filosofia que intervenções por “oportunidade” sem a devida avaliação dos riscos mitigados poderão retirar recursos de intervenções realmente necessárias.

O critério de priorizar as intervenções de acordo com o risco, por meio da aplicação da matriz da Tabela 2, será eficaz tanto para priorizar as intervenções quanto para decidir onde intervir. Nesse sentido, a Figura 3, a seguir, apresenta o panorama dos defeitos por nível de risco para cada LT do sistema em estudo. Visando estabelecer o comparativo da incidência de defeitos entre LTs utilizamos a razão entre quantidade de defeitos pela extensão em quilômetros da respectiva LT.

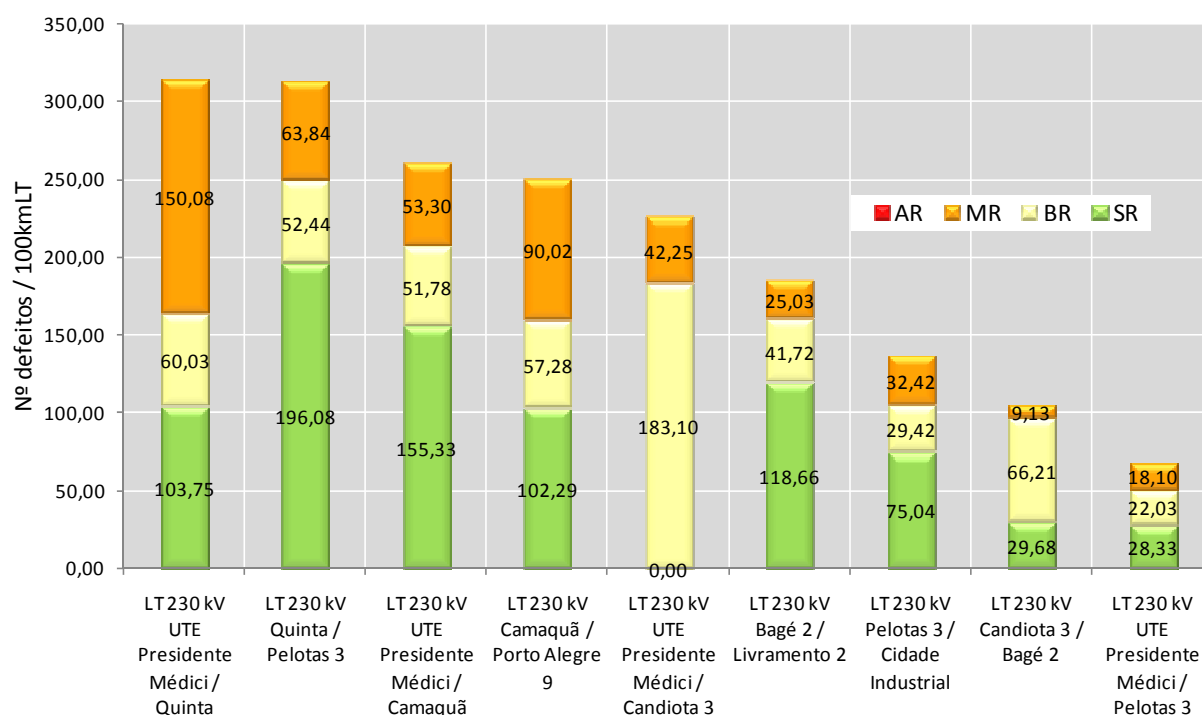


Figura 3 - Defeitos pendentes (AR, MR, BR e SR) para cada LT no período 2004-2009

Observa-se na Figura 3, que existem linhas com incidência expressivas de defeitos pendentes classificados com risco (MR e BR). Destaca-se como prioritários para correção os maiores quantitativos de defeitos pendentes de MR incidentes na LT UTE Presidente Médici / Quinta (150,08 defeitos pendentes MR / 100kmLT) e LT Camaquã / Porto Alegre 9 (90,02 defeitos pendentes MR / 100kmLT), além das demais LTs embora em menor quantidade.

<sup>1</sup> Índice de Correção: É a razão entre o Nº de defeitos Corrigidos e o Nº de defeitos Registrados em percentual.

#### 4.0 - METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA PERIODICIDADE OTIMIZADA DAS INSPEÇÕES

O estabelecimento de periodicidade otimizada das inspeções visa evitar o excessivo dispêndio de recursos nessas atividades dentro do programa de manutenção conforme já salientado anteriormente. A metodologia em questão baseia-se em dois conceitos fundamentais: taxa de defeitos ( $\delta$ ) e tempo médio entre defeitos (TMED) conforme será detalhado a seguir.

