

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Rodrigo de Almeida Coelho

Relatório de Estágio Integrado

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2015

Rodrigo de Almeida Coelho

Relatório de Estágio Integrado

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina
Grande como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2015

Rodrigo de Almeida Coelho

Relatório de Estágio Integrado

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina
Grande como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

Este trabalho é dedicado aos meus
Pais e à minha Tia Lourdes.

Agradecimentos

Agradeço:

A Deus pelas oportunidades proporcionadas durante toda a vida acadêmica, além de toda a força Nele encontrada durante esta difícil caminhada.

A meus pais Antonia e Ronaldo pelos incansáveis esforços e dedicação para me proporcionar condições de enfrentar todas as dificuldades encontradas durante esta trajetória.

A meus irmãos Fernando, Flávia, Fábio e Rubens pelo apoio, paciência e compreensão de sempre.

À minha família pelo cuidado e pela preocupação sempre presentes, especialmente à minha Tia Lourdes pelo inestimável suporte durante todo o curso.

À minha noiva Nathália, pelas atitudes sempre presentes de incentivo, apoio e cuidado durante todas as adversidades, pela compreensão que tivera durante todas as ausências motivadas pela vida acadêmica. Pela preocupação e acompanhamento durante todos os momentos. Por toda a confiança na força do amor que nos une.

Ao Professor Luis Reyes pela disponibilidade de orientação deste estágio e pela presteza sempre presente. Obrigado por toda a atenção dentro e fora da universidade.

Ao Professor Leimar que me abriu uma porta após tantas se fecharem. Obrigado por todo o incentivo e apoio.

Ao engenheiro Lima Júnior e a toda a equipe da Prener: engenheiros Brenno Assis, Michell Silva e Luiz Alberto, supervisores Manoel e Carlos Góes, estagiário Jordan Falcão, encarregado Dvanilson e a toda a equipe eletromecânica, especialmente ao eletricista montador Josimar. Obrigado pela excelente oportunidade, pelos conselhos e por todo o aprendizado durante o período de estágio. Além destes, agradeço ao amigo Jordan, estagiário da subestação, pelo apoio e pela ajuda que sempre se fizeram presentes.

Aos amigos que fiz ao longo do curso, especialmente ao pessoal do 09.2: Rafael de Melo, Eduardo Souza, Felipe Gomes, Felipe Fernandes, Victor Reginato, Pablo Fabrício, Beethoven Nóbrega, Cristovam André e Henrique Vanderlei. Obrigado pelas influências positivas, pelas ajudas e pelos momentos de alegria vividos em toda esta fase.

Aos professores do curso de Engenharia Elétrica pela formação acadêmica e pela contribuição na minha formação como ser humano.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, especialmente à Adail e

Tchau, por todo o apoio e esclarecimentos prestados durante todo o curso.

Enfim, a todos que contribuíram à sua maneira na minha formação.

*“A pessoa que sabe o que quer já
percorreu um longo caminho para
alcançá-lo”*

Napoleon Hill

Resumo

O relatório visa apresentar as atividades realizadas durante o estágio integrado do aluno Rodrigo de Almeida Coelho na empresa Prener Comércio de Materiais Elétricos LTDA, bem como descrever uma visão geral da obra na qual as atividades foram desenvolvidas. O estágio, que ocorreu no período entre os dias 24 de maio de 2015 e 16 de setembro de 2015, teve como objetivo a construção de uma Linha de Distribuição (LD) de energia elétrica com nível de tensão de 69 kV, cuja extensão é de 2,3 km. Esta linha, com circuito duplo, situada na cidade de Campina Grande-PB interligará a Subestação (SE) Campina Grande II à SE Dinamérica e, também, a SE Dinamérica à SE Esperança, todas essas pertencentes à Energisa Borborema – Distribuidora de Energia S/A. Sob a supervisão dos Engenheiros José de Sousa Lima Júnior e Brenno Arruda Pereira de Assis foram realizadas atividades de programação e planejamento para a execução do serviço. As atividades acompanhadas durante o estágio foram, dentre outras, locação de estruturas, escavação de estruturas, abertura de acessos, montagem de postes metálicos, implantação e concretagem de postes, e lançamento e nivelamento de cabos condutores e de cabo guarda.

Palavras chave: LD, Linha de Distribuição, Alta Tensão, 69 kV.

Lista de Figuras

Figura 2.1: Estrutura básica de um sistema elétrico.	3
Figura 2.2: Faixas de tensão de sistemas elétricos (LEÃO, 2009).	4
Figura 2.3: Mapa do Sistema Interligado Nacional – Horizonte 2015.	6
Figura 2.4: Principais elementos das linhas de transmissão (LABEGALINI <i>et al</i> , 1992).	7
Figura 2.5: Vão de uma linha aérea de transmissão (LABEGALINI <i>et al</i> , 1992).	8
Figura 2.6: Tipos de isoladores: (A) Pino; (B) Pedestal; (C) Suspensão Monocorpo; (D) Suspensão de Disco (LABEGALINI <i>et al</i> , 1992).	11
Figura 2.7: Disposição dos condutores: (A) em plano horizontal; (B) em plano vertical; (C) triangular (GONTIJO, 1994).	12
Figura 2.8: Classificação da função estrutural de linhas de transmissão (ARGENTA, 2007).	13
Figura 2.9: (A) Estrutura autoportante. (B) Estrutura estaiada (LABEGALINI <i>et al</i> , 1992)...	14
Figura 2.10: Homens equipados com capacete, luvas, óculos de proteção e botas de segurança e uniforme retard-chamas.	16
Figura 2.11: Kit de EPI utilizado pelos eletricitistas montadores que escalam o poste: (A) cinturão de segurança; (B) talabarte; (C) trava-quedas; (D) mosquetão.	16
Figura 2.12: Área sinalizada com cones de sinalização, correntes zebradas de sinalização e faixas de sinalização.	17
Figura 2.13: Área cercada com tela cerquite.	17
Figura 3.1: Extensão da LD.	19
Figura 3.2: Detalhe da derivação da linha que liga a SE Campina Grande II à SE Esperança.	20
Figura 3.3: Detalhes da especificação de projeto de uma das estruturas.	22
Figura 3.4: Estrutura 2S-LP: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada.	24
Figura 3.5: Estrutura 2Y-AG: (A) especificações do projeto; (B) estrutura em alinhamento reto finalizada (poste de concreto); (C) estrutura em ângulo obtuso finalizada (poste metálico). ...	25
Figura 3.6: Estrutura 2Y-AP: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada (poste metálico).	26
Figura 3.7: Estrutura T-AL: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada.	27
Figura 3.8: Especificação do projeto para a instalação da haste de aterramento.	27
Figura 3.9: Parte das especificações para o lançamento e nivelamento de cabos.	28
Figura 4.1: Relatório Diário de Obra (Parte I).	30
Figura 4.2: Relatório Diário de Obra (Parte II).	30

Figura 4.3: Escavações para estruturas: (A) manual; (B) retroescavadeira com rompedor; (C) compressor de ar com rompedor.	32
Figura 4.4: Cava com manilhas de concreto.	33
Figura 4.5 (A), (B): Distribuição de postes.	33
Figura 4.6 (A), (B): Implantação de postes.	34
Figura 4.7 (A), (B): Montagem dos postes metálicos.	35
Figura 4.8: Montagem de estruturas: (A) antes da implantação do poste; (B) com o poste já implantado.	36
Figura 4.9: Roldanas utilizadas no lançamento de cabos.	37
Figura 4.10: Isolador de suspensão com alça pré-formada para comportar o cabo.....	37
Figura 4.11: Lançamento de cabos.	38
Figura 4.12: Nivelamento de cabos: (A) tensionamento do cabo; (B) dinamômetro para medir a força exercida pelo cabo.	38
Figura 4.13: Encabeçamento de cabo na alça pré-formada.	39
Figura 4.14: Lançamento de cabos em travessias: (A), (B) redes de média (13,8 kV) e baixa (220 V) tensões; (C) em rede de média tensão (13,8 kV).	39
Figura 4.15: Grampeamento de condutores: (A) varetas e grampo de suspensão para isolador; (B) processo de grampeamento; (C) estrutura finalizada.	40
Figura 4.16: Fechamento dos pulos: (A) processo em andamento; (B), (C) processo finalizado.	40
Figura 4.17: Finalização de estruturas: (A) pintura de sinalização; (B) placas de identificação.	41
Figura 4.18: Procedimentos de segurança em linhas desenergizadas: (A) teste de ausência de tensão; (B) conexão do conjunto de aterramento aos cabos condutores.	42
Figura 4.19: Poste implantado abaixo da linha desenergizada.	43
Figura 4.20: Detalhes da derivação da linha. Trechos: (A) SE Campina Grande II – SE Dinamérica; SE Dinamérica – SE Esperança; (B) SE Campina Grande II – SE Dinamérica; (C) SE Dinamérica – SE Esperança.....	43
Figura 4.21: Serviços de recuperação: (A) de calçada; (B) de calçamento de vias públicas. ..	44

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Classificação dos níveis de tensão.....	5
Tabela 3.1: Características elétricas da linha.....	20
Tabela 3.2: Dados do condutor.....	21
Tabela 3.3: Dados do cabo guarda.....	21
Tabela 3.4: Especificação da quantidade de estruturas da linha.....	23

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos do Estágio.....	1
1.2. A Empresa	1
1.3. O Local de Estágio.....	2
2. Embasamento Teórico	3
2.1. Estrutura de um Sistema Elétrico de Potência.....	3
2.1.1. Geração de Energia Elétrica	3
2.1.2. Rede de Transmissão	3
2.1.3. Rede de Subtransmissão	4
2.1.4. Redes de Distribuição	4
2.1.5. Níveis de Tensão de um Sistema Elétrico	4
2.2. Transmissão de Energia Elétrica no Brasil.....	5
2.3. Sistemas de Distribuição no Brasil.....	6
2.4. Elementos das Linhas Aéreas de Transmissão	7
2.4.1. Condutores.....	7
2.4.2. Cabos Guarda ou Para-raios	9
2.4.3. Isoladores.....	10
2.4.4. Estruturas de Suporte.....	11
2.5. Segurança no Trabalho	14
2.5.1. Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).....	15
2.5.2. Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's)	16
3. LD 69 kV Derivação Dinâmica.....	19
3.1. Características Gerais do Projeto.....	19
3.2. Características Elétricas da Linha.....	20
3.3. Características do Cabo Condutor e do Cabo Guarda	20

3.4. Locação de Estruturas	21
3.5. Escavações	22
3.6. Descrição das estruturas	22
3.6.1. Estrutura 2S-LP	23
3.6.2. Estruturas Y-AG e 2Y-AG	24
3.6.3. Estruturas Y-AP e 2Y-AP	25
3.6.4. Estrutura T-AL.....	26
3.7. Sistema de Aterramento.....	27
3.8. Reaterro e Concretagem	28
3.9. Especificações de Lançamento e Nivelamento de Cabos.....	28
4. Atividades Desenvolvidas	29
4.1. Acompanhamento e Planejamento da Obra.....	29
4.2. Atividades de Construção	31
4.2.1. Locação de Estruturas	31
4.2.2. Escavações	31
4.2.3. Distribuição de Postes.....	33
4.2.4. Implantação de Postes.....	34
4.2.5. Montagem de Estruturas	35
4.2.6. Lançamento e Nivelamento de Cabos	36
4.2.7. Acabamento em Estruturas	41
4.2.8. Trabalhos Próximos a Linha Desenergizada	41
4.2.9. Outros Serviços.....	44
4.3. Outras Atividades	44
5. Conclusões.....	46
Bibliografia.....	47

1. Introdução

O estágio integrado é um componente curricular do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande cuja carga horária é de seiscentas e sessenta horas, constituindo um importante e indispensável componente na formação do Engenheiro Eletricista.

Este relatório contempla, de um modo geral, o acompanhamento da construção de uma Linha de Distribuição (LD) de energia elétrica em 69 kV, onde serão explicitadas todas as atividades desenvolvidas neste período, desde a programação de atividades ao acompanhamento da execução do projeto.

