



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica

# RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

**Gustavo Barbosa Galindo**

Orientador:

Damásio Fernandes Júnior, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Gustavo Barbosa Galindo, Dezembro de 2011

# Relatório de Estágio Integrado

*Relatório apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.*

---

Gustavo Barbosa Galindo

Aluno

---

Damásio Fernandes Júnior, D. Sc.

Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Dezembro de 2011

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder saúde e paz em cada dia da minha vida. Agradeço também, pela família em que Ele me permitiu nascer, e pelas oportunidades que vem me dando, acompanhadas sempre de força e capacidade para agarrá-las.

Em seguida, aos meus pais, Antenor e Socorro, por todo o suporte e subsídio para que eu concluísse esta etapa importante. A dedicatória especial deste trabalho é para eles, sem seu amor não teria conseguido.

Aos meus irmãos, Laura e Vinicius, que sempre estiveram ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis. E Maria Luisa, que tem sido um anjo em nossas vidas desde o seu nascimento.

Agradeço também a todos os meus familiares pelo carinho e apoio em todos os momentos. Em especial ao meu tio Geraldo, que sempre foi um segundo pai para mim.

Agradeço à Manuella por ter sido minha companheira nos momentos de maior dificuldade e por me ensinar a cada dia o valor da dedicação.

Aos verdadeiros amigos, companheiros de várias noites em claro, que compartilharam comigo os desafios impostos pela graduação em engenharia elétrica e me apoiaram nos momentos de maior necessidade. Também, àqueles distantes, agradeço por não terem se afastado, mesmo com a minha ausência do convívio diário.

Agradeço também ao meu professor orientador, Damásio Fernandes, por ter aceitado esta tarefa e me auxiliado nos detalhes mais importantes.

Agradeço a todos que fazem a equipe de coordenação do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG pelo tempo, ajuda e dedicação sempre. Em especial a Adail e Tchai, pelo carinho e pelas palavras de conselho e apoio nos mais difíceis momentos.

# Apresentação

O presente relatório visa descrever as atividades realizadas durante o estágio integrado na Energy Eletricidade LTDA, empresa do ramo de projetos elétricos, bem como apresentar uma visão geral da obra na qual o estágio foi centrado.

O estágio foi realizado no período de 11 de julho a 18 de novembro na cidade de Santa Rita, situada a aproximadamente 13 km da capital da Paraíba, João Pessoa. No local está sendo construída a subestação abaixadora Santa Rita II, que fornecerá energia à cidade homônima e às regiões vizinhas. Para sua alimentação, há a construção de uma linha de transmissão de 230 kV, que surge do seccionamento da LT Goianinha - Mussuré II. Toda a obra é de poder do Governo Federal, sob jurisdição da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf).

Como todo o equipamento utilizado na construção da subestação é de fabricação da ABB, esta vende o serviço de instalação completo, incluindo a linha de transmissão que alimentará esta subestação. Neste caso, a ABB subcontratou duas empresas para a execução, a FAAB Engenharia LTDA, empresa de Recife, Pernambuco; e a Energy Eletricidade LTDA. A FAAB responsabilizou-se pela construção da subestação e a Energy pela linha de transmissão.

As atividades realizadas no estágio estiveram ligadas à execução da linha de transmissão, desde a programação de atividades e logística, ao acompanhamento da execução do projeto. Sob supervisão dos engenheiros eletricitas Alfredo de Carvalho Filho e Leonardo de Medeiros Ramos, foram acompanhadas atividades de construção civil, desde a escavação e a concretagem dos pés das torres, à montagem das estruturas metálicas.

**Palavras-chaves:** linhas de transmissão, construção de linhas, eletricidade.

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b> . . . . .	vi
<b>Lista de Tabelas</b> . . . . .	viii
<b>1 Linhas de Transmissão</b> . . . . .	1
1.1 Introdução . . . . .	1
1.2 Componentes de uma Linha de Transmissão . . . . .	2
1.2.1 Estruturas da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II . . . . .	3
1.2.2 Classificação das Estruturas quanto à Forma de Resistir . . . . .	7
1.3 Especificação Técnica para Serviços de Linha de Transmissão - Chesf . . . . .	7
1.3.1 Abertura e Limpeza de Faixa . . . . .	8
1.3.2 Topografia . . . . .	9
1.3.3 Escavações . . . . .	9
1.3.4 Reaterros . . . . .	10
1.3.5 Concretos . . . . .	11
1.3.6 Montagem de Estruturas . . . . .	12
1.3.7 Sistema de Aterramento . . . . .	12
1.4 Especificações ANEEL - Características Elétricas e Requisitos Básicos . . . . .	15
<b>2 O Estágio</b> . . . . .	17
2.1 A Empresa . . . . .	17
2.2 Atividades Iniciais . . . . .	18
2.3 LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II . . . . .	18
2.4 Acompanhamento da Obra . . . . .	19
2.4.1 Nomenclatura . . . . .	23
2.5 Atividades de Construção . . . . .	24

---

2.5.1	Lista de Construção . . . . .	24
2.5.2	Topografia . . . . .	24
2.5.3	Limpeza de Faixa e de Área de Torre . . . . .	26
2.5.4	Escavações . . . . .	28
2.5.5	Concretagem das Sapatas . . . . .	30
2.5.6	Montagem das Estruturas . . . . .	32
2.5.7	Lançamento de Cabos . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Considerações Finais . . . . .</b>	<b>39</b>
	<b>Referências Bibliográficas . . . . .</b>	<b>40</b>

# Lista de Figuras

1.1	Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2010 com horizonte para 2012 (ONS, 2011). . . . .	1
1.2	Desenho básico da estrutura S21d (MKI, 1976b). . . . .	4
1.3	Desenho básico da estrutura A21d (MKI, 1977). . . . .	5
1.4	Desenho básico da estrutura AF2d (MKI, 1976a). . . . .	6
1.5	Perfil de projeto de estrutura do tipo 2DT, composta por 2 postes duplo "T" de 2x36/2400 (CONPRENOR, 2011). . . . .	6
1.6	Realização de manutenção em torre de 230 kV estaiada da LT Jauru - Vilhena (INCOMISA, 2011). . . . .	7
1.7	Realização de ensaio de densidade de solo para determinação de resistência à carga. . . . .	11
1.8	Terrômetro MTD-20KWe - utilizado para medição de resistência de aterramento. . . . .	14
1.9	Diagrama unifilar simplificado da região de instalação da SE Santa Rita II e da LT de 230 kV Goianinha - Mussuré - Santa Rita II (ANEEL, 2009). . . . .	16
2.1	Vista da fachada da Energy Eletricidade LTDA em Campina Grande - PB. . . . .	17
2.2	Área prevista para a implantação da SE Santa Rita II, contemplando o trecho de LT 230 kV entre a SE Santa Rita II e o Seccionamento da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II (ANEEL, 2009). . . . .	19
2.3	Planilha de Acompanhamento de Obra. . . . .	20
2.4	Relatório Diário de Obra Energy/ABB. . . . .	20
2.5	Relatório Diário de Obra Energy/ABB - Observações e Comentários. . . . .	21
2.6	Programação de Execução Diária Energy/ABB. . . . .	22
2.7	Relatório Mensal de Obra Energy/ABB. . . . .	22
2.8	Esquema: vão entre duas estruturas e flecha de um condutor. . . . .	24

2.9	Locação de cavas da estrutura 13/4 da LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II. . . . .	25
2.10	Detalhe da locação de cavas para instalação de sapata para estrutura metálica autoportante do tipo A21d (Chesf, 2008). . . . .	26
2.11	Detalhe da estrada de acesso, das limpezas de área e de faixa da estrutura 13/1.	27
2.12	Mata a ser suprimida na área da estrutura 4/2. Detalhe para o marco central, ponto exato do centro da estrutura. . . . .	27
2.13	Retroescavadeira realizando escavações da estrutura 8/1. . . . .	28
2.14	Realização das escavações da estrutura 9/1 com apoio de bomba d'água, escoramento e rebaixador de nível de lençol freático. . . . .	29
2.15	Realização das escavações da estrutura 9/1 com apoio de bomba d'água, escoramento, rebaixador de nível de lençol freático e rompedor elétrico. . . . .	29
2.16	Nivelamento de fundo de cavas da estrutura 10/2. . . . .	30
2.17	Detalhe da sapata para solo do tipo A de estrutura metálica autoportante A21d (Chesf, 2008). . . . .	31
2.18	Detalhe dos corpos cilíndricos feitos durante a aplicação do concreto na fundação da estrutura 13/4. . . . .	32
2.19	Realização de ensaio pós concretagem da fundação da estrutura 10/1 com esclerômetro, equipamento que mede a resistência à carga da peça concretada sem a necessidade de retirada de corpo de prova. . . . .	32
2.20	Serviços de premontagem e montagem da estrutura 13/3. . . . .	33
2.21	Realização de treinamento para trabalho e resgate em altura na estrutura 13/4.	33
2.22	Estrutura 13/4 com montagem concluída. SE Santa Rita II em construção ao fundo. . . . .	34
2.23	Travessia sobre linha 13,8 kV na obra da LT Mataraca - Jacaraú. . . . .	35
2.24	Perfil da LT para a travessia sobre as LTs 13,8 kV e 69 kV no vão entre as estruturas 11/1 e 11/2 (Chesf, 2010). . . . .	36



# Lista de Tabelas

1.1	Tabela de torque para os parafusos da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II (Chesf, 2009). . . . .	12
2.1	Características elétricas da LT (ANEEL, 2009). . . . .	36
2.2	Características mecânicas de projeto da LT (ANEEL, 2009). . . . .	37
2.3	Dados de flechas para o condutor da LT (RS, 2011). . . . .	38
2.4	Dados de flechas para o OPGW da LT (RS, 2011). . . . .	38

# 1

## Linhas de Transmissão

### 1.1 Introdução

Linhas de Transmissão (LT) são circuitos elétricos através dos quais a energia elétrica é transportada de um terminal emissor a um receptor. As linhas de transmissão no Brasil estão sendo interconectadas para que façam parte do Sistema Interligado Nacional (SIN), que objetiva aumentar a confiabilidade do sistema brasileiro. Pode ser observado na Figura 1.1 o mapa 2010 do SIN, com horizonte para 2012 indicado pelas linhas tracejadas.