Taxa de defeitos ( $\delta$ ): representa o número de defeitos registrados num determinado período de tempo ( $\Delta t$ ), conforme equação a seguir:

$$\delta = \frac{\text{Número de Defeitos}}{\Delta t}$$

Salienta-se que o número de defeitos registrados num período de tempo ( $\Delta t$ ), considerado para o cálculo, é a que se refere aos defeitos classificados como com risco (AR, MR e BR), conforme classificação apresentada no item 3.1. Os defeitos que não apresentam risco à FT, não serão contabilizados na análise por não acarretar falha funcional à LT conforme já visto anteriormente.

Considerando ainda que os defeitos detectados na inspeção são localizados ao longo da LT pelo número da estrutura vinculada a ocorrência, a taxa de defeito será determinada para cada uma delas. Logo, a taxa de defeitos por estrutura irá sinalizar os pontos ao longo da LT que tem apresentado maior incidência de defeitos, e, portanto, devem ser avaliados quanto a necessidade de estabelecer uma estratégia de manutenção diferenciada no que diz respeito à periodicidade e forma da inspeção.

Com o objetivo de expressar a incidência de defeito em grandeza de tempo (anos) e relacioná-la a periodicidade de inspeção, iremos utilizar o conceito de tempo médio entre defeitos. O TMED representa o intervalo médio de tempo entre a detecção/registro de um defeito até o próximo defeito e está expresso, matematicamente, na equação abaixo:

$$TMED = \frac{\text{Tempo total Observado } (\Delta t)}{\text{Número de defeitos}} = \frac{1}{\text{Taxa de defeitos } (\delta)}$$

O TMED é calculado para cada estrutura, da mesma forma que a taxa de defeitos.

Visando estabelecer uma sistemática para definição da periodicidade de inspeção para diferentes valores de TMED, vamos adotar a lógica de que os intervalos de inspeção devam ser inferiores ao TMED de cada estrutura. Observa-se que essa lógica é conservativa suficiente para garantir a confiabilidade da LT, uma vez que o defeito não corresponde à falha funcional, sendo apenas um indicador que a mesma está prestes a acontecer se uma ação de manutenção corretiva não for efetuada dentro de um intervalo P-F, o qual depende do tipo de defeito. Com isso, os seguintes intervalos serão considerados de acordo com a faixa de valor do TMED:

- Inspeção Anual: TMED menor que 2 anos. Significa que a estrutura apresenta historicamente mais de um defeito a cada dois anos, sendo recomendável realizar inspeção anual.
- Inspeção Bial: TMED maior ou igual a 2 e menor que 3 anos. Significa que a estrutura apresenta historicamente um defeito entre dois e três anos.
- Inspeção Trienal: TMED maior ou igual a 3 anos. Significa que a estrutura apresenta historicamente menos de um defeito a cada três anos, logo não justifica inspeção anual ou bial.

O critério definido acima está sistematizado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Periodicidade de inspeção com base no TMED e/ou na taxa de defeito

Periodicidade da Inspeção	Critério (TMED)	Critério Equivalente (taxa de defeitos)
Anual	TMED < 2 anos	$\delta > 0,5$
Bial	$2 \text{ anos} \leq \text{TMED} < 3 \text{ anos}$	$0,33 < \delta \leq 0,5$
Trienal	TMED $\geq 3 \text{ anos}$	$\delta \leq 0,33$

Salienta-se que o critério de inspeção passa a ser específico para cada estrutura da LT em função de seu histórico de defeitos. Por essa lógica, é de se esperar que estruturas situadas regiões com maior incidência de defeitos (vandalismo, poluição, vegetação, etc.) terão inspeção em intervalos de tempo menores dentro de uma mesma LT.

##### 4.1 Determinação da periodicidade da inspeção tipo “B”

A inspeção tipo “B” é a que despense maior parcela de mão-de-obra das equipes de manutenção em função de ser efetuada via terrestre e envolver escalada na estrutura. Logo, nosso principal objetivo ao revisar o programa de manutenção é otimizar o intervalo desse tipo de inspeção. Nesse sentido, os diversos tipos de defeitos que fazem

parte da base de dados foram classificados quanto à forma de detecção (inspeção terrestre ou aérea), de acordo com o conhecimento de especialistas da área de manutenção de LTs da empresa.