1.1. Objetivos do Estágio

O estágio na empresa Prener Comércio de Materiais Elétricos LTDA teve por objetivo principal a inserção do estudante no meio profissional, proporcionando conhecimentos indispensáveis no mercado de trabalho, bem como a aplicação prática de conceitos fixados durante o curso de graduação. Neste contexto, as seguintes atividades foram norteadas para que se alcançassem tais objetivos:

- i. Construção de 2,3 km da linha de distribuição;
- ii. Gerenciamento e distribuição das equipes para a realização de serviços;
- iii. Acompanhamento e fiscalização dos serviços executados na obra;
- iv. Programação de execução diária;
- v. Confecção de Relatório Diário de Obra (RDO).

1.2. A Empresa

A Prener está situada na cidade de João Pessoa, Paraíba, cuja sede está localizada na Rua Barão do Triunfo, 270, no bairro do Varadouro. Além da sede paraibana, a empresa possui pequenas sedes em estados como Alagoas e Piauí.

Com mais de 20 anos de atividade, a empresa concentra-se no comércio de materiais

elétricos e em instalações elétricas de baixa, média e alta tensão, executando, entre outras atividades, construção e montagem de subestações e linhas de transmissão em até 138 kV. Alguns dos clientes mais importantes para quem a Prener já executou obras são: Energisa Paraíba – Distribuidora de Energia S/A, Energisa Borborema – Distribuidora de Energia S/A, CEAL (atual Eletrobras Distribuição Alagoas), CELPE (Companhia Energética de Pernambuco), Consórcio Acauã (Marquise, Via Engenharia, Queiroz Galvão), e MRV engenharia.

1.3. O Local de Estágio

O estágio foi realizado nos bairros Dinamérica e Malvinas do município de Campina Grande, no estado da Paraíba, e teve o interesse concentrado na construção da linha de distribuição (LD) que fornece energia elétrica a uma subestação (SE) de energia elétrica em 69 kV. A finalidade da SE é suprir a demanda de energia que aumenta diante da expansão populacional, bem como prover uma reserva de capacidade ao sistema de distribuição ali presente.

2. Embasamento Teórico

2.1. Estrutura de um Sistema Elétrico de Potência

Um sistema elétrico de potência (SEP) tem o objetivo de gerar, transmitir e distribuir energia elétrica. Para tanto, padrões de confiabilidade, disponibilidade, qualidade, segurança e custos devem ser atendidos. Além disso, o SEP deve possuir mínimo impacto ambiental e oferecer o máximo de segurança pessoal (LEÃO, 2009). O sistema de potência compreende quatro grandes áreas: geração, transmissão, distribuição e utilização (SOUZA, 1997).

A estrutura do sistema é baseada em grandes usinas de geração que transmitem energia através de sistemas de transmissão de alta tensão, que é, então, distribuída para sistemas de distribuição de alta, média e baixa tensão (LEÃO, 2009).

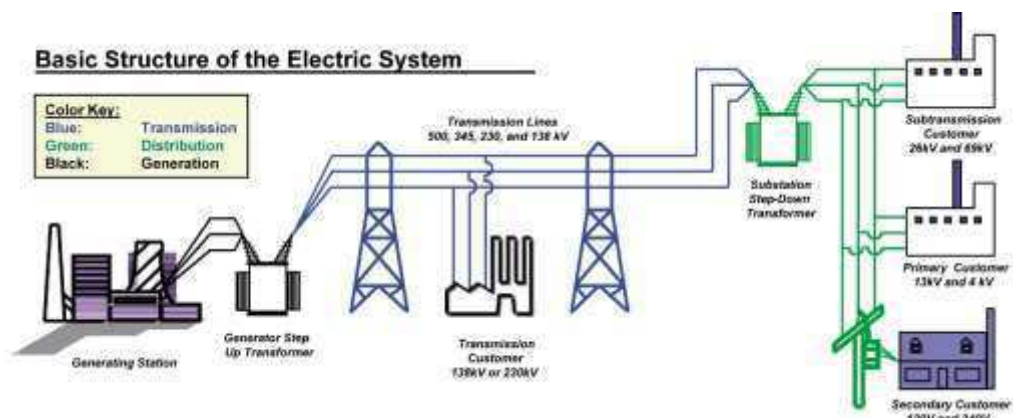


Figura 2.1: Estrutura básica de um sistema elétrico.

Fonte: <<http://www2.econ.iastate.edu/classes/econ458/tesfatsion/images/ElectricPowerSystem.jpg>>

2.1.1. Geração de Energia Elétrica

Na geração de energia elétrica é produzida uma tensão alternada, expressa por uma onda senoidal, com frequência fixa e amplitude que varia conforme a modalidade do atendimento em baixa, média ou alta tensão. Esta onda propaga-se pelo SEP mantendo a frequência constante e modificando a amplitude à medida que trafega por transformadores (LEÃO, 2009).

2.1.2. Rede de Transmissão

A rede de transmissão liga as grandes usinas de geração às áreas de grande consumo. Geralmente poucos consumidores com um alto consumo de energia elétrica são conectados às

redes de transmissão (LEÃO, 2009).

2.1.3. Rede de Subtransmissão

A rede de subtransmissão recebe energia da rede de transmissão com o objetivo de transportar energia elétrica a pequenas cidades ou importantes consumidores industriais. O nível de tensão está entre 35 kV e 160 kV (LEÃO, 2009).

2.1.4. Redes de Distribuição

As redes de distribuição alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais e de serviços e consumidores residenciais.

2.1.5. Níveis de Tensão de um Sistema Elétrico

A Figura 2.2 apresenta um diagrama com a representação de vários segmentos de um SEP com seus respectivos níveis de tensão.

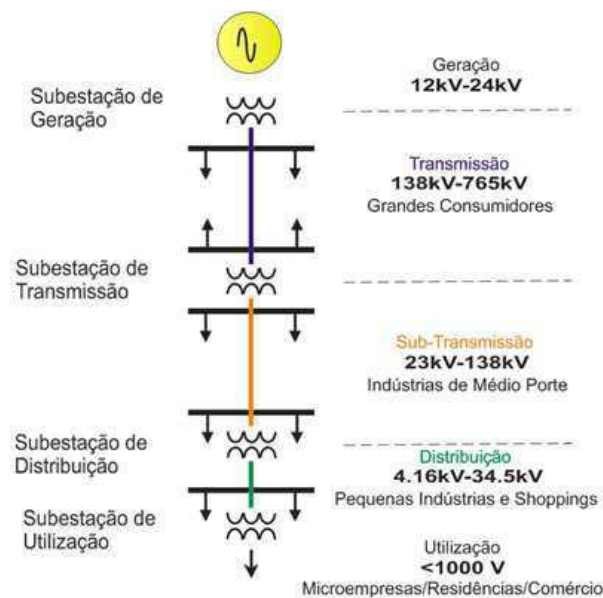


Figura 2.2: Faixas de tensão de sistemas elétricos (LEÃO, 2009).

A classificação dos níveis de tensão é feita da seguinte forma (LEÃO, 2009):

Tabela 2.1: Classificação dos níveis de tensão.

Nível de tensão	Classificação
$V \geq 765 \text{ kV}$	Ultra Alta Tensão (UAT)
$230 \text{ kV} < V \leq 765 \text{ kV}$	Extra Alta Tensão (EAT)
$35 \text{ kV} < V \leq 230 \text{ kV}$	Alta Tensão (AT)
$1 \text{ kV} < V \leq 35 \text{ kV}$	Média Tensão (MT)
$V \leq 1 \text{ kV}$	Baixa Tensão (BT)

Ainda segundo Leão (2009), os níveis de tensão praticados no Brasil são: 765 kV, 525 kV, 500 kV, 440 kV, 345 kV, 300 kV, 230 kV, 161 kV, 138 kV, 132 kV, 115 kV, 88 kV, 69 kV, 34,5 kV, 23 kV, 13,8 kV, 440 V, 380 V, 220 V, e 110 V.

2.2. Transmissão de Energia Elétrica no Brasil

As linhas de transmissão no Brasil geralmente são extensas devido às grandes usinas hidrelétricas estarem consideravelmente distantes dos grandes centros consumidores de energia. O sistema de transmissão de energia elétrica do nosso país é quase que inteiramente interligado, com exceção feita a pequenos sistemas isolados na região amazônica. Segundo Leão (2009), nestas localidades o abastecimento é realizado por pequenas usinas termelétricas ou por usinas hidrelétricas próximas. Estes sistemas que não estão interligados correspondem a apenas 1,7% da energia requerida pelo país (ONS, 2015).

O Sistema Interligado Nacional (SIN) liga as diferentes regiões do país. Ele pode ser visto no mapa da Figura 2.3.

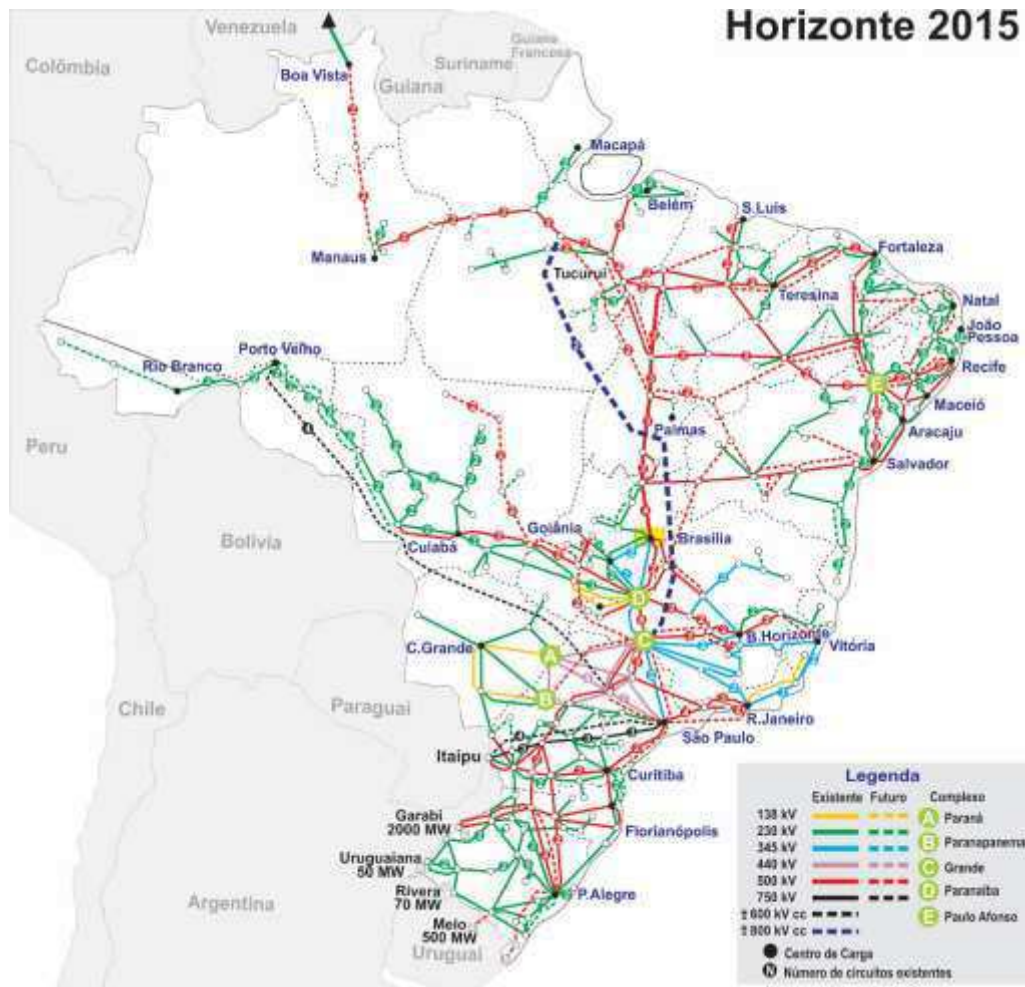


Figura 2.3: Mapa do Sistema Interligado Nacional – Horizonte 2015.

Fonte: ONS, setembro de 2015. Disponível em <http://www.ons.com.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx>

2.3. Sistemas de Distribuição no Brasil

Os sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil contemplam as redes e linhas de distribuição de energia elétrica em tensão inferior a 230 kV, seja em baixa tensão (BT), média tensão (MT), ou alta tensão (AT) (LEÃO, 2009):

- i. Alta tensão (AT): Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior a 138 kV, ou instalações em tensão igual ou superior a 230 kV quando especificadas pela ANEEL;
- ii. Média tensão (MT): Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV;
- iii. Baixa tensão (BT): Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV.