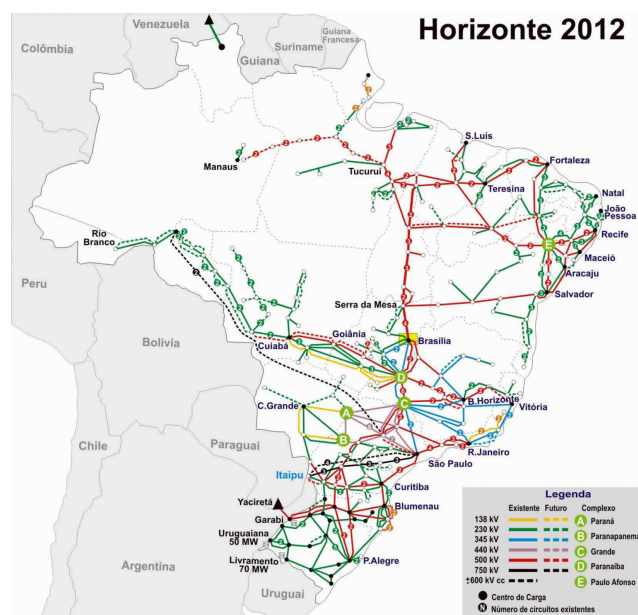


Figura 1.1: Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2010 com horizonte para 2012 (ONS, 2011).

## 1.2 Componentes de uma Linha de Transmissão

Os componentes básicos de uma linha de transmissão do tipo aérea, como a linha que fez parte deste estágio, são (Leão, 2011):

**Condutor:** componente principal da linha de transmissão. O condutor pode ser constituído de:

- **Cobre** - depois do ferro, é o metal mais utilizado na indústria elétrica. Em relação às condutividades elétrica e térmica, o cobre se configura como melhor material, depois da prata. Possui baixa resistividade e características mecânicas favoráveis.
- **Alumínio** - de cor branca prateada, possui pequena resistência mecânica e grandes ductibilidade e maleabilidade.
- **Ligas Metálicas** - que podem ser de cobre (*copperweld*), de alumínio (*allumoweld*) ou ACSR (*Aluminium Core Steel Reinforced*) ou CAA (Cabos de Alumínio-Aço).

**Isoladores:** têm a função de suspensão, ancoragem ou separação dos condutores. Quanto às solicitações mecânicas, os isoladores estão sujeitos a forças verticais pelo peso dos condutores, horizontais axiais para suspensão e horizontais transversais pela ação do vento. Com relação às solicitações elétricas, devem suportar a tensão nominal e sobretensões em frequência industrial, sobretensões de manobra e de origem atmosférica.

**Estruturas:** as estruturas das torres de linhas de transmissão podem ser construídas em vários materiais, sendo os mais usuais as estruturas metálicas de aço revestido com zinco (aço galvanizado), as de concreto armado, as de madeira e as de fibras de vidro.

**Condutores Neutros:** os condutores neutros são utilizados como proteção da linha, interceptando descargas atmosféricas e, atualmente, é incorporado fibra ótica ao seu núcleo, os chamados OPGW (*Optical Ground Wire*), utilizados para transmissão de dados e voz pelos serviços de comunicação.

Seu material pode ser aço ou ligas de alumínio. Normalmente esses cabos são solidamente aterrados, podendo também ser isolados por isoladores de baixa capacidade de ruptura.

### **1.2.1 Estruturas da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II**

Para a construção da linha de transmissão em questão, serão utilizados dois tipos de estruturas, poste e torre metálica. Cada estrutura é definida de acordo com sua utilização. As linhas de transmissão nem sempre são construídas em uma linha reta, portanto existem torres de alinhamento e de ângulo. Existem, ainda, as derivações de outras linhas, as estruturas de fim de linha e as de ancoragem - que servem para suportar a carga dos cabos condutores em um trecho. Por fim, ainda existem as definições quanto à sua resistência à carga - onde é estudado o tipo de fundação a ser utilizado - e à sua altura com relação ao solo.

#### **Tipos de Suporte**

O tipo de suporte dos cabos condutores define as famílias de estruturas, que podem ser classificadas como a seguir (Labegalini et al., 1992):

**Suspensão ou de Alinhamento:** são suportes dimensionados para, em condições normais de operação, resistir aos esforços verticais devido ao peso dos cabos, isoladores e suas ferragens. Devem suportar igualmente as forças horizontais transversais decorrentes da pressão do vento sobre cabos, isoladores e sobre seus próprios elementos. Na Figura 1.2 é ilustrado o projeto para uma estrutura nomeada como S21d, utilizada para suspensão.

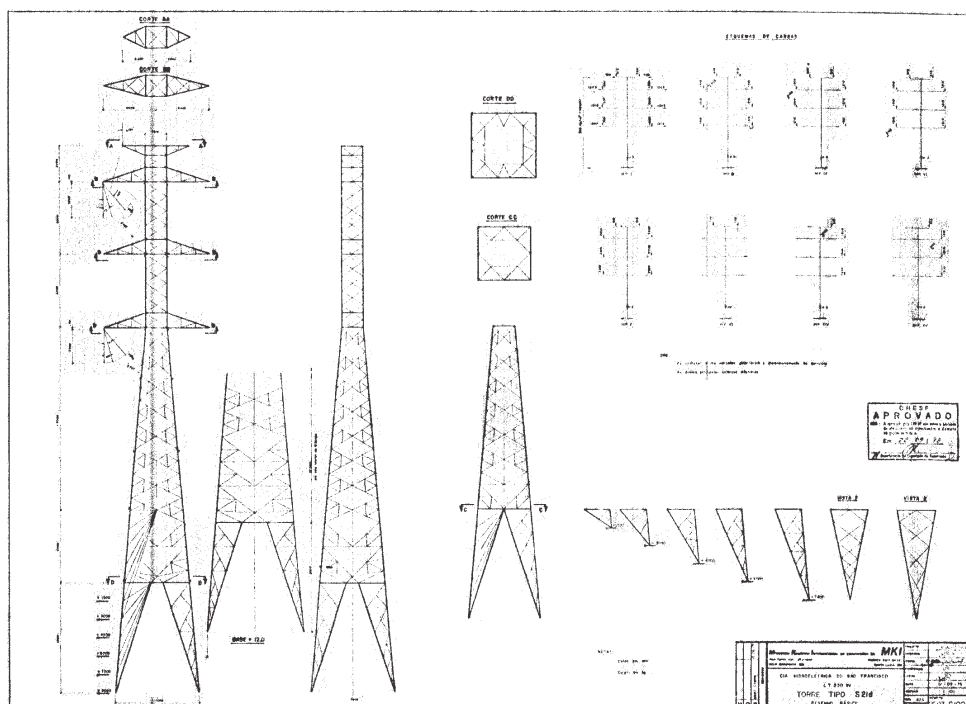


Figura 1.2: Desenho básico da estrutura S21d (MKI, 1976b).

**Ancoragem:** devem suportar, além dos esforços decorrentes da suspensão dos cabos, unilateralmente aos esforços decorrentes do tensionamento dos cabos durante a montagem, ou após a ruptura de alguns deles, supondo-se ausência de ventos de máxima intensidade. São utilizados pelos projetistas a intervalos regulares ao longo das linhas, a fim de facilitar o retensionamento dos cabos quando necessário. É apresentado na Figura 1.3 o desenho básico de uma estrutura do tipo A21d, pertencente a essa família.

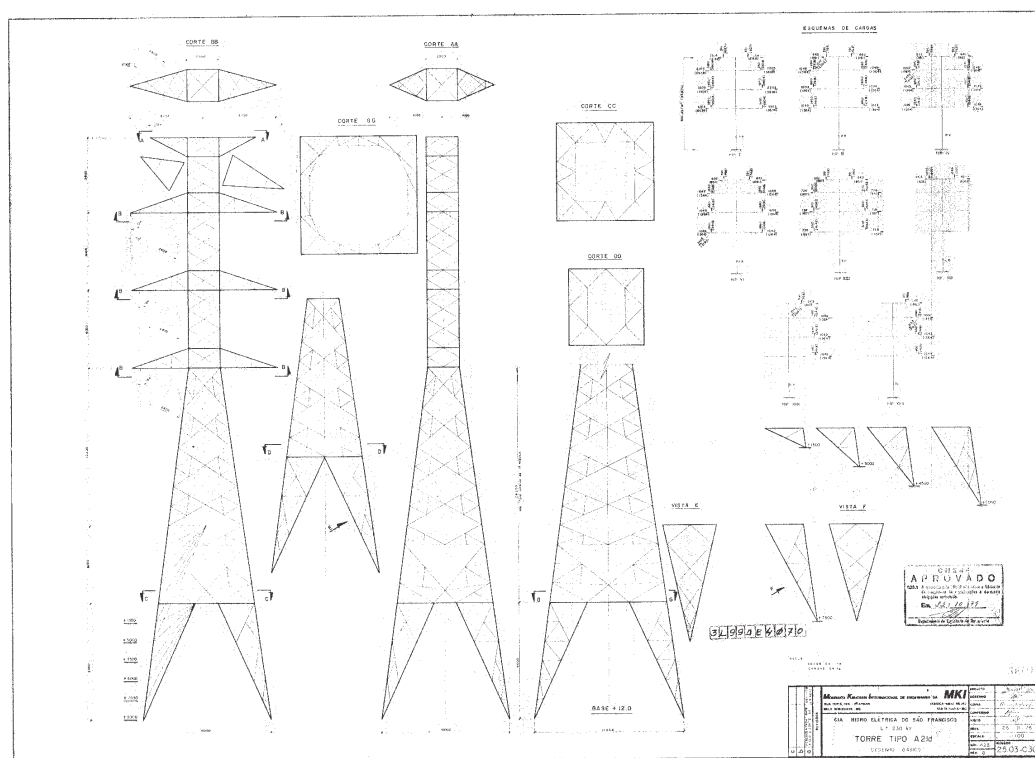


Figura 1.3: Desenho básico da estrutura A21d (MKI, 1977).

