



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

NOVOS REQUISITOS PARA AQUISIÇÃO DE POSTES DE MADEIRA

Nilton dos Santos Filho	Sergio Brazolin	Takashi Yojo
CEMIG	IPT	IPT
nsfilho@cemig.com.br	brazolin@ipt.br	yojos@ipt.br

Palavras-chave

Poste de Eucalipto

Poste de Madeira Preservada

Redes de Distribuição Rural e Urbana

Linhas de Distribuição

Linhas de Subtransmissão

Linhas de Transmissão

Resumo

A utilização de postes de madeira em redes e linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica é reconhecida internacionalmente como solução de engenharia, consolidada e eficiente. De menor custo e melhor resposta frente a descargas atmosféricas, a utilização de estruturas de madeira possui também um poder regulador frente aos custos de outras soluções estruturais. Porém, nos últimos anos as espécies de eucalipto consagradas para produção de postes e cruzetas de madeira tem se escasseado, sendo substituídas por clones e híbridos de densidade, resistência mecânica e níveis de defeitos diversos, dificultando ou impossibilitando o atendimento com base nos quesitos até então adotados. Nos três últimos anos a distribuição da Cemig contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT para subsidiá-la no assunto e permitir a revisão da especificação técnica de compras, adequando-a as ofertas de madeira existentes e trazendo mais segurança e confiabilidade nas aquisições. Além das necessidades regulares (manutenção e novas instalações) o programa federal Luz para Todos trouxe uma significativa elevação de demanda para esse insumo. Com base nesse trabalho, estão sendo revisadas também normas brasileiras para o assunto (NBR 8456 e NBR 8457).

1. Introdução

EUA, Europa, Austrália, África do Sul, Nova Zelândia, dentre outros, possuem a maioria de suas redes e linhas de energia elétrica sustentadas por postes de madeira. O menor custo das estruturas, o menor peso, facilidades de transporte e manuseio, maior segurança pessoal na construção e manutenção, a durabilidade satisfatória e maior Nível Básico de Isolamento (NBI), têm mantido e estimulado o uso, inclusive no Brasil.

Apesar da crise mundial verificada no final de 2008 e parte de 2009, o mercado de madeira reflorestada, principalmente do eucalipto, manteve-se em patamares elevados e crescentes. A intensa, necessária e justificável pressão para reduzir ou eliminar a utilização da madeira nativa (ou madeira de lei) nos mais diversos processos industriais, contribui ainda mais para o aquecimento do mercado de madeiras de reflorestamento.

O eucalipto, árvore de ciclo curto, apresenta diversas espécies (mais de 700 catalogadas), cada uma com características distintas de velocidade de crescimento, tendência (ou não) ao fendilhamento, empenos, durabilidade natural, resistência mecânica, etc. Nos últimos anos a Cemig, bem como outras concessionárias, se baseou essencialmente na exigência de espécies tradicionalmente reconhecidas como satisfatórias para a produção de postes e cruzetas, buscando produtos de alta resistência mecânica e índices mínimos de defeitos. Mas a concorrência com outras demandas, menos restritivas para a madeira de eucalipto e a busca por maior velocidade no crescimento das árvores, incentivou o desenvolvimento e o direcionamento da produção para os plantios de clones e híbridos, de resultados volumétricos superiores, em períodos significativamente menores. Atualmente há uma escassez de eucaliptais de espécies tradicionais de eucalipto, até então mais adequadas à produção de postes de madeira, que demandam no mínimo 15 anos de vida da árvore e maiores cuidados para a sua produção.

Adiciona-se ainda o fato que as análises laboratoriais disponíveis para a identificação de espécies de eucalipto (exceto para a espécie Citriodora, que pode inclusive deixar de ser considerada do Gênero Eucalyptus) não são conclusivas para amostras somente da madeira, se não estão disponíveis folhas, sementes, flores, casca, etc. para complementar a análise.

Pesquisas e estudos realizados pelo IPT mostram cientificamente que há uma confiável relação entre a densidade do eucalipto e a sua resistência mecânica, onde podem ser definidos níveis mínimos de densidade para as necessidades estruturais desejadas, ampliando a oferta de árvores de eucalipto, não mais restrita às espécies consolidadas, atualmente raras e de difícil confirmação.

A classificação dos postes quanto às suas propriedades físicas e mecânicas, para posterior dimensionamento, foi feita pela análise dos dados históricos do IPT, desde 1930 até o presente, referentes a 3500 ensaios realizados com 39 espécies de madeira de eucalipto, pinus e pinho.