2.4. Elementos das Linhas Aéreas de Transmissão

O desempenho elétrico das linhas está diretamente relacionado com as características de seus componentes. O transporte de energia elétrica pelas linhas de transmissão tem, dentro de um sistema elétrico, o caráter de “prestação de serviço”. Logo, deverá ser eficiente, confiável e econômico (LABEGALINI *et al*, 1992).

Segundo Labegalini *et al* (1992), uma linha de transmissão é composta de várias partes principais: cabos condutores de energia; isoladores; estruturas de suporte; cabos guarda ou para-raios; aterramentos; fundações etc. A Figura 2.4 apresenta os principais elementos de uma linha.

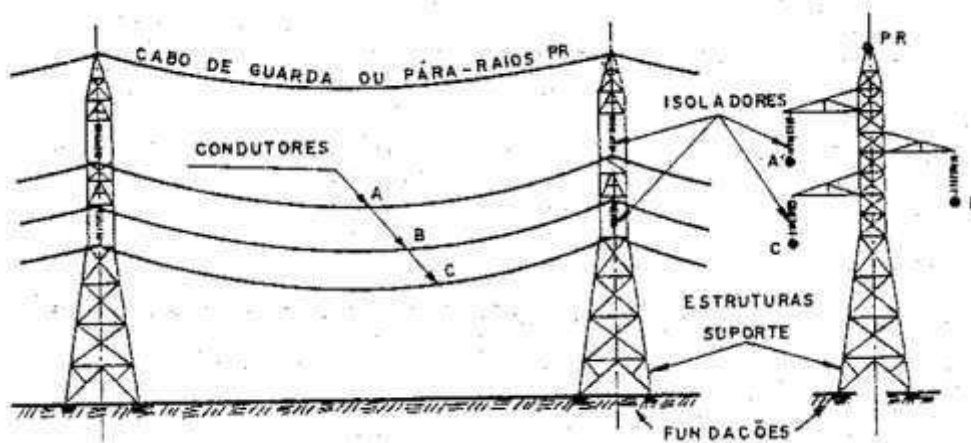


Figura 2.4: Principais elementos das linhas de transmissão (LABEGALINI *et al*, 1992).

2.4.1. Condutores

O condutor é o principal componente de uma linha. Por estar normalmente energizado, é considerado o elemento ativo. Geralmente a sua escolha é baseada em função das características técnicas e econômicas.

Para se manterem suspensos acima do solo, os condutores são submetidos a forças axiais. Estas variam com a mudança das condições ambientais: queda de temperatura provoca aumento na tração e vice-versa. O vento incidindo sobre a superfície dos condutores, exerce sobre os mesmos uma pressão, que reflete também em aumento na tração axial. Quanto maior a taxa de trabalho à tração nos condutores, maiores serão os problemas decorrentes das vibrações. Na Figura 2.5 é mostrado o diagrama de forças com que as estruturas de suporte das linhas absorvem os esforços transmitidos pelos condutores. Quanto menor a tração, maior será a flecha resultante, o que exige estruturas mais altas ou um maior número delas.

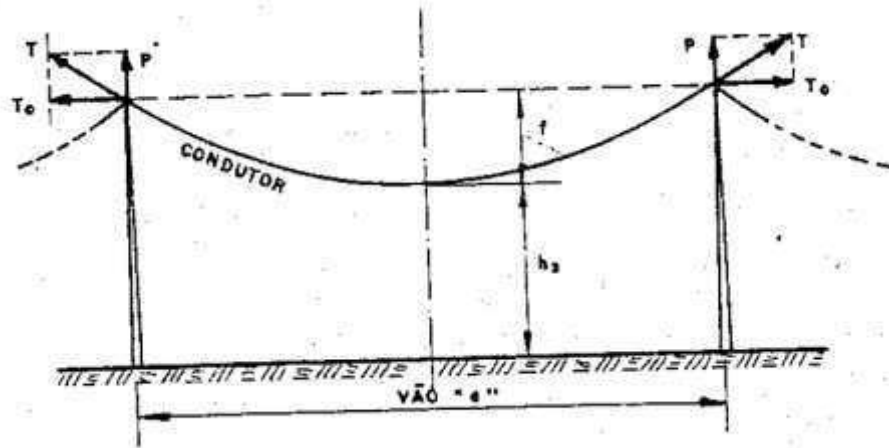


Figura 2.5: Vão de uma linha aérea de transmissão (LABEGALINI *et al*, 1992).

T (Newton – N) é a força axial do condutor. A sua componente horizontal T_0 [N] é absorvida pela estrutura e a sua componente vertical P [N] é equilibrada pelo peso do condutor na metade do vão “a” (metros – m).

Segundo Labegalini *et al* (1992), a força vertical é calculada pela equação (1).

$$P = \frac{a \cdot p}{2} \quad (1)$$

A flecha do condutor no vão “a”, admitindo-se que a curva assumida pelos cabos seja uma parábola, pode ser calculada pela equação (2) (LABEGALINI *et al*, 1992)

$$f = \frac{a^2 \cdot p}{8 \cdot T_0} \quad (2)$$

no qual p , em newton por metro [N/m], representa o peso unitário do condutor.

A menor distância do condutor ao solo é chamada de “altura de segurança” (na Figura 2.5, representada por h_a), e é determinada em função da tensão da linha e da natureza do terreno atravessado, conforme a ABNT NBR 5422 – Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica.

Os condutores empregados em linhas aéreas de transmissão são constituídos por cabos. Estes são obtidos pelo “encordoamento” de fios metálicos: sobre um fio de seção transversal circular são enrolados, em forma espiral, outros fios envolvendo-o, formando uma, duas ou mais camadas. Os cabos são especificados pelo seu diâmetro nominal, o número de fios componentes, e pelos metais ou ligas com que são confeccionados (LABEGALINI *et al*, 1992). Podem ser constituídos de:

- i. **Cobre:** embora possua elevada condutividade elétrica, menor apenas que a da prata, o cobre vem sendo cada vez menos utilizado em linhas aéreas de transmissão, principalmente por razões de ordem econômica;
- ii. **Alumínio:** de cor branca prateada, possui pequena resistência mecânica e grandes ductibilidade e maleabilidade;
- iii. **Ligas Metálicas:** que podem ser de cobre (*copperweld*), de alumínio (*allumoweld*), ou ACSR (*Aluminium Core Steel Reinforced*) ou CAA (Cabos de Alumínio com Alma de Aço).

O alumínio é hoje inteiramente dominante para a fabricação de condutores para linhas aéreas de transmissão, tanto em sua forma pura, como em liga com outros elementos, ou associados com o aço. Os tipos de cabos mais empregados em linhas de transmissão são CAA ou ACSR e CA (Cabos de Alumínio) ou AAC (*All Aluminium Conductor*).

Os cabos CAA ou ACSR são idealizados para suprir a falta de resistência mecânica à tração dos cabos de alumínio. Em torno de uma “alma” constituída por um fio ou um cabo constituído de fios de aço galvanizados, são enroladas uma, duas ou mais camadas ou coroas concêntricas de fios de alumínio do mesmo tipo usado nos cabos de alumínio (CA).

2.4.2. Cabos Guarda ou Para-raios

A principal função dos cabos guarda ou para-raios das linhas aéreas de transmissão é a de interceptar as descargas atmosféricas e evitar que atinjam os condutores, reduzindo assim as possibilidades de ocorrerem interrupções no fornecimento de energia pelas linhas. Também podem ser utilizados para sistemas de telemedição ou comunicação por onda portadora (LABEGALINI *et al*, 1992).

Os principais tipos de cabos empregados são: cordoalha de fios de aço, zincada; cabos CAA extrafortes; e cabos aço-alumínio. Fibra óptica pode ser incorporada ao núcleo do cabo, os chamados OPGW (*Optical Groud Wire*) são utilizados para transmissão de dados e voz pelos serviços de comunicação.

Geralmente estes cabos são solidamente aterrados, entretanto, para o caso em que são utilizados em sistemas de comunicação, devem ser isolados por isoladores de baixa tensão disruptiva, de forma que diante de uma sobretensão atmosférica perca sua condição isolante e permita a condução da descarga ao solo.

2.4.3. Isoladores

Os condutores das linhas de transmissão devem ser isolados eletricamente de seus suportes e do solo, o que nas linhas aéreas é feito basicamente pelo ar que os envolve, auxiliado por elementos feitos de material dielétrico, denominados isoladores (Labegalini *et al*, 1992). Os isoladores têm a função de suspensão, ancoragem ou separação dos condutores.

As solicitações elétricas das estruturas isolantes são de origem interna ou externa aos sistemas elétricos das linhas, e se caracterizam pelas sobretensões que podem ocorrer.

As sobretensões podem ser classificadas em dois grupos: sobretensões externas e sobretensões internas, conforme a causa que as provocam sejam de origem externa ou interna ao sistema elétrico, respectivamente. Contudo, esta classificação é meramente acadêmica e não atende aos interesses relacionados com a especificação de equipamentos, sendo mais adequada outra classificação (FRONTIN *et al*, 2013):

- i. **Sobretensões atmosféricas:** ocorrem devido a descargas atmosféricas que incidem sobre o sistema elétrico ou próximo a ele;
- ii. **Sobretensões de manobra:** consequência de chaveamentos e defeitos no sistema elétrico;
- iii. **Sobretensões temporárias:** decorrentes de manobras do tipo rejeição de carga, ocorrência de defeitos com deslocamento do neutro e energização de linhas em vazio.

Além das solicitações elétricas, os isoladores também são solicitados mecanicamente, podendo ser parte integrante das estruturas. Tal fato evidencia a necessidade de os isoladores apresentarem resistências mecânicas compatíveis com os máximos esforços esperados. Eles estão sujeitos a forças verticais pelo peso dos condutores, horizontais axiais para suspensão e horizontais transversais pela ação do vento.

Os isoladores, quanto ao material empregado em sua fabricação, podem ser de porcelana vitrificada, vidro temperado e poliméricos. Este último, atualmente, é o mais empregado no mercado.

No que diz respeito aos tipos, os isoladores podem ser de pino, do tipo pedestal (ou tipo coluna ou tipo pilar ou *Line Post*), de suspensão monocorpo, e de suspensão de disco. Esses se distinguem entre si pelo tipo de material, pela forma de fixação na estrutura e pela intensidade de carga que podem resistir. A quantidade de isoladores em uma cadeia é determinada em

função da tensão das linhas e do índice cerâmico da região (LABEGALINI *et al*, 1992). A Figura 2.6 apresenta os tipos de isoladores.

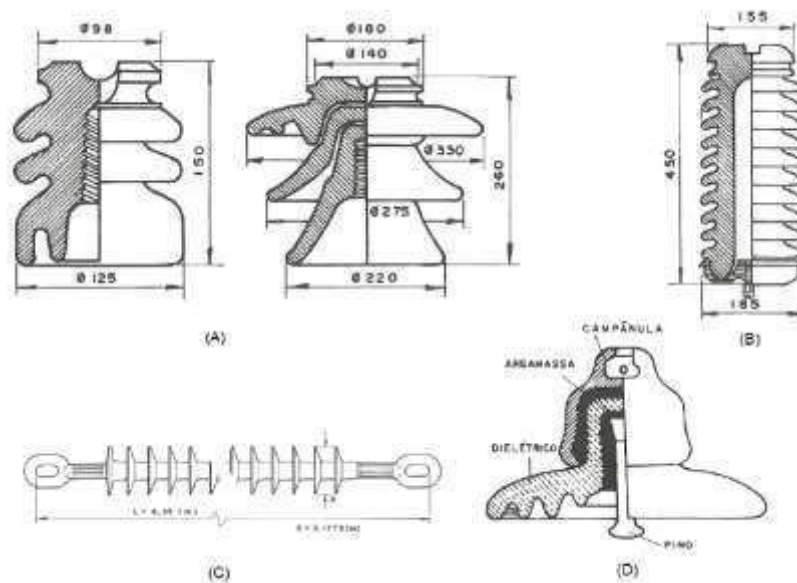


Figura 2.6: Tipos de isoladores: (A) Pino; (B) Pedestal; (C) Suspensão Monocorpo; (D) Suspensão de Disco (LABEGALINI *et al*, 1992).

2.4.4. Estruturas de Suporte

As estruturas de suporte podem ser fabricadas em metal, concreto armado ou madeira. Elas possuem duas funções principais nas linhas de transmissão: garantir as distâncias de segurança recomendadas de afastamentos mínimos entre os condutores energizados e qualquer outra parte integrante da linha de transmissão; e transmitir as forças solicitantes ao terreno pela fundação. Assim, o dimensionamento de uma estrutura de suporte de linha de transmissão deve ser feito em função das solicitações mecânicas e da capacidade elétrica transmitida (LABEGALINI *et al*, 1992).

