

FUNDAÇÕES ESPECIAIS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO PROBLEMAS E SOLUÇÕES ADOTADAS

SPECIAL FOUNDATIONS FOR OVERHEAD TRANSMISSION LINES PROBLEMS AND ADOPTED SOLUTIONS

Abreu, Edson Marfisa, *Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf, Recife, Brasil,*
edsonm@chesf.gov.br

RESUMO

Tendo em vista as dificuldades na construção e os danos ocorridos em diversas fundações de linhas de transmissão da Chesf (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Brasil), este trabalho tem como objetivo ilustrar os problemas ocorridos na execução e manutenção de diversos tipos de fundações de linhas de transmissão e as medidas adotadas para solucioná-los. Nos casos expostos, a resolução dos problemas é de ordem crucial para manutenção do sistema elétrico. Abordaremos diversas situações de construção, reforço e recuperação de fundações para diversos tipos de estruturas; sejam de concreto armado, metálicas, circuito simples, circuito duplo, torres estaiadas, autoportantes, tensões de 230 e 500 kV, onde o fator tempo e a presença d'água são as variáveis principais

ABSTRACT

In view of the difficulties in building and the damages occurred in various transmission lines foundations from Chesf (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Brazil), this work aims to show the problems occurred in the implementation and maintenance of several types of transmission lines foundations, as well as the measures which were taken to solve them. As it will be exposed, the resolution of that kind of problems is a vital question to avoid a power outage. We are going to talk about various situations, as construction, upgrading and rehabilitation of foundations for various types of towers. The towers can be made either of reinforced concrete or metal. They can have one or two circuits in guyed or self support standard at 230 and 500 kV. In this work, the time factor and the presence of water are the main matters to be deal.

1. INTRODUÇÃO

A Chesf atua principalmente na região Nordeste do Brasil desde 1945 (Figura 1), nas áreas de geração, transmissão e comercialização de energia. Possui o maior parque gerador de energia do Brasil e para atendê-lo o sistema de transmissão conta com mais de 18.000 km de linhas. Por ter um sistema deste porte, não é raro ocorrerem problemas com as fundações das estruturas destas linhas, tanto na fase de construção quanto na manutenção. Apresentaremos de forma sintética alguns casos e as soluções que adotamos para os mesmos.

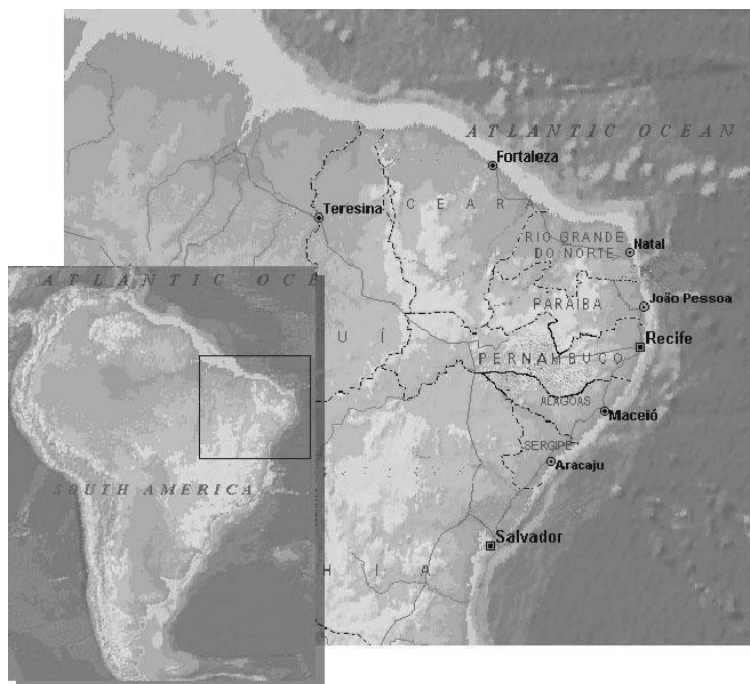


Figura 1 – Área de atuação da Chesf

2. DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS

Os problemas ocorridos tiveram a água como agente causador, sejam em locais alagados ou através da água corrente, causando algum dano às fundações existentes ou dificuldades de construção das mesmas. Apresentaremos neste subitem os problemas ocorridos e posteriormente as soluções adotadas.

2.1. Terreno com alagamento permanente

Durante a execução de uma linha de transmissão de 230 kV em circuito duplo com estruturas metálicas, na cidade de Pacatuba/Ceará, região metropolitana de Fortaleza, foi constatado um local com alagamento permanente. A princípio julgava-se que o nível d'água poderia baixar, mas com um melhor levantamento dos dados ficou evidenciado o alagamento permanente, pois se tratava de uma área de lavagem das bombas do reservatório de água que abastece a cidade; além deste problema, tínhamos um agravante, a construção da linha corria contra o tempo para entrega da mesma no prazo estipulado.