**Terminal ou Ancoragem Total:** são os suportes utilizados no início ou no fim de linhas.

Para esse tipo de estrutura, é exigida a responsabilidade de manter os cabos esticados.

São os suportes mais solicitados, sendo, portanto os mais reforçados.

**Ângulo:** são estruturas dimensionadas para suportar, além dos esforços verticais e transversais, também as forças decorrentes da resultante das forças de tração nos cabos nos dois alinhamentos que se cruzam. A estrutura AF2d é uma das estruturas dessa família e é apresentada na Figura 1.4.

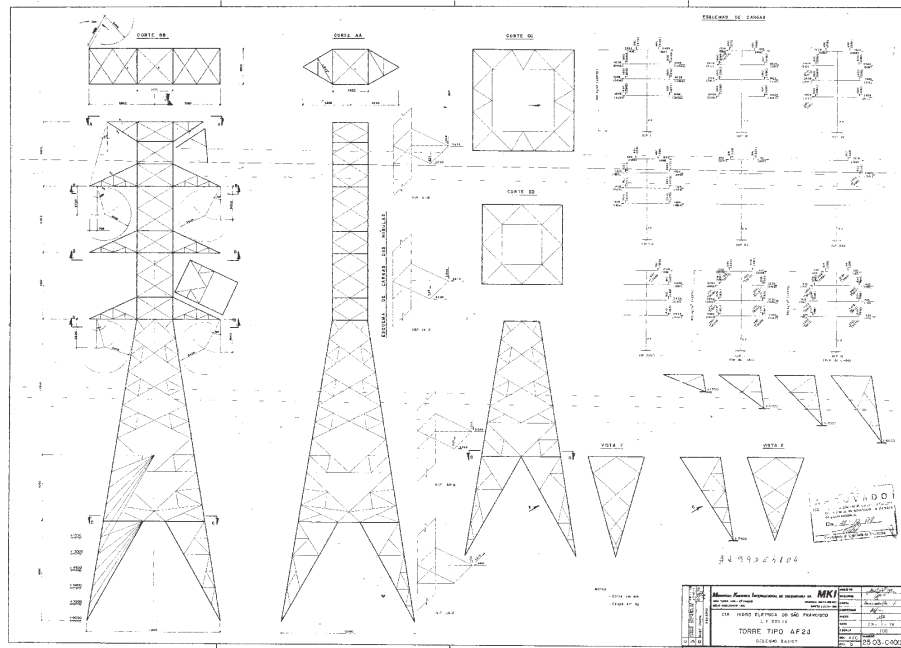


Figura 1.4: Desenho básico da estrutura AF2d (MKI, 1976a).

**Derivação:** para que seja alimentado um novo ramal, sem a necessidade de algum pátio de seccionamento e manobras, é utilizado um tipo específico de estrutura projetada para esse fim. Uma das estruturas que são utilizadas para derivação é a 2DT, composta por 2 postes duplo "T" de 2x36/2400. O perfil de projeto de uma estrutura do tipo 2DT é ilustrado na Figura 1.5.

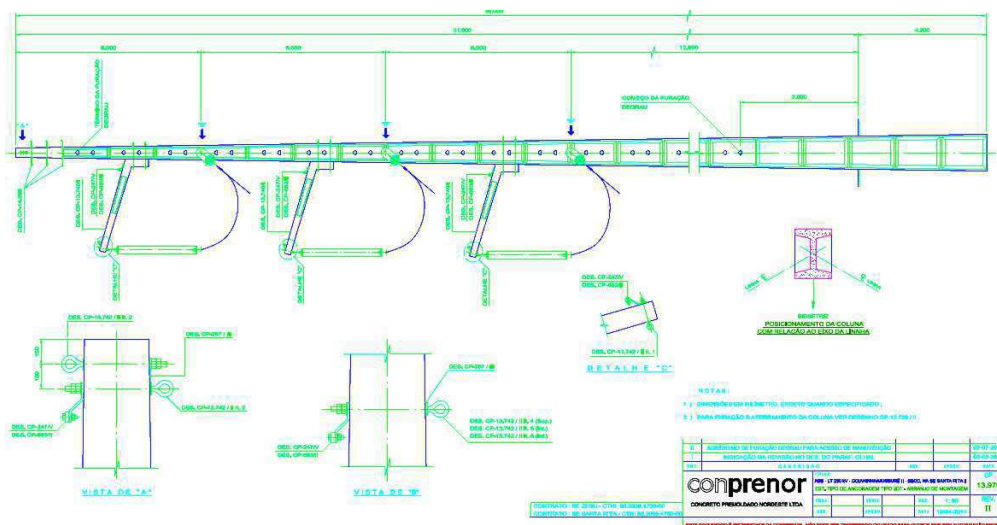


Figura 1.5: Perfil de projeto de estrutura do tipo 2DT, composta por 2 postes duplo "T" de 2x36/2400 (CONPRENOR, 2011).

## 1.2.2 Classificação das Estruturas quanto à Forma de Resistir

Com relação à forma de resistir e de se suportar no solo, as estruturas são classificadas em duas famílias: autoportantes e estaiadas. Os esforços a que os suportes ficam submetidos são transmitidos ao solo (Labegalini et al., 1992).

**Autoportantes:** são dimensionadas para transmitir todos os esforços ao solo através de suas fundações. Todas as estruturas da LT em questão são projetadas dessa forma.

**Estaiadas:** neste tipo de suporte são empregados tirantes ou estais para absorver os esforços horizontais transversais e longitudinais. Pode ser observado na Figura 1.6 realização de serviço de manutenção em torre metálica 230 kV estaiada.



Figura 1.6: Realização de manutenção em torre de 230 kV estaiada da LT Jauru - Vilhena (INCOMISA, 2011).

## 1.3 Especificação Técnica para Serviços de Linha de Transmissão - Chesf

Para a construção de qualquer linha de transmissão em posse da Eletrobras/Chesf, há especificação técnica que regula todas as atividades. A empreiteira é responsável por seguir a regulamentação para que haja suporte jurídico em quaisquer condições e, além disso, as atividades são fiscalizadas por colaboradores da Chesf e a obra só é recebida após confirmação



desses responsáveis de que todas as regras e especificações foram seguidas.

### **1.3.1 Abertura e Limpeza de Faixa**

Para que se tenha acesso à área das estruturas e para que sejam lançados os cabos, são abertos caminhos em meio às plantações e matas existentes.

#### **Supressão de Vegetação**

A supressão de vegetação é o corte das espécies vegetais existentes para abertura da faixa de segurança e limpeza da área com remoção e arrumação da lenha e/ou madeira para o limite da borda da faixa (Chesf, 2009).

É importante frisar que toda e qualquer supressão de vegetação depende de autorização de supressão pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

#### **Faixa de Servidão**

É a área onde será implantada a Linha de Transmissão definida por Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para a qual a Chesf disponibilizará as Licenças Ambientais, entre as quais, a de Supressão de Vegetação e os direitos de passagens, obtidas junto aos proprietários das terras (Chesf, 2009).

#### **Faixa de Segurança**

É a área ao longo da faixa de servidão (Chesf, 2009), dentro da qual será executada a supressão da vegetação, obedecendo às seguintes larguras básicas:

- LT 230 kV circuito simples/duplo - de 30 a 45 metros, dependendo das características da linha;
- LT 500 kV circuito simples - de 60 a 70 metros, dependendo das características da linha.

### 1.3.2 Topografia

#### Conferência Topográfica

A conferência topográfica compreende os seguintes serviços (Chesf, 2009):

1. Verificação do alinhamento;
2. Conferência dos ângulos;
3. Distância entre marcos;
4. Desníveis entre marcos;
5. Conferência do levantamento de travessias;
6. Comentários dos desenhos de planta e perfil e fornecimento das cadernetas de campo.

### 1.3.3 Escavações

As escavações deverão ser executadas (escoradas, se o terreno se mostrar desmoronável) com as dimensões mínimas necessárias à boa execução dos serviços e de acordo com as especificações técnicas do Departamento de Linhas de Transmissão da Chesf (Chesf, 2009).

Toda escavação será classificada pela fiscalização numa das seguintes categorias (Chesf, 2009):

**CATEGORIA "A":** abrange as escavações executadas em solos (terrenos) tais como: areia, argila rija ou seca, massapê, piçarra e aqueles que contenham fragmentos de rocha ou pedra rolada (seixos), escaváveis com o uso normal de pás e picaretas.

**CATEGORIA "B":** abrange as escavações executadas em rocha muito alterada (rocha branda), solos concrecionados, solos laterícios, regiões de bloco de rocha e matações e outros tipos de terreno que venham a exigir o emprego de alavancas e/ou equipamento pneumático para escavação, sem necessidade de uso de explosivo.

**CATEGORIA "C":** abrange escavações em rocha pouco alterada e sã, blocos de rocha de grandes dimensões e outros tipos de terrenos que venham a exigir o emprego de explosivos para abertura das cavas.

**CATEGORIA "D":** abrange escavações executadas em solos alagadiços (exigindo a execução de ensecadeiras simples ou duplas) e aquelas que venham a atingir nível d'água subterrâneo, obrigando o bombeamento (contínuo ou através de rebaixamento com ponteiros), bem como o escoramento da cava.

### 1.3.4 Reaterros

Após a secagem do concreto aplicado na fundação das estruturas, se faz necessária a aplicação de reaterro das cavas. Essa atividade também segue especificação técnica no que tange à forma de compactação do terreno e aos testes executados para comprovar sua resistência à carga devido ao peso das torres e dos cabos.

O solo utilizado para reaterro das cavas de fundações apresenta a seguinte classificação (Chesf, 2009):

1. **Solo Nativo** - aquele proveniente da própria escavação ou encontrado num raio de até 50 metros contados a partir do piquete de qualquer fundação.
2. **Solo Local** - é aquele obtido num raio maior que 50 metros e menor que 1000 metros, contados a partir do piquete de qualquer fundação.
3. **Solo Importado** - solo obtido num raio superior a 1000 metros do piquete de qualquer fundação.

Independente do tipo de solo a ser utilizado, esse passa pela aprovação da fiscalização da Chesf e por testes de resistência à carga. É ilustrado na Figura 1.7 a realização de testes de densidade de solo para a confirmação de que o mesmo tem compactação suficiente para resistir à carga das torres e dos cabos.



Figura 1.7: Realização de ensaio de densidade de solo para determinação de resistência à carga.

Para a realização do ensaio, utiliza-se o aparelho chamado de *Speedy*, empregado na determinação do teor de umidade de solos. Além de um cilindro, ou frasco de areia, que é cravado no solo, a fim de ser retirada uma amostra no estado natural. Verifica-se o peso úmido da amostra e, com o teor de umidade determinado pelo *Speedy*, é calculado o seu peso seco utilizando-se a Equação 1.1.

$$Densidade = \text{PesoSeco} / \text{VolFuro} \quad (1.1)$$

onde: densidade indica a densidade de campo da amostra de solo retirada e volume do furo indica o volume do cilindro utilizado.

### 1.3.5 Concretos

A empreiteira deve informar em detalhes à fiscalização da Chesf os equipamentos e os materiais que serão utilizados em cada concretagem e como será realizado o controle tecnológico do concreto. No caso de concreto usinado proveniente de concreteira, devem-se

informar os dados completos do fornecedor, inclusive os traços do concreto e quem fará o controle tecnológico (Chesf, 2009).

### 1.3.6 Montagem de Estruturas

Da mesma forma que para as outras atividades, há uma grande exigência de controle de qualidade com relação à montagem das estruturas, neste caso, torres metálicas. Todos os desenhos do fabricante das estruturas deverão ser seguidos rigorosamente e todas as peças com avarias devem ser verificadas pela fiscalização para definição da possível correção na obra ou a sua devolução. Para que haja resistência suficiente do concreto para receber o peso da estrutura, há um prazo mínimo de sete dias para o início dessa atividade (Chesf, 2009).

O ajuste final dos parafusos é feito com a utilização de chave dinamométrica, respeitando-se rigorosamente os valores de torque máximo e mínimo, conforme projeto das estruturas. Na Tabela 1.1 são mostrados os valores de torque segundo especificação técnica Chesf.

Tabela 1.1: Tabela de torque para os parafusos da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II (Chesf, 2009).

Tipo de Parafuso	Torque (Kgf/m)	
	Mínimo	Máximo
1/2"	3,5	5,5
5/8"	7	10,5
3/4"	12	19
7/8"	18	30
1	25	45

### 1.3.7 Sistema de Aterramento

#### Aterramento dos Cabos Para-Raios

Para as linhas de transmissão de 230 kV, todas as estruturas devem ser aterradas, segundo especificação técnica da Chesf.

## Medição de Resistência de Aterramento

**Equipamento:** a empreiteira deverá utilizar aparelho apropriado para medição da resistência de aterramento, tipo *null balance*, tendo em vista que as medições poderão ser feitas próximas a LTs energizadas. Sendo assim, deverá ser imune a correntes parasitas.

Duas hastes de aterramento de aço revestido de cobre similar ao *Copperweld*, tendo aproximadamente 1,0 metro de comprimento e diâmetro mínimo de 16 mm (5/8 polegadas), as que deverão possuir dispositivos que permitam a conexão fácil e segura dos condutores.

**Locação das hastes de aterramento:** as hastes de aterramento deverão ser dispostas em linha reta com o ponto de ligação à estrutura, de tal modo que a haste de potencial fique entre a haste de corrente e o ponto de ligação à estrutura.

A haste de corrente deverá ser cravada a uma distância de 100 m do ponto de ligação à estrutura e deverá permanecer fixa durante a realização das medições.

Entre a haste de corrente e o ponto de ligação à estrutura não deverão existir objetos metálicos enterrados, como: outras estruturas, contrapesos, tubulações, entre outros.

A direção preferencial para realização das medições deverá ser perpendicular ao eixo da LT, podendo, se uma das condições indicadas anteriormente não for satisfeita, as medições serem realizadas em qualquer outra direção, inclusive seguindo o eixo da LT.

Para a realização da medição, deve-se cravar a haste de potencial a 10 m do ponto de ligação à estrutura e, a seguir, para cada nova leitura do aparelho, deve-se deslocá-la 10 m em direção à haste de corrente.

**Medição:** as medições deverão ser feitas de acordo com as recomendações do fabricante do aparelho. As leituras são feitas até que uma das condições a seguir ocorra:

1. A diferença entre cada uma das três leituras sucessivas e a média das três não seja superior a 10% desta média;
2. A distância do eletrodo de potencial ao eletrodo de corrente seja inferior a 30 m, sem ter ocorrido a situação do item 1;

3. Caso não ocorra a situação do item 1, o eletrodo de corrente deverá ser cravado numa posição mais afastada da estrutura (aproximadamente 150 m) e as medições deverão ser repetidas;
4. Será considerado como valor da resistência de aterramento da estrutura a média dos três valores obtidos conforme o item 1.

**Instalação do Sistema de Aterramento:** a empreiteira deverá aterrar todas as estruturas através da instalação de fio contrapeso ou haste de aterramento, conforme indicações gerais e os detalhes de aterramento indicados nos desenhos fornecidos pela fiscalização.

As hastes de aterramento serão em *Copperweld* ou similar, com bitola de 3/4 polegadas e comprimento de 3,00 metros.

O comprimento inicial do fio contrapeso a ser instalado para cada estrutura é definido em projeto pela Chesf.

O valor máximo de resistência, assim medido, deverá ser de 20 Ohm. Se este valor for ultrapassado, a empreiteira deverá seguir as instruções da fiscalização.

O equipamento utilizado para realizar medições de resistência de aterramento é o terrômetro. Um dos modelos disponíveis é o Terrômetro Digital MTD-20KWe, de fabricação da Megabras. O equipamento pode ser visto na figura 1.8.



Figura 1.8: Terrômetro MTD-20KWe - utilizado para medição de resistência de aterramento.

## 1.4 Especificações ANEEL - Características Elétricas e Requisitos Básicos

Para a construção de linhas de transmissão, algumas características operativas da LT são exigidas pela ANEEL quando do lançamento do edital de seu leilão. O principal requisito é que as características elétricas, mecânicas e de desempenho sejam iguais ou superiores à linha existente.

Com relação à capacidade de corrente, os trechos da linha de transmissão devem ter capacidade operativa de longa duração de, no mínimo, 635 A. Durante condições de emergência, o mínimo admissível é de 800 A, conforme regulamentação da ANEEL.

As capacidades de corrente de longa duração correspondem ao valor de corrente em condições normais de operação e devem atender às diretrizes da NBR 5422 (ABNT, 1985). As capacidades de corrente de curta duração se referem às condições de emergência estabelecidas pela mesma norma.

As linhas de transmissão devem ter pelo menos um cabo para-raio do tipo OPGW (*Optical Ground Wire*). Não haverá essa obrigatoriedade no caso de linhas que se originam de seccionamento de outra já existente e a primeira não possuir o cabo para-raio do tipo OPGW. Esses, sendo conectados ou não à malha de aterramento das subestações terminais e ao sistema de aterramento das estruturas da linha, devem ser capazes de suportar, sem dano, durante o período de concessão da linha de transmissão, a circulação de corrente associada à ocorrência de curto-circuito monofásico franco em qualquer estrutura por duração correspondente ao tempo de atuação da proteção de retaguarda. Para tanto, deve ser considerado um nível de curto-circuito de 40 kA nos barramentos de 230 kV das subestações (ANEEL, 2009).

Para a LT em questão, foi considerado pela ANEEL que a resistência de sequência positiva por unidade de comprimento dos trechos de linha de transmissão entre o ponto de seccionamento e a subestação, para a frequência nominal de 60 Hz e a temperatura de 50 °C deve ser igual ou inferior a 0,103  $\Omega/km$  (ANEEL, 2009).

Na Figura 1.9, está ilustrado o diagrama unifilar onde está situada a SE Santa Rita II, bem como sua ligação pelas LTs de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II e Pau



Ferro - Santa Rita II.

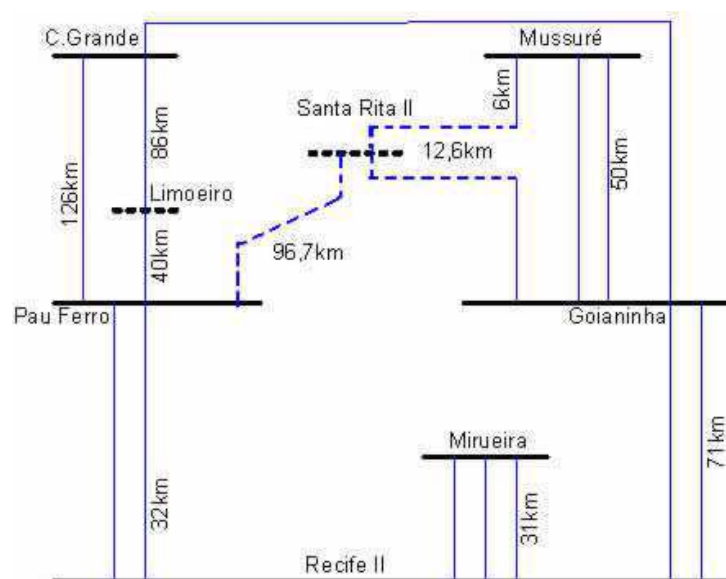


Figura 1.9: Diagrama unifilar simplificado da região de instalação da SE Santa Rita II e da LT de 230 kV Goianinha - Mussuré - Santa Rita II (ANEEL, 2009).

# 2

## O Estágio

### 2.1 A Empresa

A Energy Eletricidade é uma empresa especializada na execução de projetos elétricos com experiência na construção de linhas de transmissão de 69 kV, subestações abaixadoras, linhas de distribuição de 13,8 kV, parques eólicos, entre outros.

Atualmente, estes são alguns dos projetos em execução pelo setor de construção:

- Linhas de Transmissão de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II e Paulo Afonso III - Zebu II;
- Parques Eólicos nas cidades de Brotas de Macaúbas - Bahia - e Acaraú - Ceará;



Figura 2.1: Vista da fachada da Energy Eletricidade LTDA em Campina Grande - PB.

## 2.2 Atividades Iniciais

Inicialmente, a fim de se familiarizar com as atividades, foram realizadas visitas às obras em execução pela Energy Eletricidade. A primeira se deu na cidade de Mataraca, Paraíba, na qual estava sendo construída a LT de 69 kV Mataraca - Jacaraú, de posse da Energisa Paraíba. No momento, eram implantados postes e lançados os cabos para sua futura energização. Em seguida, visitou-se a obra da LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II, na cidade de Santa Rita, Paraíba, na qual estavam sendo realizadas atividades de topografia e de limpeza de faixa/área de torre. As visitas tiveram a supervisão e o acompanhamento dos engenheiros eletricitas Alfredo de Carvalho Filho e Leonardo de Medeiros Ramos.

## 2.3 LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II

A obra LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II foi a principal locação do estágio. Essa linha tem a extensão de aproximadamente 13 km e levará energia à subestação Santa Rita II, 230/69 kV, situada em cidade homônima. A construção da subestação ampliará os serviços oferecidos pela Chesf nesta cidade. A LT parte do seccionamento da linha Goianinha - Mussuré II, em circuito duplo, à alimentação do primeiro circuito da subestação Santa Rita II.

O trecho percorrido pela LT supracitada e a área de implantação da SE Santa Rita II é ilustrado na Figura ??.

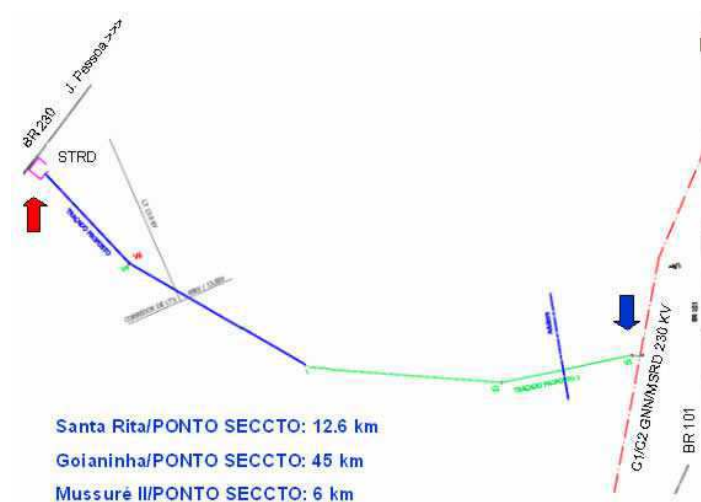


Figura 2.2: Área prevista para a implantação da SE Santa Rita II, contemplando o trecho de LT 230 kV entre a SE Santa Rita II e o Seccionamento da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II (ANEEL, 2009).

## 2.4 Acompanhamento da Obra

Findado o período de familiarização, teve início a fase de adaptação e acompanhamento da obra. Para a construção de uma linha de transmissão em 230 kV, com torres metálicas autoportantes, segue-se um roteiro que vai da construção civil, montagem eletromecânica das estruturas ao lançamento dos cabos condutores.

Para que as atividades sejam acompanhadas pela contratante (ABB) e pelo cliente (Chesf), é feito um Relatório Diário de Obra (RDO), onde são discriminadas as atividades, o contingente pessoal e os equipamentos disponíveis para a execução. Além do RDO, é feita uma Programação de Execução Diária (PED), informando as atividades a serem realizadas posteriormente.

Para o detalhamento das atividades, todas as informações importantes às equipes de construção e topografia são compiladas em uma Lista de Construção, onde dados como tipo de estrutura, altura útil do cabo, posição exata em relação aos pontos marcados no trecho, entre outros, são descritos.

Com o intuito de serem compiladas as atividades já realizadas na obra de forma visual, é utilizado o gráfico de Acompanhamento de Obra, ilustrado na Figura 2.3.

Chesf ENERGY PARTNER DA ABB		ACOMPANHAMENTO PROGRESSIVO DA OBRA																												ATUALIZADO EM:									
		LT 230 KV GOIANINHA / MUSSURÉ II - SECC. SANTA RITA II																												06/12/2011									
ESTRUTURA NÚMERO	46/2	1/1	1/2	1/3	1/4	2/1	2/2	3/1	3/2	4/1	4/2	5/1	5/2	5/3	6/1	6/2	7/1	7/2	8/1	8/2	9/1	9/2	10/1	10/2	11/1	11/2	12/1	12/2	13/1	13/2	13/3	13/4	Pórt.						
ESTRUTURA TIPO	C21d	2DT	AF2d	AF2d	S21d	S21d	S21d	A21d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	A21d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	AF2d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	S21d	AF2d	AF2d	A21d								
Conf. Topográfica	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Entrada de Acesso	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Limpeza de Área de Torre	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Limpeza de Faixa	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Locação Cavas	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Escavação	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Nivelamento de Fundo de Cava	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Ensaio de Fundo de Cava	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Instalação de Ferragem e Forma	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Concretagem	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Desforma	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Reaterro	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Aterramento	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	
Montagem de Estrutura																																							
Pintura Torre																																							
Inst. Para-raios																																							
Inst. Condutores																																							
Embargo																																							
Revisão Final / Comissionamento																																							

Figura 2.3: Planilha de Acompanhamento de Obra.

### Relatório Diário de Obra

O RDO é uma das ferramentas mais importantes para o acompanhamento do dia a dia da obra e para o planejamento de atividades. Nele são compiladas informações importantes do pessoal e dos equipamentos disponíveis. É ilustrado na Figura 2.4 parte do RDO onde essas informações são compiladas.

DIÁRIO DE OBRA		ABB		Chesf		MÊS: out-11		DIA: 04												
OBRA: Construção LT 230 kV Goianinha / Mussure X SE Santa Rita						seg		ter		qua		qui		sex		sáb		dom		
Cliente: ABB						X														
Efetivo: Pessoal / Equipamentos						PERÍODO DA OBRA (DIAS)		PASSARAM (DIAS)		RESTAM (DIAS)										
EFETIVO PESSOAL:			EFETIVO VEIC. / EQUIPTOS.:			RELATÓRIO DE PRODUÇÃO DIÁRIA														
Administ. Financeiro / Pessoal																				1. Término regularização de cavas da estrutura 6/2 com concreto magro;
Almoxarife																				2. Continuação das escavações da estrutura 9/2 (70%);
Aux. de Topografia		03																		3. Continuação do nivelamento de fundo de cavas da estrutura 9/2 (70%);
Aux. Serv. Gerais		08																		4. Posicionamento de ferragens na área da estrutura 6/2;
Pedreiro		01																		5. Continuação do reaterro da estrutura 10/1 (70%);
Aux. Administrativo		01																		
Armador		01																		
Carpinteiro		04																		
Chefe de turma																				
Chefe de Instalação de Cabos																				
Chefe de Desmontagem Estruturas																				
Enc. de Pátio																				
Enc. Escavação		01																		
Enc. Montagem																				
Encarregado		02																		

Figura 2.4: Relatório Diário de Obra Energy/ABB.

Durante o período de realização do estágio, diariamente preencheu-se o RDO, a fim de informar o andamento da obra e possíveis imprevistos. Essa é uma atividade que, além de ser necessária para o responsável na obra, facilita a familiarização com as etapas da construção.