As dimensões das estruturas de suporte dependem do comprimento das cadeias de isoladores, da flecha máxima dos cabos condutores e da altura de segurança necessária. A disposição dos condutores influencia diretamente na sua altura e na faixa de servidão (área do terreno que se estende ao longo de toda a linha de transmissão e tem restrições quanto à sua utilização). Esta pode ser de três tipos diferentes (LABEGALINI *et al*, 1992):

- i. **Disposição em plano ou lençol horizontal**, em que as estruturas são menores (Figura 2.7 (A));
- ii. **Disposição em plano ou lençol vertical**, em que as estruturas são mais altas, porém a largura das faixas de servidão é menor (Figura 2.7 (B));

- iii. **Disposição triangular**, em que as estruturas possuem altura intermediária entre as duas disposições anteriores (Figura 2.7 (C)).

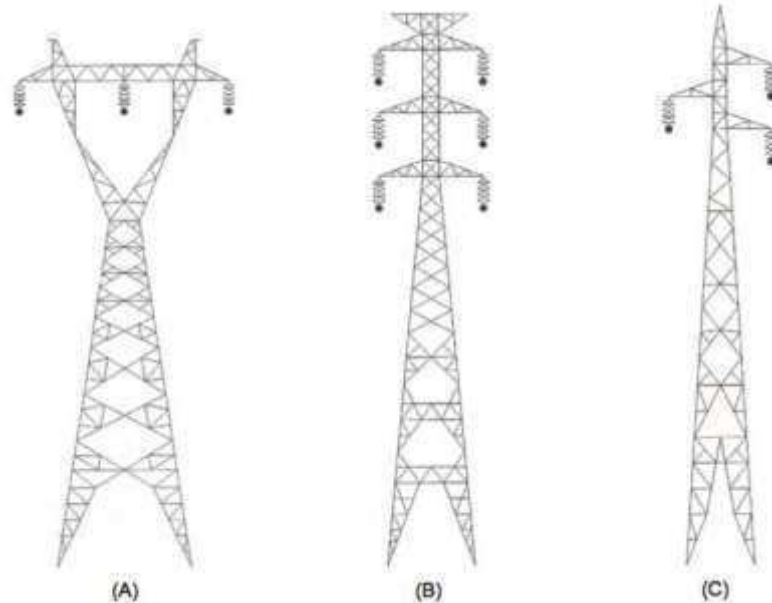


Figura 2.7: Disposição dos condutores: (A) em plano horizontal; (B) em plano vertical; (C) triangular (GONTIJO, 1994).

Quanto à função estrutural, as torres são classificadas basicamente em três tipos (LABEGALINI *et al.*, 1992; ARGENTA, 2007):

- i. **Torres terminais ou de ancoragem total ou de amarração total:** constituem os suportes no início e no fim da linha. Têm como objetivo manter os cabos esticados. São os suportes mais solicitados, sendo, assim, os mais reforçados;
- ii. **Torres de ancoragem intermediária ou amarração intermediária ou de ângulo:** semelhantes às torres terminais, são posicionadas entre elas e possuem o objetivo de dar maior rigidez à linha. São utilizadas pelos projetistas em intervalos regulares ao longo das linhas. Servem para mudar a direção de uma linha de transmissão e/ou para facilitar o retensionamento dos cabos quando necessário;
- iii. **Torres de suspensão ou alinhamento:** dimensionadas para resistir aos esforços verticais devido ao peso próprio dos cabos e acessórios. É a maioria em uma linha de transmissão.

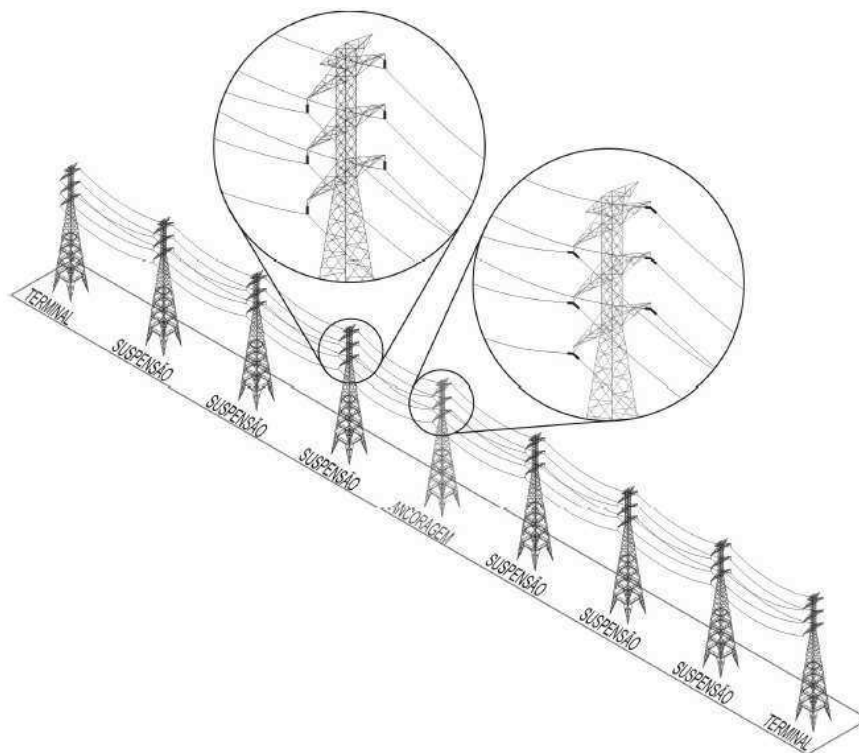


Figura 2.8: Classificação da função estrutural de linhas de transmissão (ARGENTA, 2007).

Vão é o termo utilizado para definir o espaço entre duas ou mais estruturas de suspensão. Entre duas estruturas de ancoragem ou terminais o termo utilizado é tramo.

Ainda segundo Labegalini *et al* (1992), as estruturas são classificadas em dois grupos quanto a forma de transferir os esforços solicitantes ao solo:

- i. **Autoportantes:** a estrutura é dimensionada para suportar todo o esforço solicitante e transmitir suas componentes verticais e horizontais à área de solo na qual está apoiada (Figura 2.9 (A));
- ii. **Estaiadas:** são empregados estais para absorver os esforços horizontais transversais e longitudinais. Os estais fixados no solo aumentam a quantidade de pontos de apoio da estrutura e melhoram a distribuição dos esforços mecânicos (Figura 2.9 (B)).

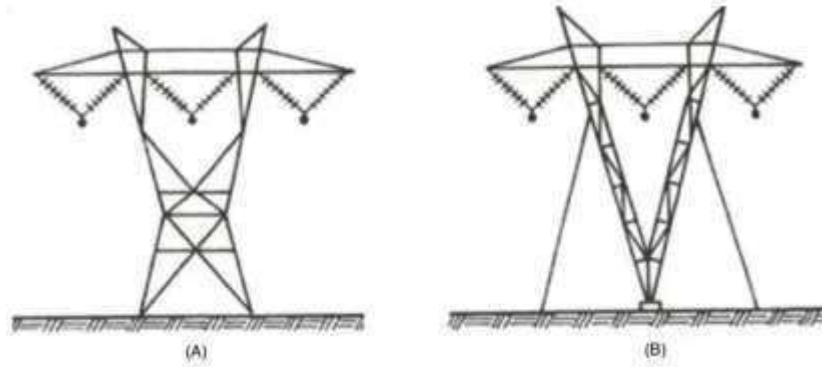


Figura 2.9: (A) Estrutura autoportante. (B) Estrutura estaiada (LABEGALINI *et al*, 1992).

2.5. Segurança no Trabalho

A Constituição Federal determina que o trabalhador tem direito a proteção de sua saúde, integridade física e moral e segurança na execução de suas atividades. O trabalho deve ser realizado em condições que colaborem para a melhoria da qualidade de vida e a realização pessoal e social. O empregador e os profissionais envolvidos no ambiente de trabalho têm a responsabilidade de prover a segurança e a saúde do trabalhador.

Para diminuir as situações que possam causar risco de acidentes de trabalho em serviços de eletrificação e na construção civil o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) é fundamental.

Os trabalhadores que executam serviços de eletrificação, além de estarem munidos de EPI's, devem agir em consonância com o que diz a norma regulamentadora nº 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (NR-10). Além dessa norma, a nº 6 – EPI: Equipamentos de Proteção Individual (NR-6) – deve sempre ser respeitada.

A NR-10 estabelece os requisitos e condições mínimas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam em serviços com eletricidades. Esta norma destaca medidas de proteção coletiva e proteção individual, procedimentos de segurança em instalações energizadas e desenergizadas, proteção contra incêndio e explosão, situações de emergência sinalização de segurança, entre outros. Os trabalhadores devem passar por capacitação e cursos de reciclagem a cada dois anos.

Cada vez mais o quesito segurança é levado em conta na execução de qualquer tipo de serviço. Em serviços de construção, por exemplo, as empreiteiras são bastante fiscalizadas pelas contratantes de forma a evitar os riscos e uniformizar a execução de tarefas. A inspeção garante a manutenção da adequação às normas (CUNHA, 2010).

2.5.1. Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)

A NR-6 estabelece que Equipamento de Proteção Individual é todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

O EPI deve ser fornecido pela empresa ao empregado gratuitamente. O EPI deve ser adequado ao risco o qual está inserido o trabalhador, obedecendo as peculiaridades de cada atividade profissional.

No que diz respeito aos profissionais envolvidos na construção de linhas de transmissão, os principais EPIs utilizados são:

- i. **Capacete:** equipamento que protege a cabeça principalmente contra impactos externos. Provê proteção contra contatos acidentais de até 1000 V;
- ii. **Luva:** propicia proteção contra cortes, queimaduras e choques elétricos;
- iii. **Óculos de proteção:** protege contra lesões oculares devido a radiação ultravioleta, bem como contra fragmentos que possam ocasionar ferimentos nos olhos;
- iv. **Botas de segurança:** oferecem proteção contra quedas de objetos e choques elétricos;
- v. **Cinturão de segurança do tipo paraquedista:** protege contra riscos de queda em trabalhos em altura;
- vi. **Talabarte:** equipamento que envolve a cintura do trabalhador à estrutura (poste), sendo mais uma proteção contra quedas;
- vii. **Trava-quedas:** funciona em conjunto com a linha de vida, que é uma corda ancorada na estrutura destinada a segurança do trabalhador. O trava-quedas possui um mecanismo que, na ocorrência de uma queda, segura o trabalhador à linha de vida;
- viii. **Mosquetão:** dispositivo para conexão e ancoragem em conjunto com o cinturão de segurança;
- ix. **Uniforme retarda-chamas:** protege o corpo humano de chamas e arcos elétricos, bem como retarda a ação de chamas e arcos elétricos.



Figura 2.10: Homens equipados com capacete, luvas, óculos de proteção e botas de segurança e uniforme retardar-chamas.

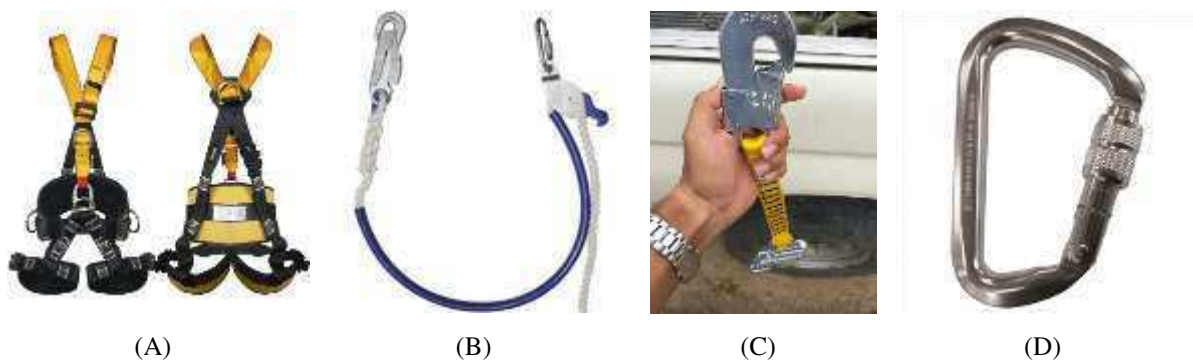


Figura 2.11: Kit de EPI utilizado pelos eletricitas montadores que escalam o poste: (A) cinturão de segurança; (B) talabarte; (C) trava-quedas; (D) mosquetão.