A partir da consultoria provida pelo IPT, a especificação técnica Cemig para postes e cruzetas de madeira, não mais faz exigências de seleção e identificação de espécies de eucalipto para os novos fornecimentos de postes de madeira, bem como não mais exige uma idade mínima para as árvores de eucalipto, quesitos impraticáveis quando a oferta predominante é de híbridos e clones de eucalipto.



Fotos 1 e 2 – Florestas de clones de eucalipto, já com unidades cortadas para produção de postes.

Essa mudança permitiu o atendimento da demanda regular de postes e cruzetas de madeira, destinada a ampliações e necessidade de manutenção, bem como possibilitou o pleno fornecimento necessário ao programa Federal “Luz para Todos” que só em 2009 demandou na Cemig mais de 100 mil postes de

madeira e em 2010 deverá contar com uma quantidade pouco inferior. Sem as mudanças na especificação de compras, não teríamos o atendimento de nossas atuais necessidades no mercado brasileiro, nos aspectos quantitativos e financeiros.

Foram analisados os requisitos de desempenho estabelecidos, considerando-se os aspectos mecânicos, biológicos (espécies, defeitos e crescimento), dimensionamento e de tratamento preservativo que influenciam a vida útil dos postes.

Foi implantado então um novo método para a caracterização de clones, híbridos e novas espécies, alterando a inspeção de recebimento dos postes de eucalipto, baseando-a nas propriedades físicas e/ou mecânicas da madeira, como alternativa ao método anterior, focado apenas na identificação botânica da espécie, adotando-se assim, uma tendência mundial de avaliação de produtos de madeira.

2. Novos Quesitos

2.1 Densidade e Resistência Mecânica

Através do substancial acervo de resultados de ensaios mecânicos realizados pelo IPT, ao longo das últimas décadas e também de ensaios recentes, desenvolve-se uma série de tabelas (exemplos: Tabelas 1 e 2), relacionando a densidade de massa básica, a resistência à flexão estática e o módulo de elasticidade à flexão estática.

Tabela 1 – Resistência e módulo de elasticidade à flexão estática em função da classe de densidade de massa básica da madeira de eucalipto

Classe de densidade de massa básica	Densidade de massa básica kg/m ³	Resistência à flexão estática MPa	Módulo de elasticidade à flexão estática MPa
A	650 a 699	75	14.510
B	700 a 749	81	15.720
C	750 a 799	88	16.930
D	800 ou mais	94	18.150

Tabela 2 - Características geométricas dos postes de eucalipto, no estado verde

L m	Rn daN	Flecha máxima mm	e mm	Cc1 mm	Cc2 mm	Ce mm
9	150	450	1500	370	463	532
	300	450		469	562	632
	600	585		640	733	803
10	150	500	1600	386	490	568
	300	500		482	586	665
	600	650		652	757	835
11	300	550	1700	502	618	704
	600	720		662	778	865
12	300	600	1800	520	647	742
	600	780		670	797	892
13	300	650	1900	537	675	779
	600	850		676	814	918
14	300	700	2000	552	702	814
	600	910		681	830	943
15	300	750	2100	611	772	893

	600	980		684	845	966
16	600	1040	2200	720	892	1021
17	600	1110	2300	838	1021	1159
18	600	1170	2400	964	1159	1305
19	600	1240	2500	1100	1306	1460
20	600	1300	2600	12423	1461	1624

NOTAS:

- 1) L: comprimento nominal do poste, em metros.
- 2) Rn: resistência nominal do poste, em decanewtons (150 daN, 300 daN ou 600 daN).
- 3) Flecha máxima: corresponde a 5% do comprimento nominal para postes de 150 daN e 300 daN, e a 6,5% do comprimento nominal para postes de 600 daN, sendo expressa em milímetros.
- 4) e: comprimento de engastamento do poste, em milímetros.
- 5) Cc1: perímetro mínimo calculado a 100 mm do topo do poste, em milímetros.
- 6) Cc2: perímetro máximo calculado a 100 mm do topo do poste, em milímetros.
- 7) Ce: perímetro calculado na linha de afloramento, a uma distância \underline{e} da base do poste, expresso em milímetros.

2.2 Novos Parâmetros para Defeitos

Foram também revisadas e introduzidas novas exigências na preparação e na fabricação de postes na floresta (corte, desbaste, descascamento, etc.) e na usina de preservação de madeira (secagem, resistência, dimensionamento, umidade, dispositivo antifendilhamento, etc.) adotando novos critérios para a avaliação de defeitos (fendas, rachaduras, sinuosidade, conicidade, nós, etc.), segundo o grau de severidade, conforme AS 2209.

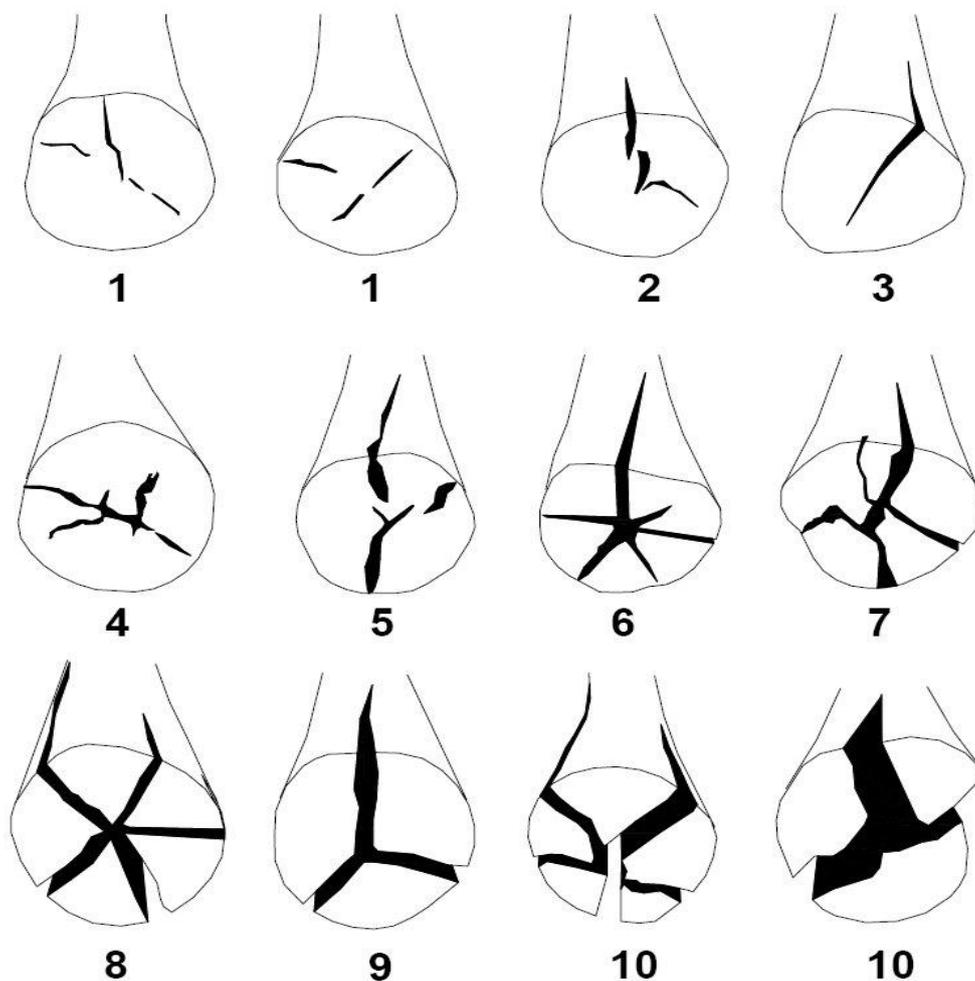


Figura 1 - Grau de severidade de rachas (fendas) nas regiões do topo e base (conforme AS 2209).

Paras rachas ou fendas, são aceitáveis os seguintes defeitos, com extensão limitada, segundo o grau de severidade:

- região do topo: grau de severidade 1 a 2 (Figura 1), onde a largura da fenda seja inferior a 5 mm e o comprimento longitudinal seja inferior a 300 mm;
- região da base: grau de severidade 1 a 4 (Figura 1), onde a largura da fenda seja inferior a 10 mm e o comprimento longitudinal seja inferior a 300 mm;
- zona crítica: grau de severidade 1 a 3 (Figura 2), onde a largura da fenda seja inferior a 5 mm e o comprimento longitudinal seja inferior a 1 m, para qualquer comprimento de poste;
- corpo do poste, fora da zona crítica: grau de severidade 1 a 7 (Figura 2), onde a largura da fenda seja inferior a 5 mm com comprimento longitudinal inferior a 1 m, para postes até 12 m, inclusive, ou onde a largura da fenda seja inferior a 5 mm com comprimento longitudinal entre 1 m e 2m, para postes acima de 12 m.

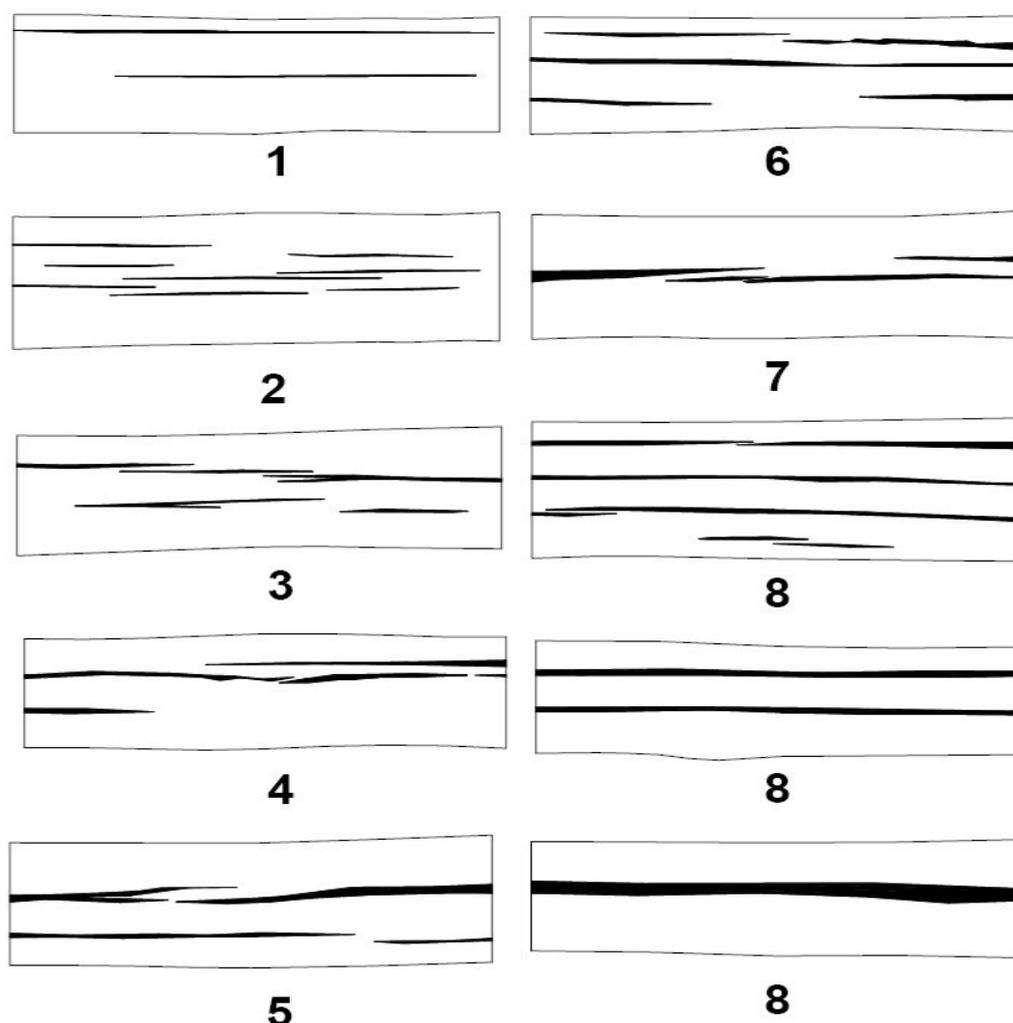


Figura 2 - Grau de severidade de rachas (fendas) no corpo do poste (conforme AS 2209).

2.3 Proteção de Topo

Foi também introduzida a exigência, ainda em caráter opcional, de uma cobertura de topo, fabricada em chapa de alumínio ou de aço carbono, que deverá proteger toda a extensão do topo, inclusive nas laterais. Numa próxima revisão a cobertura de topo deverá ser obrigatoriamente fornecida para todos os postes.



Fotos 3 e 4 – Topo de poste deteriorado e cobertura de topo utilizada na Austrália.

2.4 Novas Referências Dimensionais

Com a presença crescente e dominante dos clones e híbridos de eucalipto nos fornecimentos, as referências dimensionais até então existentes se tornaram obsoletas. Os clones e híbridos geralmente apresentam maiores dimensões para igualar sua resistência mecânica à de um poste ou cruzeta fabricado a partir das espécies tradicionais de eucalipto (*citriodora*, *tereticornis*, *camaldulensis*, etc.). Porém, apesar da diferença entre a densidade de um clone de eucalipto e de uma espécie tradicional ultrapassar em algumas situações a 100%, as diferenças dimensionais mais significativas estarão geralmente entre 30 e 40%. Essa condição permite a adaptação dos projetos, sem grandes restrições, exceto para cruzetas roliças de eucalipto para redes (rurais e urbanas), onde os limites dimensionais são mais restritivos, principalmente pelos padrões vigentes para os acessórios e dispositivos que podem ser montados nas estruturas, e que não possuem grande flexibilidade (Ex.: chaves-faca, isoladores tipo pino, braçadeiras, pára-raios, dentre outros).