2.2. Travessia de um açude com terreno de alagamento sazonal

Para a travessia de um açude na cidade de Cauípe/Ceará, à 30 km de Fortaleza, foi necessário elevar a altura de uma torre metálica de 230 kV em circuito duplo, pois a distância cabo-solo (distância de segurança entre os condutores mais baixos e o solo), que neste caso era em relação a cota máxima da barragem, estava menor do que era permitido por norma e não dispúnhamos, para este empreendimento, de uma torre mais elevada para realizar a travessia. Além disto tínhamos outro problema, a área de implantação da torre que era o mais próximo possível da margem do açude, durante a construção estava alagada.

2.3. Queda de estrutura de concreto devido a enchente

Durante a ocorrência de uma enchente de um rio próximo a cidade de Águas Belas/Pernambuco, à 300 km do Recife, uma estrutura de concreto formada por dois postes e uma cruzeta (viga), de 230 kV circuito simples, tombou e atingiu uma fase da linha de 230 kV em estruturas metálicas paralela a esta, desligando as duas. Após algumas horas o nível do rio baixou, mas o local ficou ilhado, permitindo apenas seu acesso de barco ou helicóptero.

2.4. Tombamento de fundação devido ao transbordamento de um rio

Em decorrência de uma enchente de um rio na cidade de Itapajé/Ceará, a 140 km de Fortaleza, o mesmo saiu do seu leito normal e atingiu uma torre metálica estaiada de 500 kV, ocasionando o tombamento da fundação da mesma. Mesmo após o colapso da fundação, a estrutura ficou apoiada diretamente no solo não ocorrendo sua queda.

2.5. Destruição de aterro e cintas

Situada próximo a usina hidroelétrica de Xingó, na divisa dos estados de Sergipe e Alagoas, à 170 km de Aracaju, uma torre metálica de circuito duplo de 500 kV, que faz o link entre a usina e a subestação, teve seu aterro e duas de suas cintas destruídas por um riacho. Isto ocorreu porque ele havia sido desviado do canal de fuga da usina e após uma enchente, o volume d'água aumentou muito, fazendo com que o riacho voltasse ao seu curso natural, atingindo assim a torre.

2.6. Fundação de poste deteriorada em área passível de alagamento

Após a retomada da construção de uma linha urbana de 230 kV circuito duplo com estruturas metálicas e em concreto (postes), na cidade de Fortaleza/Ceará, algumas fundações estavam deterioradas, pois ficaram alguns anos parcialmente concretadas; com isto suas armaduras ficaram expostas num local com alagamentos freqüentes.

3. SOLUÇÕES ADOTADAS

Expostos os problemas ocorridos, apresentaremos agora quais soluções adotamos para cada situação.

3.1. Estaca raiz com blocos cintados

Como solução para o terreno com alagamento permanente (subitem 2.1), adotamos uma fundação em estaca raiz (Alonso 1989) com blocos em concreto armado (Montoya et al. 1989), cintados entre si com quatro estacas de 25 cm de diâmetro por bloco. Esta alternativa foi escolhida, pois se tratava de um terreno alagado e o eixo da linha ficava um pouco afastado da margem; teríamos dificuldade de execução das fundações com equipamentos mais pesados, o que não ocorre com os equipamentos da estaca raiz, pois estes são mais leves e fáceis de transportar.

3.2. Sapata com aterro e cintamento duplo

Para a travessia do açude (subitem 2.2), implantar a torre na margem alagada e atingir a altura de projeto (Labegalini et al. 1992), era necessário construir fundações com pilares elevados. Para isto o local foi aterrado para a execução de fundações em sapata (Alonso 1989, Veloso e Lopes 1996), mas devido ao tamanho dos pilares e do fuste (que medem cerca de 9 metros), de esforços transversais e longitudinais, tivemos que projetar um cintamento duplo para esta

fundação, interligando os quatro pilares com vigas (ABNT 2003) que mediam, aproximadamente, 15 metros.

3.3. Sapata com sobrepeso de pedras

Após a queda da estrutura (subitem 2.3), foi decidido trocar o tipo de estrutura, passando de concreto para metálica autoportante, pois é mais estável. O local apresentava um solo arenoso com areia fina a média, e por ter acontecido esta enchente com uma forte correnteza, adotamos uma fundação em sapatas com sobrepeso de pedras (Hachich et al 1998) que além de proteger a fundação em outra eventual enchente, aumenta o peso exercido sobre a fundação (Caputo 1987). Este sobrepeso trabalha contra a força de tração exercida pela torre (Danziger 1979) e pela força de empuxo exercida pela água, na ocorrência de outra enchente.