Fontes:

(A): <http://www.casadoepionline.com.br/images/thumbs/0000643.jpeg>

(B): http://www.vianovaplast.com.br/img_produtos/179.jpg

(D): <http://www.as-solucoes.com.br/loja/image/cache/data/jussara/mosquet%C3%A3o%20em%20D-900x900.png>

2.5.2. Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's)

Equipamentos de proteção coletiva são todos os dispositivos ou sistemas de uso coletivo destinados a proteger a integridade física e a saúde dos trabalhadores, assim como a de terceiros. Nos serviços de construção de linhas de transmissão, a maioria dos EPC's são destinados à sinalização, entre os quais estão incluídos:

- i. Faixas de sinalização;
- ii. Tela cerquite;
- iii. Cones de sinalização;
- iv. Correntes zebradas de sinalização.



Figura 2.12: Área sinalizada com cones de sinalização, correntes zebradas de sinalização e faixas de sinalização.



Figura 2.13: Área cercada com tela cerquite.

Além dos supracitados, outro equipamento indispensável é o conjunto de aterramento.

Este se faz necessário quando se trabalha em linhas desenergizadas, pois constitui mais uma garantia de que a linha estará sem potencial: caso ocorra uma energização acidental, a corrente elétrica não circulará no trecho em obras. Os conjuntos de aterramento são conectados nas extremidades do local em que se está realizando o serviço.

3. LD 69 kV Derivação Dinamérica

De propriedade da Energisa Borborema, a LD 69 kV Derivação Dinamérica teve a sua construção realizada pela Prener Comércio de Materiais Elétricos LTDA. Esta linha possibilitará a interligação entre as subestações Campina Grande II e Esperança à subestação Dinamérica, também do grupo Energisa.

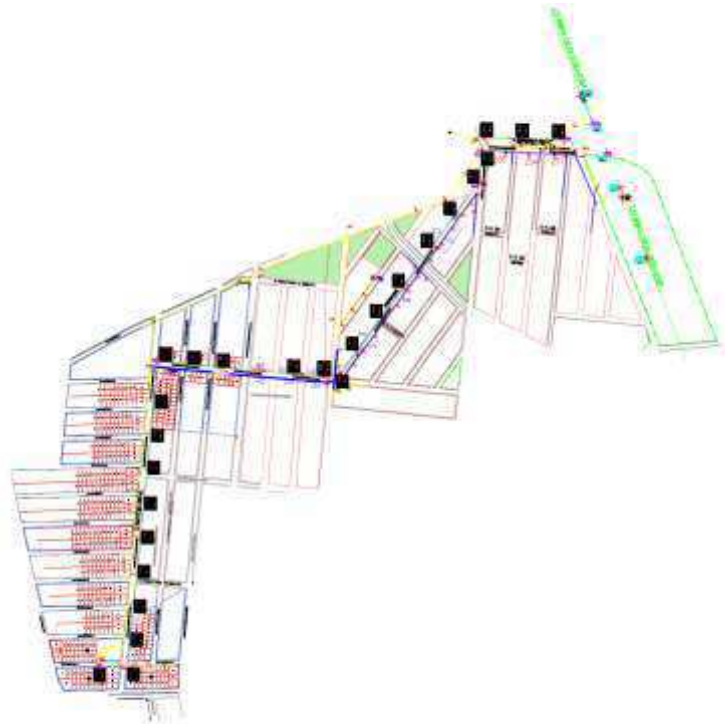


Figura 3.1: Extensão da LD.

3.1. Características Gerais do Projeto

A linha é trifásica, com nível de tensão 69 kV, 60 Hz, com 2,3 km de extensão. Todo o trecho da linha possui circuito duplo: um circuito destinado à interligação da SE Campina Grande II com a SE Dinamérica; e o outro, com o mesmo fim, sendo que da SE Dinamérica à SE Esperança.

A extensão da linha se dá entre a SE Dinamérica e a linha que interliga a SE Campina Grande II à SE Esperança. A partir da entrada em operação da SE Dinamérica, as subestações Campina Grande II e Esperança não estarão mais interligadas diretamente.



Figura 3.2: Detalhe da derivação da linha que liga a SE Campina Grande II à SE Esperança.

3.2. Características Elétricas da Linha

A LD apresenta as seguintes características elétricas:

Tabela 3.1: Características elétricas da linha.

Tensão nominal entre fases	69 kV
Frequência de operação	60 Hz
Número de circuitos	2
Número de fases por circuito	3
Número de condutores por fase	1
Cabos guarda (ou para-raios)	Sim

3.3. Características do Cabo Condutor e do Cabo Guarda

Em toda a extensão da linha foi utilizado o mesmo cabo condutor nos dois circuitos. O mesmo também acontece no que diz respeito ao cabo guarda (ou cabo para-raios).

Uma descrição geral dos cabos utilizados na linha é apresentada nas Tabelas 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2: Dados do condutor.

Dados do condutor	
Código	TULIP
Tipo	CA (cabo de alumínio)
Bitola (MCM ou kcmil)	336,4
Bitola (mm)	170,48
Peso (kg/km)	470
Carga de ruptura (kgf)	2790

Tabela 3.3: Dados do cabo guarda.

Dados do cabo guarda	
Código	TULIP
Tipo	SM (média resistência)
Bitola (pol)	5/16
Bitola (mm)	7,94
Peso (kg/km)	305
Carga de ruptura (kgf)	2426

3.4. Locação de Estruturas

Todo o trecho da LD está situado em área urbana, portanto não foi necessária a intervenção em propriedades particulares. A locação de estruturas foi realizada a partir de um levantamento topográfico que compreendeu, além da locação, a verificação do alinhamento e a conferência dos ângulos do projeto. O projeto também especifica as distâncias de passagem dos pedestres em cada calçada, obedecendo a legislação municipal.

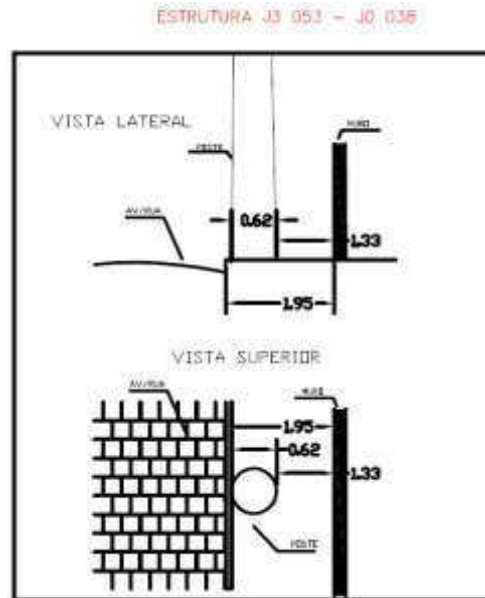


Figura 3.3: Detalhes da especificação de projeto de uma das estruturas.

3.5. Escavações

Após a locação de todas as estruturas foram iniciadas as escavações das mesmas. Estas abrangiam solos arenosos e, em sua maioria, rochas alteradas (brandas) e sãs.

A profundidade necessária à cada cava se dava a partir da seguinte equação:

$$h_c = \frac{h_p}{10} + 0,60 \quad (3)$$

Onde,

h_c : profundidade da cava, em metros;

h_p : altura do poste, em metros.

3.6. Descrição das estruturas

A linha conta com 30 estruturas, as quais são especificadas na Tabela 3.4, a classificação corresponde ao padrão adotado pela Energisa. Elas podem ser encontradas com outro código a depender da padronização seguida. Os tipos de estrutura que contém um número 2 no início do código indicam que a estrutura possui dois circuitos e todas as estruturas possuem disposição de condutores em plano vertical.

Tabela 3.4: Especificação da quantidade de estruturas da linha.

Tipo de Estrutura	Quantidade
2S-LP	13
2Y-AG	10
2Y-AP	4
Y-AP	1
Y-AG	1
T-AL	1

As estruturas possuem três tipos de postes: tipo circular em concreto armado (25 unidades); tipo duplo T em concreto armado maioria dos postes empregados nas estruturas são do tipo circular em concreto armado (uma unidade destinada à substituição de estrutura já existente); e cinco postes monotubulares metálicos. Estes últimos foram utilizados, pois, para se ter um poste com esforços elevados (no caso, 3000 kgf), a largura do poste de concreto seria bem maior e isto implicaria em uma não-adequação às exigências da Prefeitura de Campina Grande no que diz respeito à largura mínima exigida para calçadas (acessibilidade).

3.6.1. Estrutura 2S-LP

Este tipo de estrutura é a que tem maior quantidade no trecho da linha, pois é empregada em trechos com alinhamento reto. Ela é autoportante e de suspensão. Os postes empregados na linha são circulares com classificação altura/esforço 24 m/1000 kgf. Possui apenas isoladores do tipo pedestal (*line post*).

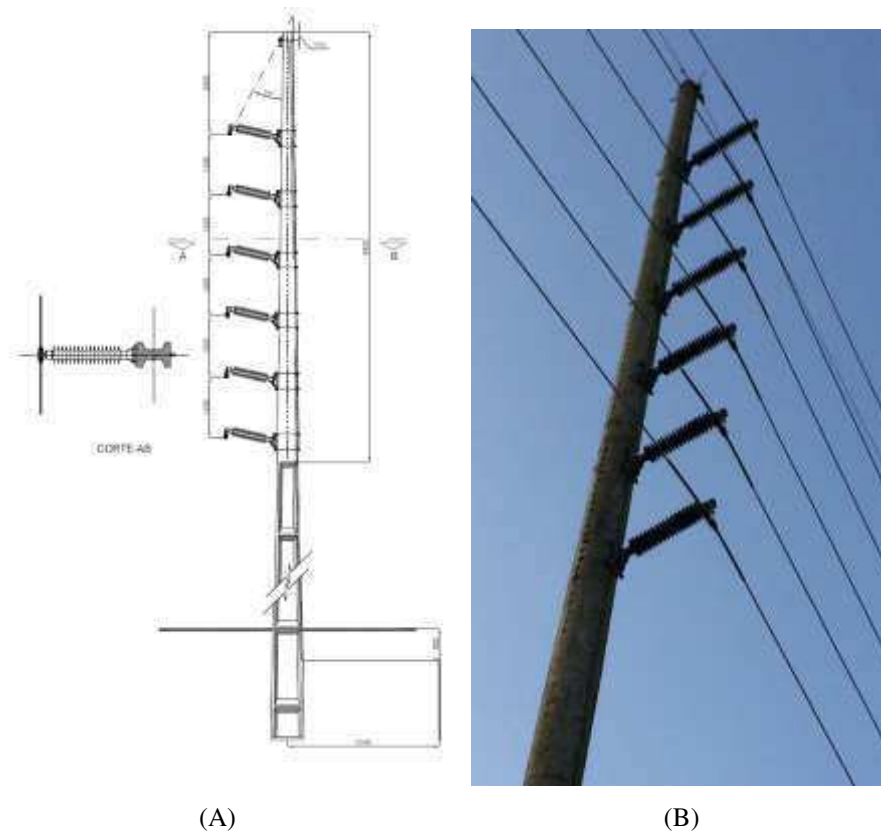


Figura 3.4: Estrutura 2S-LP: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada.

3.6.2. Estruturas Y-AG e 2Y-AG

As estruturas Y-AG e 2Y-AG diferem entre si pela quantidade de circuitos: a Y-AG possui apenas um circuito, enquanto a 2Y-AG possui dois. Classificam-se como autoportantes e de ancoragem e são utilizadas em alinhamento reto e em ângulos obtusos. A classificação dos postes destas estruturas varia: 24 m/2000 kgf; 24 m/2500 kgf; 24 m/3000 kgf; e 22 m/2500 kgf para a Y-AG. Esta estrutura possui, além de postes circulares em concreto armado, postes monotubulares metálicos e requer isoladores do tipo pedestal, bem como de suspensão.