A periodicidade da inspeção aérea não será alterada pela metodologia desse trabalho, pois não é muito significativo em termos de dispêndio de mão-de-obra das equipes de manutenção (menos de 10% do tempo apropriado em inspeção). Assim sendo, a definição da periodicidade da inspeção tipo “B”, para LTs que tenham inspeção aérea anual, considerará apenas a incidência de defeitos que sejam detectáveis somente através da inspeção terrestre.

Aplicando a metodologia descrita e sistematizada na Tabela 3 para o exemplo da LT Pelotas 3 / Quinta, considerando apenas os defeitos relevantes, ou seja, defeitos com risco e detectáveis na inspeção terrestre têm-se o panorama da taxa de defeitos por estrutura representado na Figura 4.

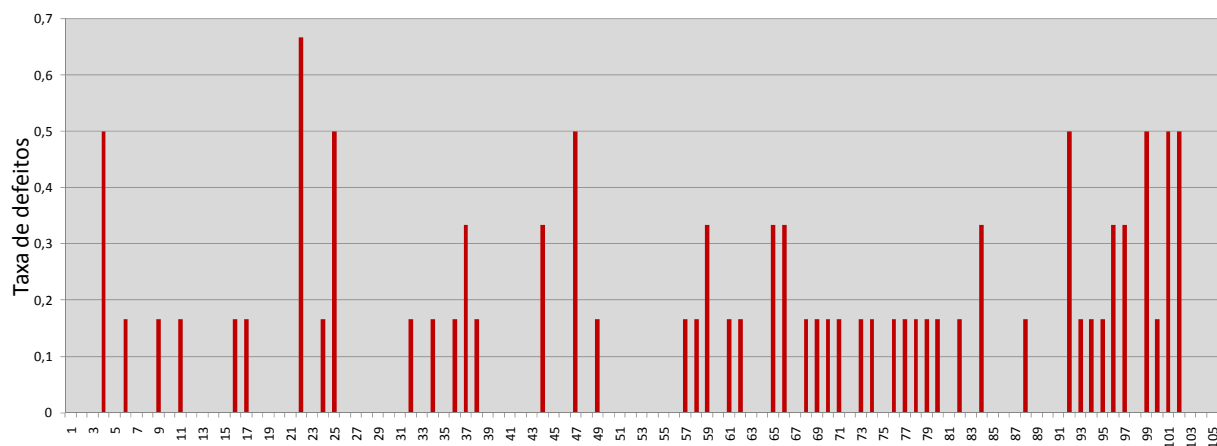


Figura 4 – Taxa de defeitos relevantes para as estruturas da LT 230 kV Pelotas 3 / Quinta

A taxa de defeitos por estrutura sinaliza os pontos ao longo da LT que tem apresentado maior incidência de defeitos. Nota-se na Figura 4 que a taxa de defeitos varia de estrutura para estrutura ao longo da LT, oscilando, nesse exemplo, entre zero e 0,66, ou seja, há pontos distintos no que se refere à ocorrência de defeitos ao longo da LT.

Determinando a periodicidade de inspeção tipo “B”, com base na metodologia do TMED, verifica-se que em aproximadamente 85% das estruturas da LT o intervalo é Trienal, 14% Bial e em menos de 1% da LT é anual (Tabela 4).

Tabela 4 - Periodicidade da inspeção terrestre tipo “B” para LT 230 kV Pelotas 3 / Quinta

Periodicidade	% LT	Quantidade de estruturas	Identificação da localização (Nº estrutura)
Anual (TMED < 2 anos)	0,95%	1	22
Bial (2 anos ≤ TMED < 3 anos)	14,29%	15	4, 25, 37, 44, 47, 59, 65, 66, 84, 92, 96, 97, 99, 101 e 102
Trienal (TMED ≥ 3 anos)	84,76%	89	(Demais estruturas)

Para estimar o percentual de redução das atividades de inspeção tipo “B”, com a metodologia proposta numa equipe de manutenção, estenderemos o estudo para o sistema de transmissão da equipe de manutenção de Pelotas. A Tabela 5 apresenta o resultado do cálculo da periodicidade de inspeção através do TMED. Observa-se que para cada LT é identificado o percentual que terá inspeção anual, bial e trienal. As colunas Critério Novo e Critério Antigo apresentam o número de estruturas inspecionadas em média, por ano, para cada critério, resultando o percentual de redução da última coluna.