		<b>PROGRAMA DE EXECUÇÃO DIÁRIA</b> OBRA: Construção da LT 230 kV Goianinha / Mussure X SE Santa Rita	
SERVIÇO	PREVISTO PARA O DIA: 04/10/2011	EXECUTADO EM: 03/10/2011	
<b>1 TOPOGRAFIA</b>			
1.1 Levantamento Topográfico			
1.2 Locação de Cavas			
1.3 Marcação de Cavas			
1.4 Nivelamento de Fundo de Cavas	Continuação do nivelamento de fundo de cavas da estrutura 9/2;	Continuação do nivelamento de fundo de cavas da estrutura 9/2 (45%);	
<b>2 FAIXA</b>			
2.1 Limpeza de Faixa			
2.2 Limpeza da Área da Torre			
2.3 Recup. Estrada de Acesso			
2.4 Abertura Estrada de Acesso			
<b>3 ESCAVAÇÃO</b>			
3.1 Escavação de Torre	Continuação das escavações da estrutura 9/2;	Continuação das escavações da estrutura 9/2 (45%);	
3.2 Ensaio de fundo de cavas			
<b>4 FERRAGENS</b>			

Figura 2.6: Programação de Execução Diária Energy/ABB.

## Relatório Mensal

Ao final de cada mês, é escrito um Relatório Mensal, contendo todas as atividades realizadas, inclusive com relatório fotográfico, e o planejamento para o mês seguinte, como pode ser observado na Figura 2.7.

	<b>RELATÓRIO MENSAL</b>	N.º <u>02/2011</u> <u>Agosto</u>
<b>1. Introdução</b>		
<p>A Energy Eletricidade LTDA, empresa do ramo de engenharia, realiza atualmente trabalhos de Montagem Eletromecânica na construção da linha de transmissão Goianinha / Mussurê – SE Santa Rita, para a empresa ABB, conforme contrato firmado entre estas.</p> <p>Neste, segue descrição das atividades realizadas, da mão de obra e dos equipamentos disponíveis no mês de julho de 2011. Em anexo, fotos referentes às atividades aqui relacionadas.</p>		
<b>2. Eventos Significativos Ocorridos no Período</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encerrada toda conferência topográfica;</li> <li>• Locação das cavas das estruturas 13/4, 13/3, 13/2, 13/1, 12/2, 12/1 e 8/1;</li> <li>• Confecção das ferragens referentes a todas as sapatas;</li> <li>• Escavações das estruturas 13/4, 13/3 e 13/2;</li> <li>• Limpeza de faixas e abertura de acessos às estruturas 13/4, 13/3, 13/2, 13/1, 12/2, 12/1, 10/2, 10/1, 9/1;</li> <li>• Pintura dos stubs.</li> </ul>		

Figura 2.7: Relatório Mensal de Obra Energy/ABB.

## 2.4.1 Nomenclatura

### Estruturas

Para melhor entendimento e para que seja facilitado o acesso à cada estrutura, há uma nomenclatura utilizada pela Chesf para identificar cada uma. A regra é que a numeração seja em ordem crescente partindo do ponto inicial até o ponto terminal (subestação). A partir daí, a nomeação é feita com dois números da forma X/Y, onde X indica a distância, em quilômetros, do ponto inicial à estrutura. Y é dado seguindo uma contagem de estruturas, onde 1 indica a primeira estrutura, em relação ao ponto inicial, daquele quilômetro.

Um exemplo é a estrutura 13/4, quarta estrutura do quilômetro 13 da LT.

### Vãos e Flechas

**Vão** é o termo utilizado para identificar a distância, em metros, de uma estrutura a outra, em sequência.

**Flecha** é a distância, em metros, do ponto de suporte do condutor em determinada estrutura ao ponto de maior inflexão da sua curva, determinada por uma catenária.

Muito utilizados quando se trata de linhas de transmissão, os termos vão e flecha são ilustrados na figura 2.8.



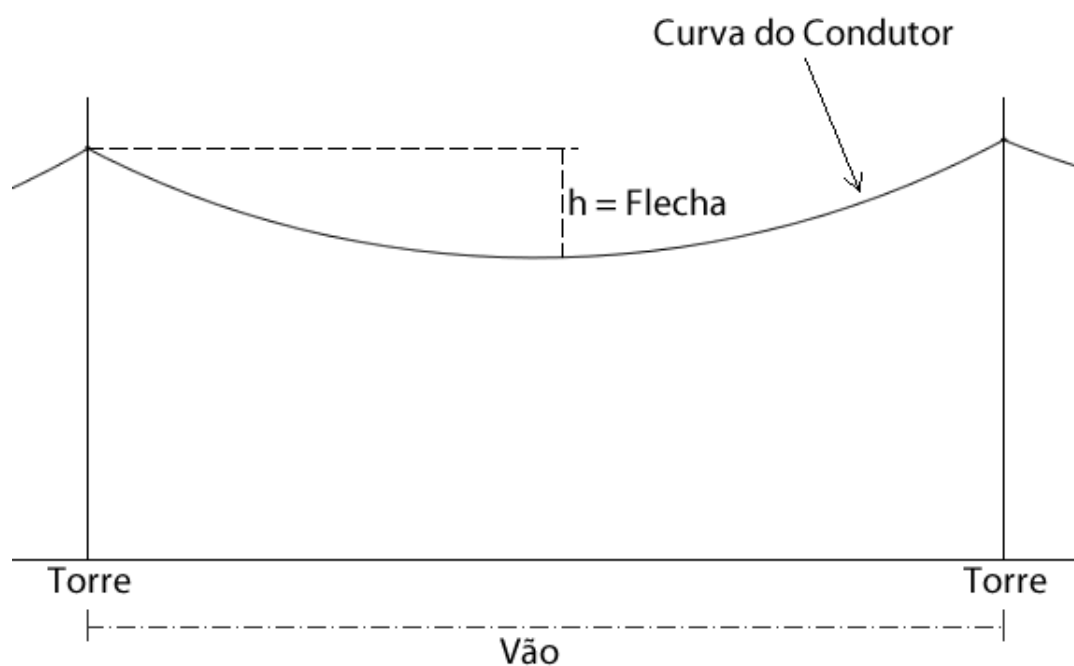


Figura 2.8: Esquema: vão entre duas estruturas e flecha de um condutor.

## 2.5 Atividades de Construção

### 2.5.1 Lista de Construção

Para que sejam repassadas as informações gerais à construção da linha de transmissão sem a necessidade da utilização dos projetos todo o tempo, é compilada uma Lista de Construção, planilha com todos os dados relevantes para a realização das atividades da obra. Dados de obra civil e da montagem das estruturas são dispostos de forma simples e compacta. Dessa forma, podem ser passadas informações às equipes de campo.

### 2.5.2 Topografia

Inicialmente, são realizadas as atividades de topografia, onde são locados e marcados os locais de instalação das torres. Na sequência, são marcados os locais de escavação dos pés das torres (cavas). Pode ser observado o serviço de locação de cavas de uma das torres da LT na Figura 2.9.



Figura 2.9: Locação de cavas da estrutura 13/4 da LT de 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II.

Nesse caso, os pés são fixados por sapatas, tipo de blocos de concreto com o formato dos pilares, porém alongado. Esse tipo de bloco dá sustentação e estabilidade à construção distribuindo a carga ao solo pela base da fundação. É ilustrado na Figura 2.10 o detalhe para a locação de cavas para a estrutura 13/4, do tipo A21d.

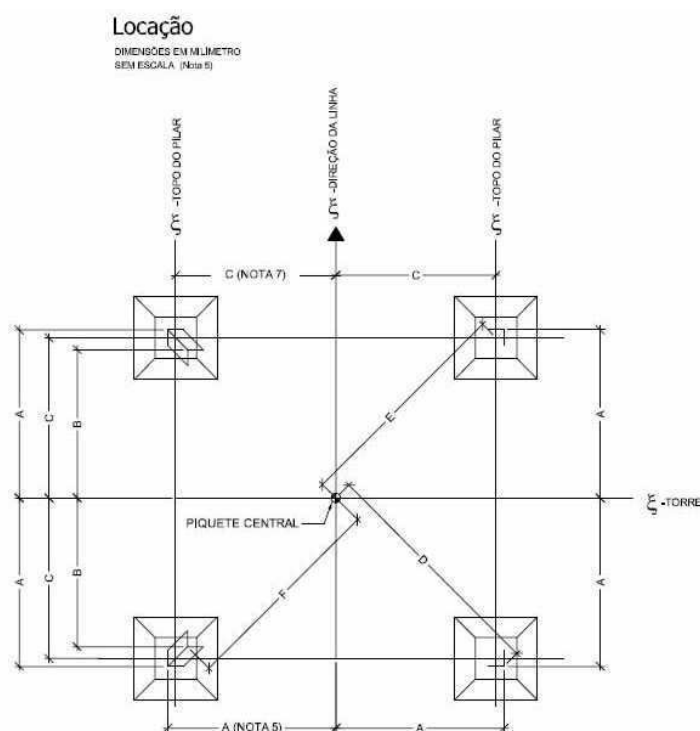


Figura 2.10: Detalhe da locação de cavas para instalação de sapata para estrutura metálica autoportante do tipo A21d (Chesf, 2008).

Por fim, há o serviço de nivelamento de cabos condutores e OPGW nos vãos entre as estruturas, também realizado pela equipe de topografia. A atividade pode vista com detalhes na seção 2.5.7.

### 2.5.3 Limpeza de Faixa e de Área de Torre

Para a realização das atividades da construção da LT e para futuros acessos pela equipe de manutenção da Chesf, são executados serviços de limpeza de faixa e de área de torre. Além disso, são criadas estradas de acesso ao local de sua instalação.

A limpeza de faixa consiste na supressão de matas existentes e na retirada do plantio ao longo da faixa de servidão da Chesf, estabelecidos por regulamentação da ANEEL. Para o presente caso, a faixa de servidão possui 40 m de largura, centralizados no eixo da linha. A construção de estrada de acesso, limpeza de faixa e de área de torre é ilustrado na Figura 2.11.



Figura 2.11: Detalhe da estrada de acesso, das limpezas de área e de faixa da estrutura 13/1.

Na limpeza de área de torre, é aberta uma área de 30mx30m que servirá para a acomodação de máquinas e equipamentos, além da organização das peças metálicas para montagem das torres. Durante o período de estágio, as áreas encontradas continham plantio de abacaxi ou de cana-de-açúcar, ou, em alguns casos, matas com árvores antigas, como pode ser observado na Figura 2.12.



Figura 2.12: Mata a ser suprimida na área da estrutura 4/2. Detalhe para o marco central, ponto exato do centro da estrutura.

Por fim, a limpeza de faixa também serve para a passagem dos cabos, visto que o caminho criado será utilizado para tráfego e alocação dos equipamentos e máquinas utilizados no

lançamento. É importante frisar que as áreas desmatadas são de utilidade pública e de posse do Governo Federal, que indeniza os proprietários de forma amigável, ou, em casos extremos, judicialmente.

#### 2.5.4 Escavações

A tarefa inicial das fundações dos pés das torres após a locação das cavas é a escavação, que pode ser executada manualmente ou com o apoio de máquinas e equipamentos. No caso mais extremo, são utilizados explosivos, como no caso das fundações em rochas.

Em alguns tipos de solo é necessário que sejam tomadas precauções para evitar que as atividades sejam prejudicadas, como em solos arenosos, onde há desmoronamento das barreiras, ou a utilização de bombas d'água e/ou rebaixador de nível de lençol freático no caso das escavações alagadas.

Na Figura 2.13, está ilustrada a execução da escavação de uma das cavas da estrutura 8/1 com a utilização de uma retroescavadeira.

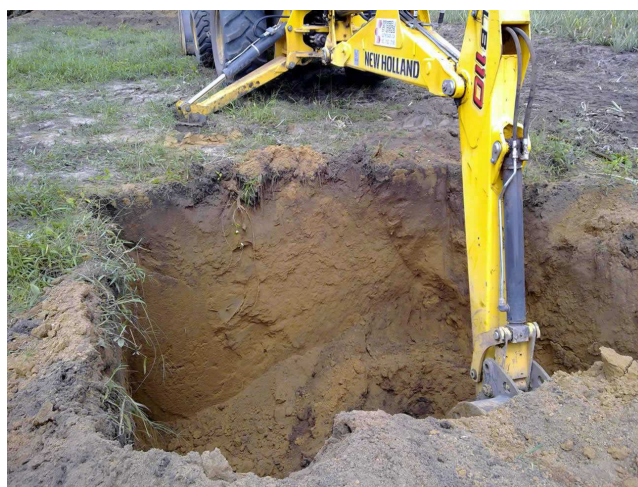


Figura 2.13: Retroescavadeira realizando escavações da estrutura 8/1.

Na sequência, pode-se observar a Figura 2.14, onde são utilizados escoramento, bomba d'água e rebaixador de nível de lençol freático, devido a problemas de alagamento e desmoronamento.



Figura 2.14: Realização das escavações da estrutura 9/1 com apoio de bomba d'água, escoramento e rebaixador de nível de lençol freático.

Ainda sobre a mesma estrutura, a 9/1, na Figura 2.15 é ilustrado a utilização de rompedor elétrico para a escavação em solo rochoso.



Figura 2.15: Realização das escavações da estrutura 9/1 com apoio de bomba d'água, escoramento, rebaixador de nível de lençol freático e rompedor elétrico.

Ao final das escavações, é realizada conferência da profundidade das cavas, bem como a locação da posição das sapatas. Essa atividade, chamada de nivelamento de fundo de cavas, é realizada pelo topógrafo e seus auxiliares e está ilustrada na Figura 2.16.



Figura 2.16: Nivelamento de fundo de cavas da estrutura 10/2.

### 2.5.5 Concretagem das Sapatas

A principal atividade das fundações das estruturas é a concretagem dos pilares que servirão de base para as torres. De acordo com os esforços mecânicos e o tipo de solo local, são realizados cálculos estruturais a fim de que sejam definidos o tipo de fundação que será utilizado. Apresenta-se na Figura 2.17 o detalhe do projeto para solo do tipo A de estrutura do tipo A21d.

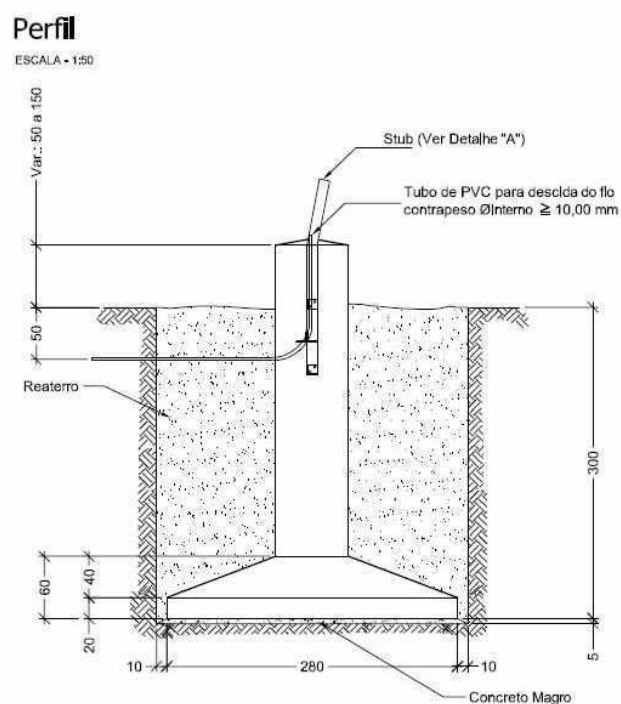


Figura 2.17: Detalhe da sapata para solo do tipo A de estrutura metálica autoportante A21d (Chesf, 2008).

Há um cuidado com o tipo de concreto, sua resistência às trações verticais e horizontais. Portanto, são realizados ensaios durante sua aplicação, ou, em casos onde precisa-se testá-lo posteriormente, pode-se retirar um corpo cilíndrico para testes de rompimento. A aplicação de concreto num corpo cilíndrico antes de sua secagem é ilustrada na Figura 2.18 e a realização de testes com o equipamento chamado esclerômetro, na Figura 2.19.





Figura 2.18: Detalhe dos corpos cilíndricos feitos durante a aplicação do concreto na fundação da estrutura 13/4.



Figura 2.19: Realização de ensaio pós concretagem da fundação da estrutura 10/1 com esclerômetro, equipamento que mede a resistência à carga da peça concretada sem a necessidade de retirada de corpo de prova.

## 2.5.6 Montagem das Estruturas

É de total responsabilidade da empreiteira o recebimento e a conferência das ferragens para as estruturas metálicas, além da montagem das respectivas torres. Durante o período de realização do estágio, acompanhou-se a montagem de duas estruturas metálicas. A montagem da estrutura 13/3 é apresentada na Figura 2.20.



Figura 2.20: Serviços de premontagem e montagem da estrutura 13/3.

Antes de qualquer realização de montagem, é exigido, pela fiscalização Chesf, a realização de treinamento de trabalhos e resgate em altura por instrutores qualificados; além da inspeção de segurança com as ferramentas a serem utilizadas pela equipe. É apresentado na Figura 2.21 foto da realização do respectivo treinamento. A estrutura 13/4 com sua montagem terminada é ilustrada na Figura 2.22.



Figura 2.21: Realização de treinamento para trabalho e resgate em altura na estrutura 13/4.



Figura 2.22: Estrutura 13/4 com montagem concluída. SE Santa Rita II em construção ao fundo.

Para a construção da linha em questão, a organização das equipes de montagem foi feita como a seguir:

**Separação de ferragens no pátio:** equipe responsável por separar e conferir as ferragens e os parafusos recebidos, a fim de facilitar a tarefa das equipes em campo e de prever falta de materiais. Composição da equipe:

02 montadores (experientes);

05 ajudantes;

01 caminhão munck.

**Pré-montagem no pé da torre:** equipe responsável por preparar as estruturas para posterior montagem. Onde são alocados:

03 montadores (experientes);

05 ajudantes.

**Montagem da estrutura:** para esta atividade, é necessária maior supervisão, portanto a presença do encarregado de montagem. Composta por:

01 encarregado de montagem;

- 09 montadores;
- 07 ajudantes;
- 01 caminhão munck;
- 01 retroescavadeira/trator.

Para a montagem das estruturas, são dispostos dois montadores em cada pé, recebendo as peças e parafusando-as, e um embaixo, responsável por comandar os ajudantes ao lançar peças acima e ao montá-las no chão. O encarregado é responsável por comandar todas as equipes supracitadas e verificar detalhes de projeto.

### 2.5.7 Lançamento de Cabos

A fase final da construção de uma linha de transmissão é o lançamento de cabos. Durante o período de estágio a atividade não foi realizada devido a embargos judiciais em aproximadamente 50% das locações das torres. No entanto, foi acompanhada na obra da LT Mataraca - Jacaraú, onde, além do lançamento, ocorreu a travessia por uma linha de 13,8 kV, apresentada na Figura 2.23.



Figura 2.23: Travessia sobre linha 13,8 kV na obra da LT Mataraca - Jacaraú.

Uma das travessias a ser realizada na obra da LT em Santa Rita é sobre duas linhas de 13,8 kV e uma linha de 69 kV já existentes, que estão no vão entre as estruturas 11/1 e

11/2. Na Figura 2.24 é ilustrado o perfil LT Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II para a travessia.

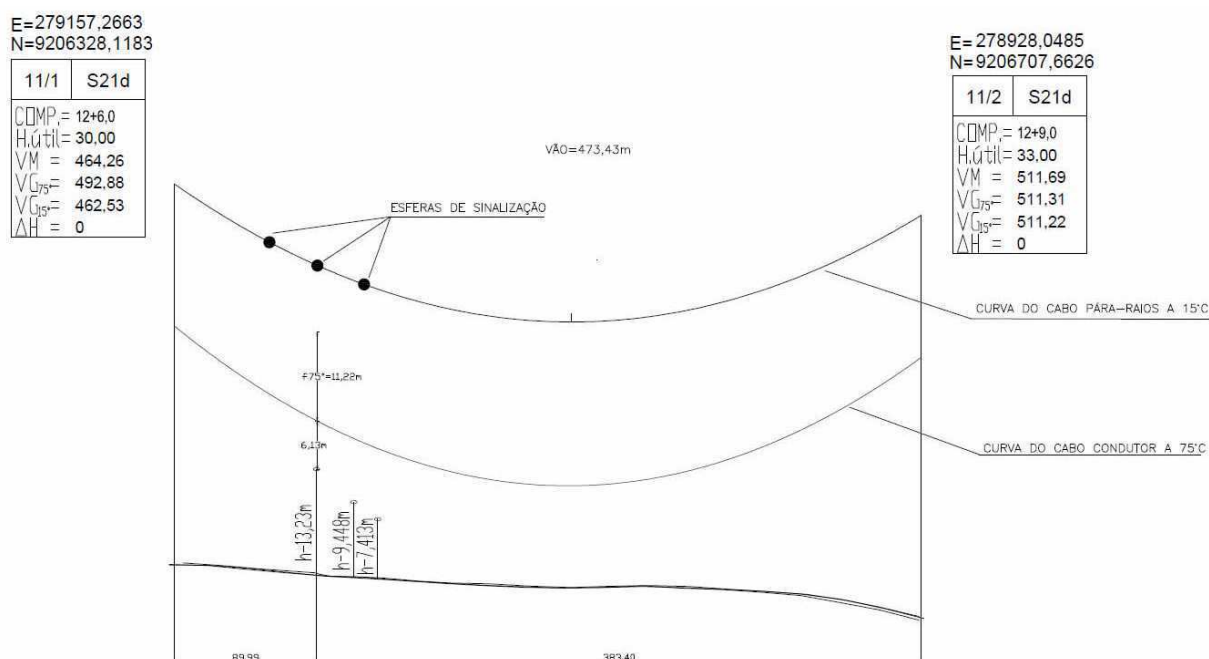


Figura 2.24: Perfil da LT para a travessia sobre as LTs 13,8 kV e 69 kV no vão entre as estruturas 11/1 e 11/2 (Chesf, 2010).

Podem ser observados nas Tabelas 2.1 e 2.2 os detalhes elétricos e mecânicos de projeto da LT.

Tabela 2.1: Características elétricas da LT (ANEEL, 2009).

Características Elétricas da LT	
Tensão nominal	230 kV
Número de fases	03
Número de circuitos	01
Número de condutores por fase	01
Natureza da corrente	CA
Frequência	60 Hz
Corrente máxima por fase	800 A

Tabela 2.2: Características mecânicas de projeto da LT (ANEEL, 2009).

Descrição	Características Mecânicas dos Materiais		
	Condutor	Para-Raio	Isolador do Condutor
Material	CAA	OPGW	Fibra de vidro impreg. c/ resina
Seção	375,77 mm <sup>2</sup>	116,17 mm <sup>2</sup>	-
Diâmetro	25,15 mm	14,25 mm	-
Bitola	636 MCM	-	-
Massa por unidade	1,3021 kg/m	0,68 kg/m	-
Código - Classe	GROSBEAK	FJK-SM-115	-
Formação	26/7	10 Fios Aço-Alumínio Externos/ 6 Fios em Liga de Alumínio Internos	-
N. Fibras Óticas	-	24	-
Carga de ruptura	11500 kgf	9500 kgf	-
Carga máxima de trabalho	3000 kgf	4750 kgf	-
Coefficiente de segurança	3,8	2,0	-
Passo			2319 mm
Carga de ruptura eletromecânica			12000 kgf
Tipo Engate			Composto Concha-Bola

Para o nivelamento dos cabos, são seguidos os dados das flechas, que marcam a distância vertical entre a altura do cabo na horizontal (sem catenária) e seu ponto de maior deflexão. Esse dado depende do tipo de cabo a ser utilizado, devido à sua massa por unidade de comprimento, seu coeficiente de dilatação térmica e a tração a que estará sujeito. Na Tabela 2.3 podem ser observados estes dados para o cabo condutor e, na Tabela 2.4, para o OPGW.

Em 95% da extensão da linha, para o cálculo da tração do cabo OPGW, utilizou-se a carga máxima como sendo 14,01% da carga de ruptura (1331 kgf) a 26 °C, sem vento.

Um dos dados mais importantes sobre os cabos condutores, quando da sua utilização em determinadas condições, é o seu coeficiente de segurança. Esse dado indica a relação entre a carga de ruptura do cabo de sustentação e o esforço total ao qual este está sujeito. Os condutores das linhas aéreas, além da carga referente ao seu próprio peso, ficam sujeitos àquelas provenientes da pressão do vento, atuando horizontalmente. Valores satisfatórios do

coeficiente de segurança estão entre 2,5 e 3,0.

Tabela 2.3: Dados de flechas para o condutor da LT (RS, 2011).

Condutor: CAA 636 MCM GROSBEAK						
Estrutura		Vão (m)	Condutor (EDS Final)			Flecha (m)
Número	Tipo		Vão Básico (m)	Tração (kgf)	Flecha (m)	
3/1	A21d	458,77				15,19
3/2	S21d	543,46				21,24
4/1	S21d	506,82				18,49
4/2	S21d	425,17				13,00
5/1	S21d	434,97	529,74	2268,00	20,18	13,60
5/2	S21d	489,79				17,25
5/3	S21d	473,51				16,24
6/1	S21d	727,90				38,13

Tabela 2.4: Dados de flechas para o OPGW da LT (RS, 2011).

OPGW FJK-SM-115						
Estrutura		Vão (m)	OPGW (EDS Final)			Flecha (m)
Número	Tipo		Vão Básico (m)	Tração (kgf)	Flecha OPGW (m)	
3/1	A21d	458,77				13,51
3/2	S21d	543,46				18,90
4/1	S21d	506,82				16,44
4/2	S21d	425,17				11,56
5/1	S21d	434,97	529,74	1331,00	17,95	12,10
5/2	S21d	489,79				15,35
5/3	S21d	473,51				14,45
6/1	S21d	727,90				33,92

# 3

## Considerações Finais

A realização do estágio curricular é a primeira oportunidade dos alunos de Engenharia Elétrica terem contato direto com a prática da engenharia. Durante a graduação o aluno direciona sua atenção ao aprendizado da teoria, que possivelmente utilizará no mercado de trabalho.

Com a oportunidade de acompanhar uma obra, incluindo serviços de obra civil e montagem eletromecânica, foi necessário colocar em prática conceitos básicos de engenharia como um todo, não apenas elétrica, o que tornou a experiência ainda mais proveitosa.

Atividades como preencher o Relatório Diário de Obra e realizar a Programação de Execução Diária (por vezes semanal e até quinzenal) se mostraram importantes para a previsão de problemas futuros e para a resolução dos atuais com maior facilidade.

O contato com engenheiros experientes e profissionais das mais diversas áreas foi de grande importância, mostrando como se deve portar e agir um profissional.

As lições mais ensinadas dia após dia foram que a humildade para aceitar o que não podemos resolver e que devemos estar abertos a aprender com todos ao nosso redor são os fatores pessoais e estratégicos mais valiosos.



# Referências Bibliográficas

- ABNT, *NBR 5422*, Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, 1985.
- ANEEL, *Edital de Leilão Nº 001/2009-ANEEL*, Anexo 6F - Lote F - LTs 230 kV Pau Ferro - Santa Rita II, Paulo Afonso III - Zebu; SEs 230/69 kV Zebu, Santa Rita II e Natal III, 2009.
- Chesf, *Fundação em Sapata - Solo Tipo "A". Torre A21d. Locação, Forma e Armação*, DEPL 096/03, 2008.
- Chesf, *Especificação Técnica de Serviços de Linhas de Transmissão*, Departamento de Linhas de Transmissão (DLT) - CHESF, 2009.
- Chesf, *Travessia sobre a LT 69 kV Energisa Oratório - Santa Rita Entre as Estruturas 134 e 135*, DEPL 107/49, 2010.
- CONPRENOR, *Estrutura de Ancoragem Tipo 2DT*, Projeto para a ABB/Chesf, 2011.
- INCOMISA, *Indústria Construções e Montagem Ingelec S.A. - Serviços*, Site de Internet. Disponível em <<http://www.incomisa.com.br>>. Acessado em dezembro de 2011, 2011.
- Labegalini, P. R.; Labegalini, J. A.; Fuchs, R. D. e de Almeida, M. T., *Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão*, Editora Edgard Blucher, 2ª edic., 1992.
- Leão, R. P. S., *Apostila da Disciplina Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica*, Universidade Federal do Ceará - UFC, 2011.
- MKI, *Torre de Transmissão 230 kV AF2d*, Projeto para a CHESF, 1976a.
- MKI, *Torre de Transmissão 230 kV S21d*, Projeto para a CHESF, 1976b.
- MKI, *Torre de Transmissão 230 kV A21d*, Projeto para a CHESF, 1977.
- ONS, *Operador Nacional do Sistema Elétrico - Mapa do Sistema de Transmissão Nacional - Horizonte 2012*, Site de Internet. Disponível em <<http://www.ons.org.br>>. Acessado

em dezembro de 2011, 2011.

RS, *Tabela Comparativa de Flechas - OPGW*, Projeto para ABB/Chesf. LT 230 kV Goiânia/Mussuré II - Sec. Santa Rita, 2011.