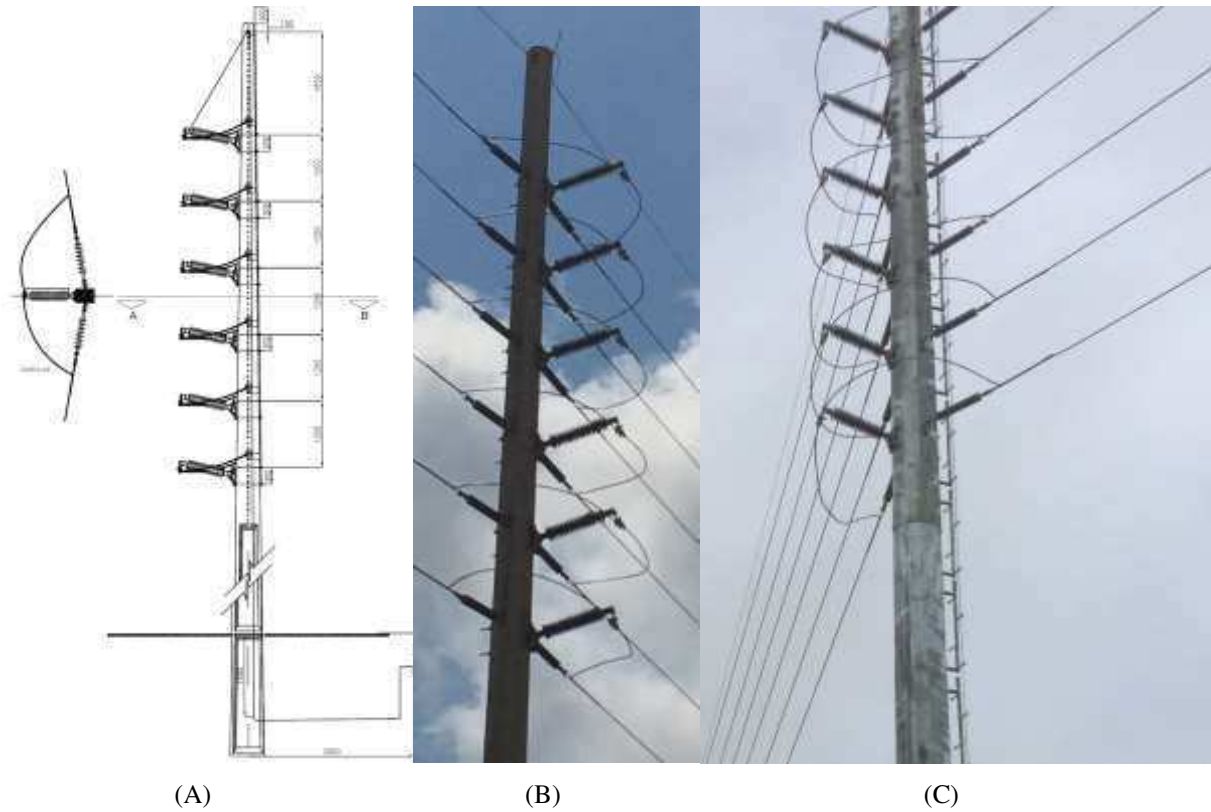


Figura 3.5: Estrutura 2Y-AG: (A) especificações do projeto; (B) estrutura em alinhamento reto finalizada (poste de concreto); (C) estrutura em ângulo obtuso finalizada (poste metálico).

3.6.3. Estruturas Y-AP e 2Y-AP

Estes tipos de estrutura se caracteriza pela necessidade apenas de isoladores do tipo suspensão. São classificadas como autoportantes e de ancoragem e sua utilização é feita em ângulos muito fechados, geralmente em mudanças de trajetória da linha. São as estruturas que necessitam de postes com maior esforço: 24 m/2500 kgf e 24 m/3000 kgf.

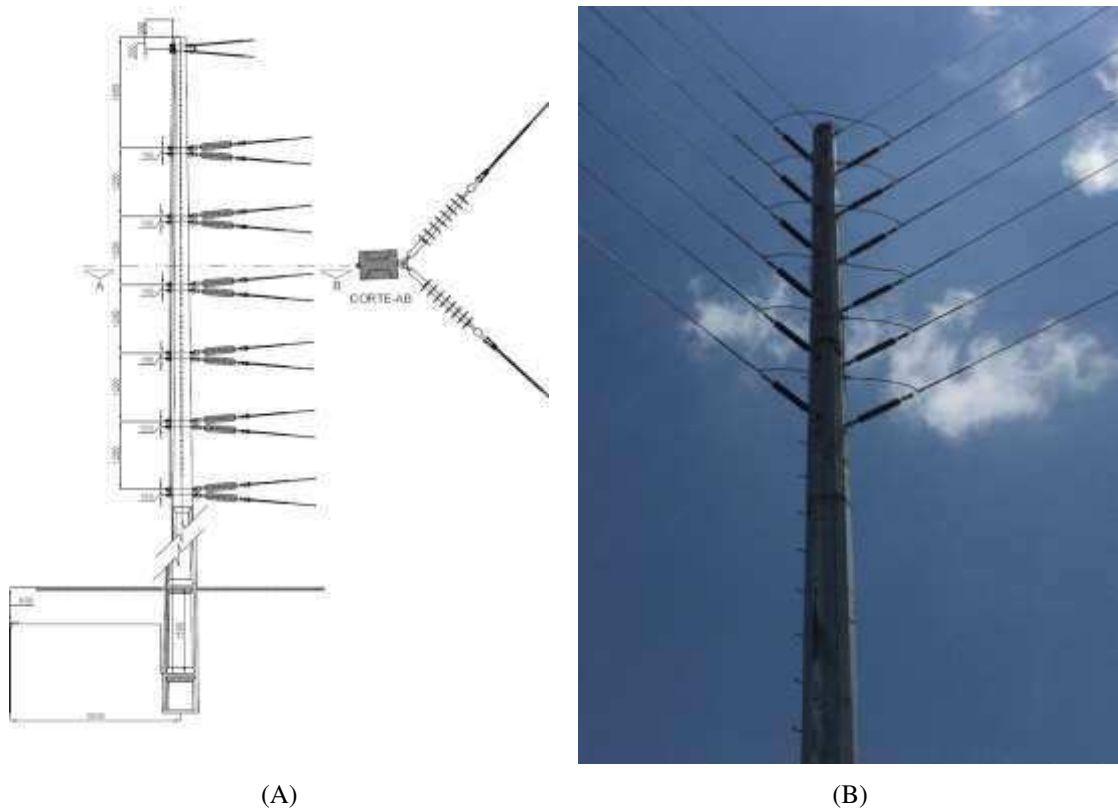


Figura 3.6: Estrutura 2Y-AP: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada (poste metálico).

3.6.4. Estrutura T-AL

Este tipo de estrutura é de ancoragem e estaiada. Possui um isolador do tipo pedestal e seis isoladores de suspensão. Ela foi utilizada em substituição a uma antiga estrutura da linha que ligava a SE Campina Grande II à SE Esperança. O poste empregado nesta estrutura foi do tipo duplo T com altura/esforço 20 m/1500 kgf.

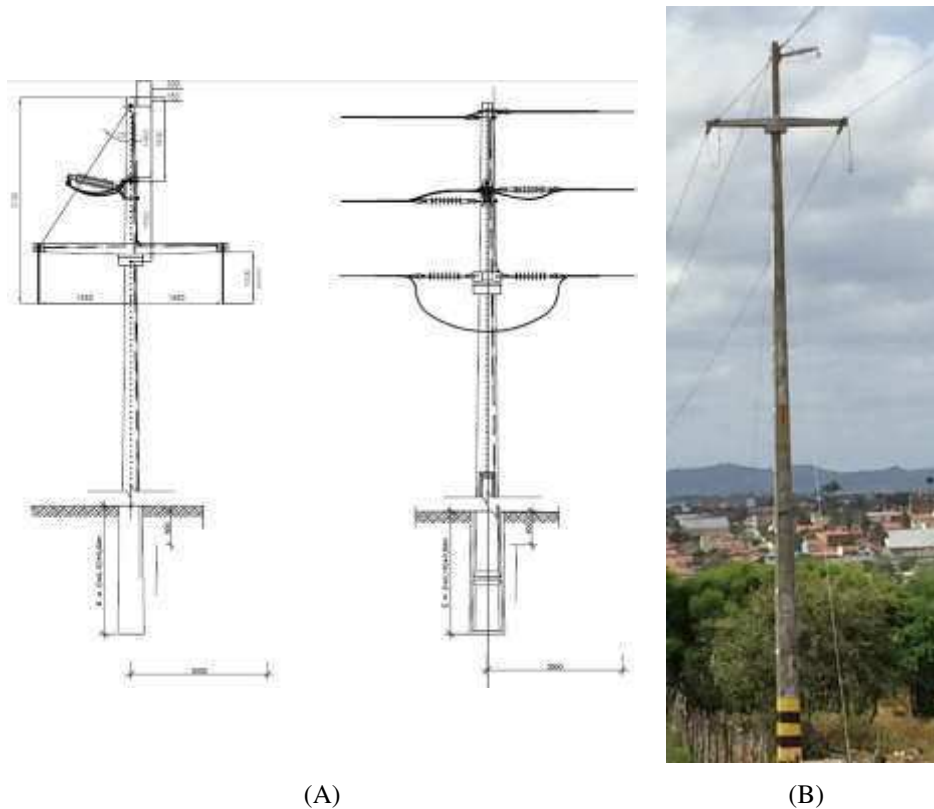


Figura 3.7: Estrutura T-AL: (A) especificações do projeto; (B) estrutura finalizada.

3.7. Sistema de Aterramento

O aterramento da estrutura consiste na utilização de uma cordoalha cobreada para conectar os parafusos de todos os isoladores ao cabo de aterramento, que também é conectado ao cabo guarda. O cabo de aterramento é lançado em um eletroduto do próprio poste até ser conectado à haste de aterramento que deveria ser fincada a uma distância de três metros do poste, à profundidade da cava.

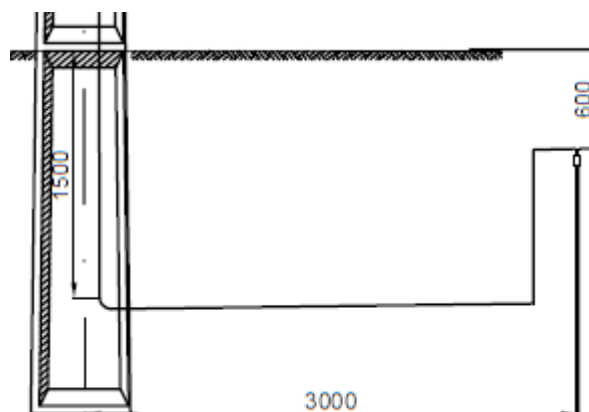


Figura 3.8: Especificação do projeto para a instalação da haste de aterramento.

3.8. Reaterro e Concretagem

Após a implantação dos postes, a depender do esforço o qual a estrutura estaria submetida, o processo de reaterro ou concretagem era executado. Para as estruturas com um maior esforço (3000, 2500 e 2000 kgf) as cavas seriam cobertas com uma camada de 60 cm de concreto, areia molhada e compactada e mais 60 cm de concreto. Já nas estruturas com esforço de 1000 kgf a cava era reaterrada com o material retirado na escavação.

3.9. Especificações de Lançamento e Nivelamento de Cabos

O lançamento e nivelamento de cabos foi realizado baseado em cálculos de tensionamento (força) e flecha dos cabos para cada tramo da linha. É apresentada, na Figura 3.9, uma das planilhas que continham estas informações.

prener

PLANILHA DE TENSÃO DE MONTAGEM

Obra: LD 69kV DERIVAÇÃO DINÂMICA

DADOS DO CONDUTOR

Modelo: TDU17
 Tipo: CA
 Área (cm²): 346,4
 Área (M²/1000): 0,3464
 Carga de ruptura (kgf): 2700

TRECHO		VÃO REGULADOR (m)	TABELA DE TENSÃO DE MONTAGEM CABO CONDUTOR (kgf)							Flecha (m)
ESTRUT. NÚMERO	ESTRUT. NÚMERO		15° C	20° C	25° C	30° C	35° C	40° C	45° C	
045	046	64	197	168	160	173	168	161	128	0,61
046	047	64	811	736	670	614	567	526	491	0,33
047	049	72	411	360	308	307	281	263	247	0,38
049	050	30	119	100	100	93	88	83	73	1,04
050	051	54	318	260	250	226	207	190	176	0,59

Figura 3.9: Parte das especificações para o lançamento e nivelamento de cabos.

4. Atividades Desenvolvidas

Inicialmente, a fim de familiarização com as atividades, foi realizada uma visita no dia 24 de maio de 2015 a duas obras em execução pela Prener: a SE Dinamérica e a LD 69 kV Derivação Dinamérica. No momento da visita, no que diz respeito à linha, estavam sendo realizadas as atividades de escavações e de implantação de postes. A visita teve supervisão e acompanhamento do engenheiro eletricitista José de Sousa Lima Júnior.

Neste encontro inicial foram definidas as atividades que seriam executadas, bem como foi feita uma apresentação à equipe eletromecânica responsável pela construção da linha.

Nesta etapa foram entregues arquivos referentes ao projeto: planilha de locação de estruturas; desenhos referentes a cada estrutura; tabela de parafusos; detalhamento de estruturas etc.

4.1. Acompanhamento e Planejamento da Obra

Terminado o período de familiarização, iniciou-se o acompanhamento da obra. A construção da linha contempla o seguinte roteiro: construção civil, montagem eletromecânica das estruturas e lançamento de cabos.

A fim de um acompanhamento pela cliente (Energisa Borborema – Distribuidora de Energia S/A) foi confeccionado um Relatório Diário de Obra (RDO) onde foram discriminadas as atividades, o contingente pessoal, equipamentos disponíveis para a execução dos serviços, bem como qualquer observação pertinente ao andamento da obra.

O RDO é uma ferramenta fundamental para o acompanhamento da obra e foi importantíssimo para a familiarização com as etapas da construção. Qualquer imprevisto, embargos judiciais e acontecimentos prejudiciais ao andamento da obra são explicitados no RDO. Este relatório constitui a melhor maneira de haver contato formal entre a empreiteira e a contratante. As Figuras 4.1 e 4.2 ilustram o RDO.

postes implantados, montagem de estruturas etc. Estas planilhas possibilitaram, além de um controle da obra, a documentação das justificativas adotadas para o planejamento de várias etapas da obra.

4.2. Atividades de Construção

O estágio teve início com a obra já em andamento. Por este motivo, a etapa de topografia não foi acompanhada, entretanto, durante o período de estágio, diversas estruturas foram locadas.

4.2.1. Locação de Estruturas

Período: 25 de maio a 09 de julho de 2015.

A fase de locação de estruturas é o passo inicial para a atividade de escavações. Como a linha possuía trecho apenas em área urbana, a fase de locação de estruturas teve diversas particularidades devido a resistência de moradores para não ter estruturas em suas calçadas.

4.2.2. Escavações

Período: 25 de maio a 11 de agosto de 2015.

Após a locação, deu-se início as escavações para as estruturas. Inicialmente todas foram realizadas manualmente, mas, com o decorrer do processo, muitas estruturas necessitaram de equipamentos para atingir a profundidade adequada. Foram utilizados, nestes casos, retroescavadeira com rompedor e compressor de ar com rompedor. O ideal seria que, ao final de cada escavação, o respectivo poste fosse implantado, contudo, devido à falta de postes, muitas cavas ficaram abertas, com a devida sinalização.



Figura 4.3: Escavações para estruturas: (A) manual; (B) retroescavadeira com rompedor; (C) compressor de ar com rompedor.

A profundidade necessária de para cada estrutura era de 3,00 m, contudo, diante do solo bastante rochoso, a Energisa, por meio do fiscal de obra, autorizou que, nestes casos, bastaria 2,80 m de profundidade. Em duas escavações houve a necessidade de utilização de explosivos, após a ineficiência da utilização de rompedor e de massa expansiva para quebrar as rochas. Este processo foi bastante demorado por conta do atraso na emissão de licenças para a utilização de explosivos. Mesmo assim, em uma dessas estruturas, não foi atingida a profundidade necessária e, após autorização do fiscal, a escavação foi finalizada com 2,60 m.

Quando a estrutura tivesse poste metálico, além da escavação, era necessária uma base de concreto para beneficiar o processo de implantação, além de dificultar a danificação da base dos postes.

Em muitos casos as rochas porosas minavam água nas cavas, o que provocava o desmoronamento da terra contida nas laterais que cobria parcialmente as mesmas. Isto atrasou significativamente a etapa de escavações. Também houve o problema de queda de barreiras na escavação de uma das estruturas, que foi solucionado mediante a utilização de manilhas de concreto para conter a terra que desmoronava, permitindo, assim, o processo de escavação. A Figura 4.4 mostra como ficou a cava com as manilhas.



Figura 4.4: Cava com manilhas de concreto.

Na etapa de escavações, diversos problemas foram enfrentados. Além da dificuldade de escavar e a limitação de recursos por conta da área urbana, os moradores, por muitas vezes atrasaram o andamento desta etapa. Algumas cavas foram cobertas com terra, uma, inclusive, foi até concretada para impossibilitar o trabalho da equipe. Quando as tentativas de solucionar este tipo de problema não tinham êxito, era solicitada a presença da equipe da Energisa.

4.2.3. Distribuição de Postes

Período: 25 de maio a 04 de setembro de 2015.

Após a finalização da cava, o respectivo poste foi distribuído e colocado próximo a ela. Na Figura 4.5 pode ser visualizado o processo de distribuição.



(A)

(B)

Figura 4.5 (A), (B): Distribuição de postes.

4.2.4. Implantação de Postes

Período: 25 de maio a 04 de setembro de 2015.

O processo de implantação de postes foi realizado com caminhão munck que suspendia parcialmente o poste até que sua base atingisse a cava. Após manobras no munck e esforços manuais da equipe o poste era implantado e alinhado mediante prumo. Como o cabo traciona as estruturas de ancoragem, os postes destas estruturas são implantados com uma pequena queda no sentido contrário à linha para que o deslocamento causado pelo peso dos cabos seja compensado.

Inicialmente foram implantados apenas os postes, depois os postes passaram a ser implantados já montados (com isoladores, parafusos etc.). No caso dos postes metálicos, mais um serviço teve que ser executado: o acoplamento (ou montagem) de suas partes integrantes. Este tipo de poste possui três seções que deveriam ser montadas antes do processo de implantação.



(A)



(B)

Figura 4.6 (A), (B): Implantação de postes.



(A)



(B)

Figura 4.7 (A), (B): Montagem dos postes metálicos.

Após a implantação do poste, a haste de aterramento era fixada no solo. Por fim, era executado o serviço de reaterro ou concretagem, a depender da estrutura. Somente após a finalização desta etapa, o caminhão munck liberava o poste.

4.2.5. Montagem de Estruturas

Período: 26 de maio a 04 de setembro de 2015.

A atividade de montagem de estruturas consistiu na fixação de isoladores tipo pedestal e parafusos com olhal para isoladores de suspensão, bem como da conexão de todos os parafusos à cordoalha de aterramento. Ainda nesta etapa foram instalados nas estruturas os parafusos com olhal para comportar o cabo guarda.



Figura 4.8: Montagem de estruturas: (A) antes da implantação do poste; (B) com o poste já implantado.

4.2.6. Lançamento e Nivelamento de Cabos

Período: 30 de julho a 04 de setembro de 2015.

O lançamento e nivelamento de cabos fazem parte da fase final da construção de uma linha. No lançamento, roldanas (também chamadas de bandolas) foram fixadas nos postes para possibilitar que os cabos percorressem os vãos do tramo. Os cabos não foram colocados diretamente nas roldanas: eles foram presos na ponta de cordas para que fosse possível o seu içamento até os postes. No topo de cada poste do tramo havia um eletricitista-montador para o manuseio dos cabos dentro das roldanas.

Nos trechos em que havia ramais de baixa tensão que alimentam residências, cordas eram arremessadas sobre estes e colocadas nas roldanas (Figura 4.9) de todo o tramo. Quando a corda atingia toda a extensão do tramo o cabo era preso em uma extremidade e puxado até completar a extensão dos vãos. Após esta etapa, em um dos postes de ancoragem o cabo era encabeçado na alça pré-formada (Figura 4.10) instalada no isolador de suspensão e, este último, era encaixado no olhal. Feito isto, o cabo era tensionado e a força era medida com um dinamômetro (Figura 4.12). No tensionamento o ajuste grosso foi realizado pelo caminhão que puxava o cabo e o ajuste fino foi feito pela catraca. Atingida a tensão necessária, o cabo era encabeçado no outro poste de ancoragem e estava finalizado o nivelamento (Figura 4.13). O processo sempre ocorria do cabo mais alto até os inferiores: após o nivelamento do primeiro condutor, os demais eram nivelados baseados na flecha dele



Figura 4.9: Roldanas utilizadas no lançamento de cabos.



Figura 4.10: Isolador de suspensão com alça pré-formada para comportar o cabo.



Figura 4.11: Lançamento de cabos.



(A)



(B)

Figura 4.12: Nivelamento de cabos: (A) tensionamento do cabo; (B) dinamômetro para medir a força exercida pelo cabo.



Figura 4.13: Encabeçamento de cabo na alça pré-formada.

Quando havia travessias em redes de baixa e média tensão, a equipe de linha viva de 13,8 kV entrava em ação para suspender os cabos que seriam lançados (Figura 4.14) nestes trechos até que estivessem nivelados.

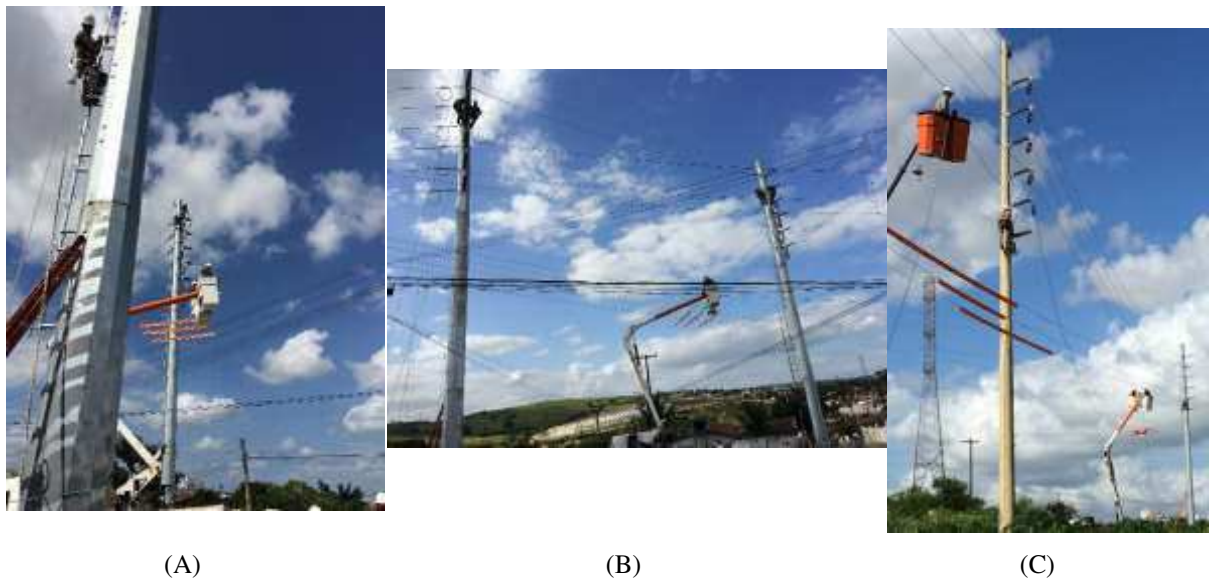


Figura 4.14: Lançamento de cabos em travessias: (A), (B) redes de média (13,8 kV) e baixa (220 V) tensões; (C) em rede de média tensão (13,8 kV).

Após o nivelamento, os cabos foram grampeados nas estruturas de suspensão. O grampeamento foi realizado a partir de varetas (ou grampas) que envolviam os cabos antes do seu encaixe nos isoladores (Figura 4.15).

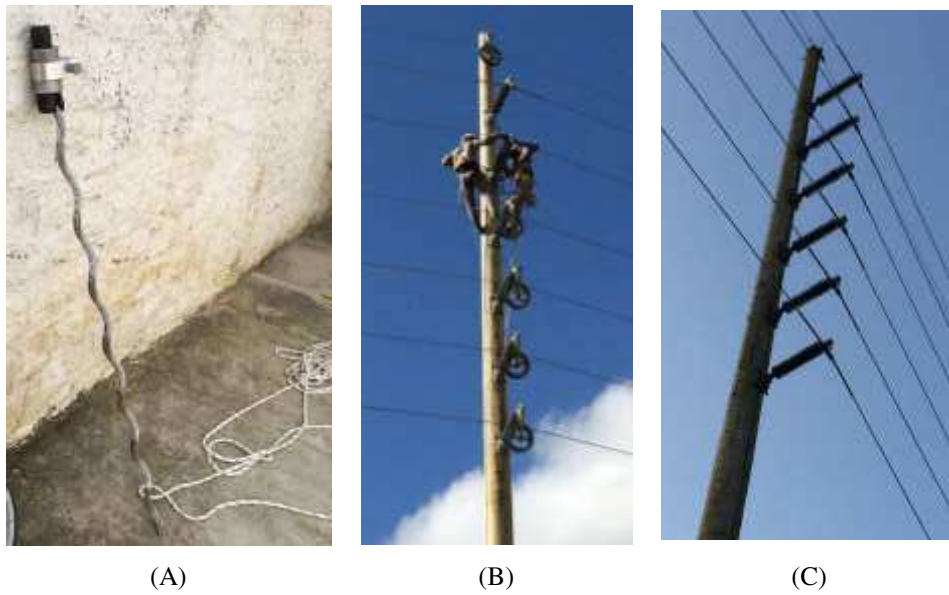


Figura 4.15: Grampeamento de condutores: (A) varetas e grampo de suspensão para isolador; (B) processo de grampeamento; (C) estrutura finalizada.

Após o processo de nivelamento em um tramo, deixa-se uma sobra de 2,0 a 3,0 m (a depender do ângulo da estrutura) para fazer o pulo, que é um contorno que o cabo faz na estrutura de ancoragem. A partir das sobras em cada extremidade da estrutura em ancoragem, o pulo é fechado e concluído. O fechamento se dá a partir de conectores do tipo cunha, com uma trava acionada mediante a utilização com uma ferramenta Ampact, que impulsiona um êmbolo acionado pela deflagração de um cartucho.

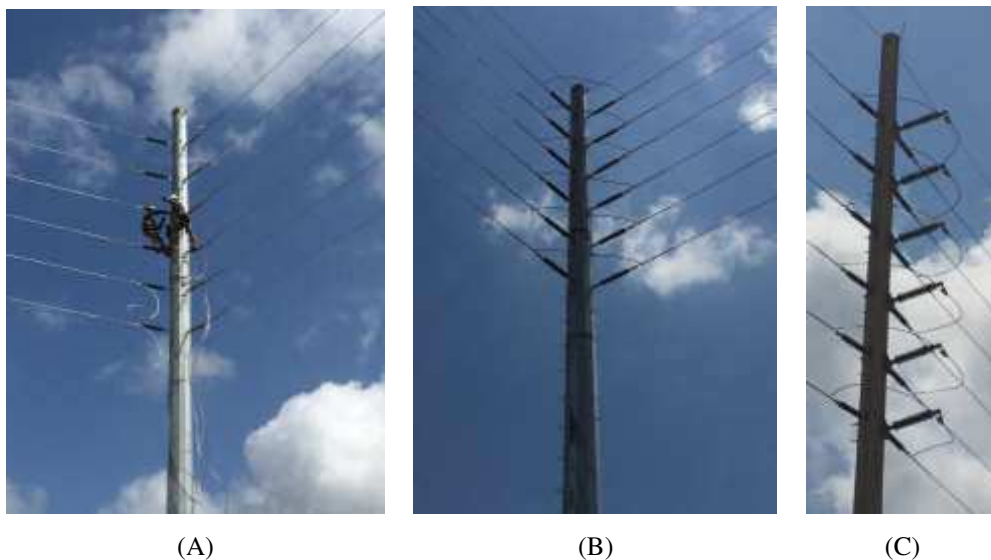


Figura 4.16: Fechamento dos pulos: (A) processo em andamento; (B), (C) processo finalizado.

4.2.7. Acabamento em Estruturas

Período: 05 de junho a 05 de setembro de 2015.

As estruturas foram sinalizadas por meio de pintura na base dos postes e identificadas através de placas enumerando as estruturas. Como o circuito era duplo, duas placas eram instaladas em cada poste. Embora estas atividades estivessem inicialmente programadas apenas para a parte final da obra (após o lançamento e nivelamento de cabos), em muitas estruturas elas foram executadas antes devido ao fato de em alguns dias não haver frente de obra (falta de postes). Além destes serviços, as furações existentes nos postes tiveram de ser cobertas. No caso dos postes de concreto foi utilizada, para tal fim, espuma expansiva, enquanto que para os postes metálicos foram empregadas peças plásticas de encaixe.



Figura 4.17: Finalização de estruturas: (A) pintura de sinalização; (B) placas de identificação.

4.2.8. Trabalhos Próximos a Linha Desenergizada

Período: 02 a 04 de setembro de 2015.

No trecho situado abaixo da linha já existente os serviços de implantação de postes e lançamentos de cabos só poderiam ser realizados mediante utilização de equipe de linha viva para 69 kV ou desligamento da linha. Como esta só atendia cargas em horários de pico, praticamente estava o dia inteiro energizada em vazio, o que possibilitou seu desligamento. A partir de programação com a equipe técnica da Energisa foi realizada a desenergização da linha e, em seguida, as atividades foram executadas.

Os trabalhos executados no período de linha desenergizada foram acompanhados de perto pela equipe de fiscais da Energisa. Embora o desligamento estivesse programado para ocorrer às 8h da manhã, só era executado próximo às 10h com a justificativa da complexidade das manobras necessárias, o que atrasou significativamente o desenvolvimento das atividades programadas.

A partir da comunicação da equipe da Energisa informando que a linha estava desenergizada, foi colocado em cada condutor da linha um aparelho detector de tensão a fim de verificar a corretude da informação concedida, o que evidencia mais uma técnica de segurança em instalações elétricas. Após este teste era autorizado o início do procedimento de aterramento dos condutores da linha: todos foram conectados à haste já aterrada. Esta técnica foi realizada nas extremidades do local em que iriam ser realizadas as atividades, a fim de isola-la.



Figura 4.18: Procedimentos de segurança em linhas desenergizadas: (A) teste de ausência de tensão; (B) conexão do conjunto de aterramento aos cabos condutores.

Feito o aterramento, os trabalhos de implantação de postes e lançamento e nivelamento de cabos teve início.



Figura 4.19: Poste implantado abaixo da linha desenergizada.

A Figura 4.20 ilustra o trecho onde ocorre a derivação da linha existente para a nova linha. É importante frisar que o acabamento nas estruturas só irá ocorrer quando a nova subestação entrar em operação.



(A)



(B)



(C)

Figura 4.20: Detalhes da derivação da linha. Trechos: (A) SE Campina Grande II – SE Dinamérica; SE Dinamérica – SE Esperança; (B) SE Campina Grande II – SE Dinamérica; (C) SE Dinamérica – SE Esperança.

Nesta etapa vale salientar a necessidade de mudança de uma estrutura. A nova configuração da linha exigia uma estrutura com maior suportabilidade a esforços mecânicos. A antiga estrutura de suspensão foi substituída por uma de ancoragem.

4.2.9. Outros Serviços

Período: 05 de junho a 01 de setembro de 2015.

Além dos serviços relativos à construção da linha, mais dois serviços tiveram que ser realizados: recuperação de calçamento de ruas e recuperação de calçadas. Estes serviços foram necessários devido ao processo de construção da linha danificar, algumas vezes, calçadas e vias públicas.



(A)



(B)

Figura 4.21: Serviços de recuperação: (A) de calçada; (B) de calçamento de vias públicas.

4.3. Outras Atividades

Além da intermediação do contato entre o engenheiro responsável pela obra e a equipe encarregada da execução da mesma, outras atividades foram desenvolvidas e apoiadas no contexto da obra. Entre elas, podem ser citadas:

- i. Compras de materiais e ferramentas para a execução da obra;
- ii. Contato com a equipe de fiscalização da obra (Energisa);
- iii. Planejamento e compras de materiais para o alojamento da equipe;
- iv. Avaliação das condições de higiene e sanitárias do alojamento da equipe;
- v. Fiscalização das instalações elétricas executadas;
- vi. Fiscalização da conformidade dos procedimentos de segurança com os dispostos em norma;

- vii. Gerenciamento e distribuição das equipes para realização dos serviços;
- viii. Gestão de pessoal.

Também houve a participação em atividades educativas: reciclagem do curso de NR-10 e Diálogos de Saúde e Segurança (DSS). O DSS é uma reunião de integração de toda a equipe que trata de assuntos que dizem respeito a saúde e segurança no trabalho. Durante o estágio ocorreram dois DSS onde foram relatados acontecimentos referentes a dois acidentes fatais com trabalhadores em instalações elétricas. A contratante exige que estas reuniões ocorram em todas as suas obras quando ocorrem acidentes com vítimas fatais.

A reunião, além de expor as causas dos acidentes, servia como uma espécie de avaliação dos procedimentos que estavam sendo tomados pela equipe no cumprimento de suas atividades. Nestes encontros se evidenciavam as boas práticas de fiscalização tomadas durante a obra.

5. Conclusões

O estágio constitui uma etapa indispensável à formação do estudante, pois além de oferecer a oportunidade de unir teoria e prática, ele familiariza o estudante com o dia-a-dia da profissão que ele escolheu exercer. Ele também exerce papel fundamental na transição de estudante para profissional, visto a significativa diferença entre o meio acadêmico e o ambiente profissional.

A experiência foi bastante proveitosa em todos os aspectos. A colocação em prática dos conceitos aprendidos no curso e conceitos básicos de outras áreas da engenharia tornou o estágio ainda mais benéfico. Além disso, a oportunidade de trabalhar com profissionais experientes, desde engenheiros ao pessoal que executa a obra, mostrou como um profissional deve agir e se portar.

No dia-a-dia o engenheiro lida com situações que fazem referência à sua formação, porém muitas vezes ele se depara com problemas que fogem dela. De alguma forma, ele deve solucionar esses problemas com a maior brevidade possível. Esta capacidade de resolver problemas é fundamental ao profissional da engenharia.

Dentre as diversas lições que ficaram deste período, destaco o trabalho com as pessoas. O engenheiro deve saber lidar não somente com assuntos relacionados à engenharia, mas também com as particularidades de cada integrante da equipe a qual está vinculado. Aprender a trabalhar e liderar uma equipe foi uma experiência muito valiosa. O aprendizado adquirido com os mais diferentes profissionais também foi fundamental ao meu desenvolvimento.

Por fim, conclui-se que o estágio foi satisfatório, onde todos os objetivos foram cumpridos. Foi de grande valia acompanhar e participar da obra de construção da LD. As lições que aprendi neste período permanecerão comigo por toda a vida.

Bibliografia

ARGENTA, M. A. *Análise de Torres de Transmissão Submetidas a Cargas Dinâmicas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis-SC, 2007. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/90685>>. Acesso em 17 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5422: Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica*. Rio de Janeiro-RJ, 1985.

CORRÊA, O. M F. *Avaliação da Resistência a Incêndio de uma Torre de Transmissão de Energia*. Trabalho final de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba-PR, 2014. Disponível em <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/3/32/Olivia_Correa_2014.pdf>. Acesso em 18 set. 2015.

CUNHA, J. G. *NR-10 Comentada: Normal Regulamentadora Nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*. MI Omega Engenharia LTDA. São José dos Campos-SP, 2010.

FRONTIN, S. O. *et al. Equipamentos de Alta Tensão: Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas*. Goya Editora. Brasília-DF, 2013.

GONTIJO, C. R. *Contribuição à Análise e Projeto de Torres Autoportantes de Linhas de Transmissão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte-MG, 1994. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/PASA-8AEEXJ>>. Acesso em 17 set. 2015.

LABEGALINI, P. R.; LABEGALINI, J. A.; FUCHS, R. D.; ALMEIDA, M. T. de. *Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão*. 2ª edição. Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo-SP, 1992.

LEÃO, R. P. S. *GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica (Apostila da Disciplina Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica)*. Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE, 2009. Disponível em <<http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade/PDF/Livro%20GTD.pdf>>. Acesso em 15 set. 2015.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. *O que é o SIN – Sistema Interligado Nacional*. Disponível em <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em 15 set. 2015.

SOUZA, B. A., *Distribuição de Energia Elétrica*. Apostila. Campina Grande-PB. Universidade Federal da Paraíba. 1997.