3.4. Sapata circular com escavação encamisada

Com o tombamento da fundação da estrutura estaiada (subitem 2.4), a mesma foi trocada por uma estrutura autoportante, que tem uma estabilidade melhor (Labegalini et al. 1992). Para evitar o desmoronamento do solo, que era composto por areia fina a média, adotamos uma escavação encamisada (Hachich et al 1998) com manilhas de concreto. Como a escavação seria realizada com as manilhas, projetamos uma sapata circular (ABNT 1994) e após o dimensionamento da sapata, estipulamos o diâmetro da manilha em 200 cm. Para aumentar a estabilidade da fundação, colocamos um sobrepeso de pedras, cimentamos e colocamos pedras em volta da fundação, fazendo um enrocamento para proteger a mesma, tentando manter assim sua integridade em outro possível transbordamento do rio.

3.5. Proteção com enrocamento

Depois da destruição do aterro da torre (subitem 2.5), resolvemos protegê-la o mais rápido possível através de um enrocamento de pedras (Hachich et al 1998) com diâmetro médio de 90 cm, pois poderia ocorrer outra cheia, o que acabou acontecendo mas de proporções menores. Para o projeto de recuperação refizemos as duas cintas destruídas (Magnani 1999), recompomos o aterro e incorporamos o enrocamento, cujo o mesmo deveria ser concluído após as duas etapas anteriores.

3.6. Reforço de fundação com estaca raiz

Após verificação do local e constatando que as fundações dos postes estavam deterioradas (subitem 2.6), que o perfil apresentava camadas superficiais de solos fracos (Caputo 1987) e através de relatos dos moradores que o local também alagava frequentemente, decidimos que além de recuperar reforçaríamos a mesma com estacas tipo raiz (Alonso 1989 e Hachich et al 1998). Após a verificação de carregamentos, chegamos a quatro estacas de 32 mm de diâmetro, com um bloco de concreto armado envolvendo o poste (Montoya et al. 1989 e ABNT 2003).

4. ILUSTRAÇÕES DE ALGUNS CASOS

Apresentamos abaixo as fotos de algumas ocorrências. Com isto daremos alguma noção das dificuldades encontradas.

Na Figura 2 mostramos o tombamento da fundação estaiada do subitem 2.4, com alguns galhos de árvores enroscados na torre.

Na Figura 3 mostramos a torre com a destruição do aterro e das cintas do subitem 2.5. A foto mostra a ocorrência da segunda cheia após o início da construção do enrocamento.

A Figura 4 ilustra a fundação de poste deteriorada do subitem 2.6. Nesta foto vemos as novas ferragens prontas para a segunda fase da concretagem da fundação.



Figura 2 – Tombamento da fundação



Figura 3 – Destruição do aterro e cintas de amarração



Figura 4 – Fundação de poste deteriorada

5. ILUSTRAÇÃO DE ALGUNS PROJETOS

Expomos abaixo dois detalhes de projetos adotados; na Figura 5 mostramos um detalhe do projeto para sapata circular adotada no subitem 3.4.

A Figura 6 mostra o detalhe do reforço da fundação deteriorada do poste apresentada no subitem 3.6.