2.5 Meio Ambiente

A nova especificação técnica ainda reavalia e atualiza questões ambientais relacionadas à produção, utilização e ao descarte da madeira preservada, como a disponibilidade (ou não) do fabricante, para receber de volta a madeira de sua produção, ao final da sua vida útil para a Cemig. O fornecimento de licenças, registros de produtos e autorizações das instalações industriais, que legalmente já são necessárias, fica reforçado através da exigência direta destas comprovações nos pregões eletrônicos e durante os fornecimentos, podendo ser exigidas em qualquer fase do processo. Atualmente as alienações de postes e cruzetas inservíveis para o sistema elétrico são condicionadas a um termo de conhecimento e orientação relativo à madeira preservada, que os proponentes recebem e devem assinar como cientes e seguidores das restrições para o manuseio, uso e descarte da madeira tratada quimicamente.

3. Conclusão

Estruturas de madeira para LTs e RDs são soluções de engenharia eficientes e de custo compensador. A melhor isolamento elétrica, aliada às vantagens no manuseio, transporte e instalação, continuam incentivando a utilização da madeira em todo o mundo, particularmente nos países desenvolvidos, onde técnicas cada vez mais simples e eficientes para a manutenção preventiva e corretiva podem estender a vida útil das instalações por períodos praticamente indefinidos. Substituições só são realizadas em último caso, quando as técnicas existentes e a resistência mecânica restante já não garantem a segurança recomendada.

No passado, a Cemig deixou de adquirir postes de madeira por alguns meses e as opções alternativas (concreto e metálicas) tiveram seus custos elevados vertiginosamente. Verificamos então mais um ponto positivo para a utilização de postes de madeira, que é o de regular o mercado e limitar o custo das soluções alternativas ao seu uso.

A adoção de clones e híbridos permitiu a diversos fornecedores, tradicionais e novos, maiores opções na busca de árvores de eucalipto para a produção de postes e cruzetas, reduzindo custos, através da maior oferta e proximidade de florestas. As espécies tradicionais, escassas e mais restritivas, podem ser substituídas por indivíduos geneticamente modificados, de crescimento mais rápido, nível de defeitos toleráveis, resistência mecânica compatível, maior uniformidade dos troncos e menores custos.

Desde a década de 80, a Cemig adota programas periódicos de inspeção e manutenção nas suas linhas e redes de energia elétrica, em períodos entre 5 e 10 anos, conforme a agressividade (ou histórico) de cada região em relação à deterioração causada basicamente por fungos e cupins. Os produtos utilizados nos procedimentos de manutenção corretiva e preventiva têm se mostrado eficazes e de custo reduzido, principalmente se considerarmos os custos e riscos envolvidos numa substituição de postes numa linha ou rede de distribuição elétrica.



Fotos 5 e 6 – Área urbana de Melbourne, na Austrália, com postes de madeira na área urbana e realização de manutenção em parte da região engastada.

Com a opção da Cemig em não mais utilizar cruzetas de madeira de lei em suas instalações, decisão que também vêm sendo adotada por outras concessionárias nacionais, as cruzetas roliças de eucalipto vêm dominando o mercado alternativo, embora os clones ainda apresentem algumas limitações dimensionais, questão crítica para os projetos atuais de redes. O desenvolvimento de novas ferragens e seleção de tipos de clones e híbridos mais adequados já vem contornando parte dessas dificuldades.



Fotos 7 e 8 – Estoque de cruzetas roliças de eucalipto, produzidas a partir de clones da espécie *camaldulensis* e instalação típica com chaves fusível, respectivamente.

4. Referências bibliográficas

AS 2209 - Australian standard for timber - Poles for overhead lines

02.118-CEMIG-292j - Postes e Cruzetas de Eucalipto Preservado

02.118-CEMIG-0191c - Poste de Eucalipto Preservado

NBR 8456/84 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica – especificações

NBR 8457/84 – Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica – Dimensões – Padronização

NBR 6231/80 – Postes de madeira – Resistência à flexão – Método de ensaio

ANSI O 5.1/02 – Specifications and Dimensions for Wood Poles

ASTM D 1036/99 – Standard test methods of static tests of wood poles

AS 1720.1/97 – Timber structures Part 1: Design methods

AS 2209/94 – Australian standard for timber poles for overhead lines

AS/NZS 4676/00 – Structural design requirements for utility services poles

American Wood Preservers' Association – AWWA (current American Wood Protection Association) – Standards – 2005