Tabela 5 – Periodicidade de inspeção das LTs pertencentes a regional de Pelotas

Linhas de Transmissão	Periodicidade (% LT)			Critério Novo Est./ano	Critério Antigo Est./ano	% Redução
	Anual	Bial	Trienal			
230kV Camaquã / Porto Alegre 9	9,43%	21,70%	68,87%	50	106	53,14%
230kV UTE Presidente Médici / Quinta	17,44%	35,47%	47,09%	195	344	43,22%
230kV UTE Presidente Médici / Camaquã	3,28%	16,16%	80,56%	175	427	59,09%
230kV Pelotas 3 / Cidade Industrial	2,64%	13,46%	83,91%	150	379	60,42%
230kV Pelotas 3 / Quinta	0,95%	14,29%	84,76%	41	105	61,27%

230kV UTE Presidente Médici / Candiota3	0,00%	14,29%	85,71%	8	21	61,90%
230kV Bagé 2 / Livramento 2	0,00%	11,36%	88,64%	98	264	62,88%
230kV Candiota 3 / Bagé 2	0,86%	6,03%	93,10%	42	116	64,08%
230kV UTE Presidente Médici / Pelotas3	0,00%	4,32%	95,68%	105	301	65,23%
TOTAL	3,85%	15,23%	80,93%	863	2063	59,03%

Verifica-se que o percentual de redução varia desde 43,22 % para a LT UTE Presidente Médici / Quinta até 65,23% para LT UTE Presidente Médici / Pelotas 3. Na média geral da equipe, a redução das atividades de inspeção detalhada com a metodologia proposta é de 59,03%. Com isso, a equipe poderá alocar mais recursos em manutenção corretiva programada de defeitos pendentes, observando a metodologia de priorização baseado no risco à função transmissão.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentadas duas metodologias objetivando melhorar a eficácia do programa de manutenção de linhas de transmissão e assegurar a confiabilidade dos ativos observando-se a consonância com a atual legislação do setor de transmissão de energia elétrica.

A primeira metodologia, apresentada no item 3, abordou a classificação dos defeitos quanto ao risco através da análise de sua consequência para a funcionalidade da linha de transmissão e da probabilidade do defeito evoluir até a falha de acordo com sua prioridade de execução. Dessa forma, os defeitos foram classificados em quatro níveis de risco (alto, médio, baixo e sem risco), permitindo a avaliação das linhas de transmissão de uma equipe de manutenção. A aplicação dessa metodologia permite estabelecer diretrizes de priorização de atividades, principalmente no que se refere à manutenção corretiva programada dos defeitos pendentes classificados como alto risco e médio risco. Portanto, essa análise propicia a alocação de recursos de maneira mais eficaz, equilibrando o uso dos recursos com a prioridade das tarefas definidas pela matriz de risco ao mesmo tempo em que essas ações garantem a confiabilidade operacional da linha de transmissão.

O item 4 propôs uma metodologia voltada à determinação de intervalos otimizados das inspeções visuais detalhadas em linhas de transmissão a partir do seu histórico de registro de defeitos. Por meio dessa metodologia, o intervalo da inspeção passa a ser específico para cada parte da linha de transmissão em função da sua respectiva taxa de defeitos ou tempo médio entre defeitos. Comprovada a eficácia dessa metodologia quando da aplicação no sistema de transmissão de uma equipe piloto resultou em redução significativa (aproximadamente 59 %) dos serviços de inspeções tipo “B”.

Portanto, com base nos resultados obtidos com os estudos podemos afirmar que os métodos empregados atingiram os objetivos a que se propuseram, pois possibilitaram ganhos significativos ao programa de manutenção de linhas de transmissão da empresa.

Ressalta-se, ainda, a importância do histórico de manutenção no suporte aos estudos realizados, permitindo que as decisões gerenciais quanto a implementação de melhorias no planejamento e execução do programa de manutenção sejam embasadas tecnicamente em dados estatísticos.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ANEEL. Nota Técnica N°029/2007-SRT/ANEEL de 25 de Junho de 2007.

(2) PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção - Função Estratégica. 2a. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001.

(3) MOUBRAY, J. Manutenção Centrada em Confiabilidade. 2a. ed. Lutterworth, Leicestershire, United Kingdom: Aldon Ltda, 2000.

(4) PETRILLO, F. S. Manutenção em Sistemas de Transmissão: dos conceitos às estratégias adotadas no Brasil. Monografia (Especialização em Engenharia de Elétrica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

(5) ONS. Submódulo 20.1 – Glossários de termos técnicos (Revisão 1.0). pp. 46 de: Operador Nacional do Sistema.



## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Leandro Henrique Bona Puchale:

- Nascido em Santa Maria – RS, em 1981;
- Especialista em Engenharia de Manutenção pela PUCRS em 2011 e graduado em Engenharia Elétrica pela UFSM em 2003;
- Trabalha na Divisão de Manutenção da Transmissão da CEEE-GT.