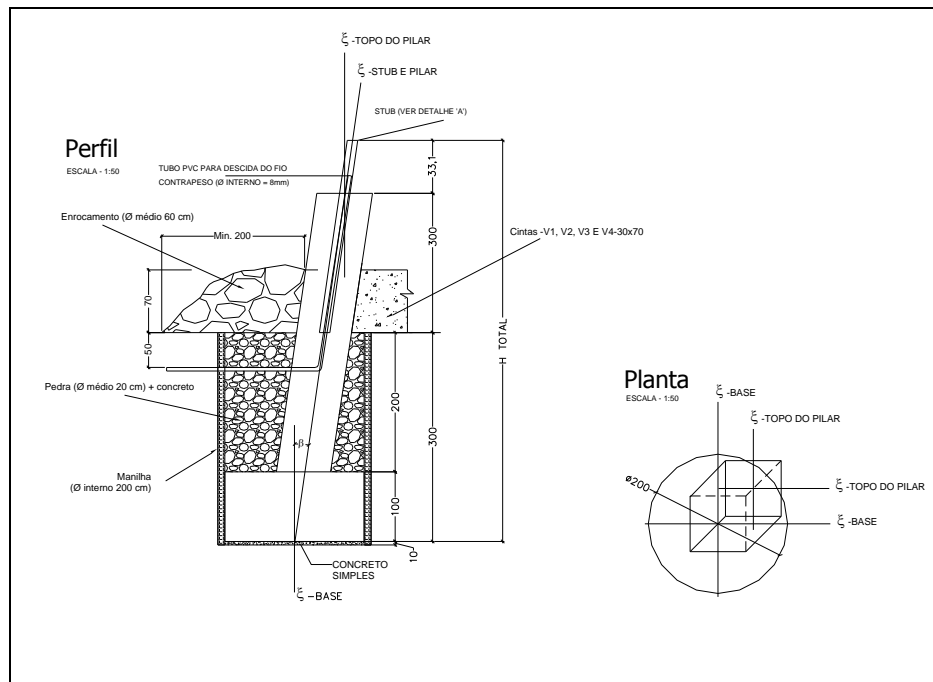


Figura 5 – Sapata circular

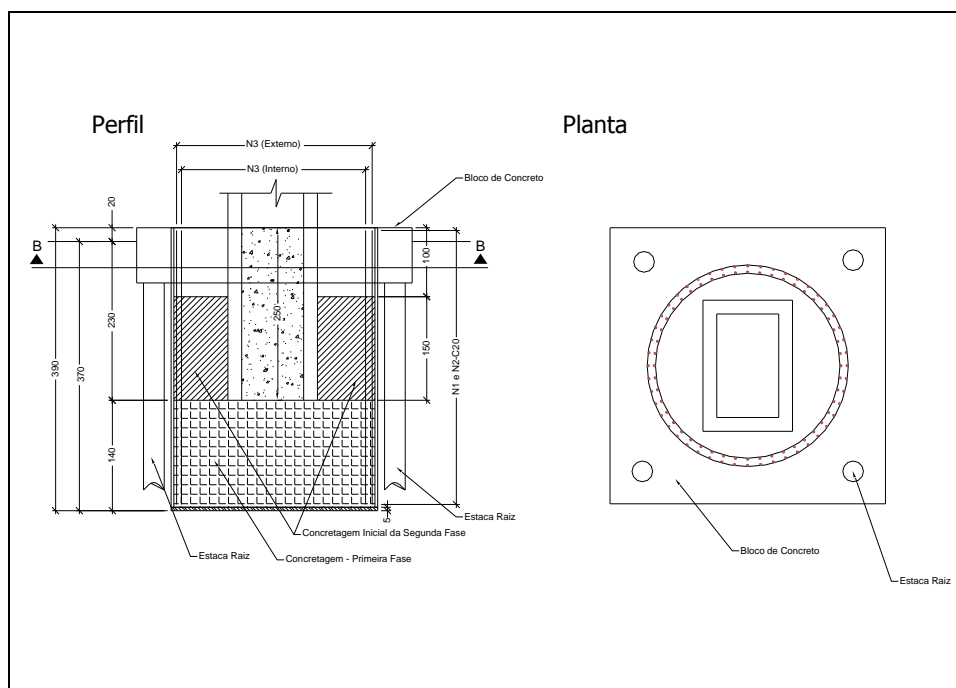


Figura 6 – Reforço da fundação de poste com estaca raiz

6. CONCLUSÕES

Expomos neste trabalho diversas situações que os engenheiros de projeto ou manutenção de linhas poderão encontrar em um novo projeto especial ou em acidentes ocorridos durante a vida útil de uma linha. Os casos apresentados poderão nortear, principalmente os novos engenheiros, na tomada de decisão da escolha do tipo de fundação para casos semelhantes, onde temos como fatores principais a presença d'água, o tempo de execução e a localização em relação aos centros urbanos.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos do projeto, construção e manutenção de linhas da Chesf; pela troca de idéias e oportunidades de trabalharmos em conjunto.

REFERÊNCIAS

- Alonso, U. R. (1983). *Exercícios de Fundações*, Editora Edgar Blucher; São Paulo.
- Alonso, U. R. (1989). *Dimensionamento de Fundações Profundas*, Editora Edgar Blucher, São Paulo.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1994). *NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003). *NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto Armado*.
- Caputo, H. P. (1987). *Mecânica dos Solos e suas Aplicações – Vol. 2*, Editora LTC, Rio de Janeiro.
- Danziger, F. A.B e Pinto, C.P (1979). “Alguns Critérios para Dimensionamento de Fundações Submetidas a Esforços de Tração.” V *SNPTEE*, Grupo III - Linhas de Transmissão, Recife.

- Hachich, W. et al (1998). *Fundações Teoria e Prática*, Editora Pini, São Paulo, 1998.
- Labegalini, P. R. et al. (1992). *Projetos Mecânicos das Linhas de Transmissão*, Editora Edgar Blucher, São Paulo.
- Magnani, R. (1999). *Cálculo e Desenho de Concreto Armado*, Editora RM, Araraquara.
- Montoya, P. Jimenez; Meseguer, A.G. e Cabre, F.M. (1989). *Hormigon Armado*, Editora Gustavo Gili, Barcelona.
- Veloso, D. A. e Lopes, F.R (1996). *Fundações - Vol.I*, Editora COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro.