

## 4. CONCLUSÕES

Este trabalho tratou novos conceitos de operação da rede de distribuição aérea para os casos de alimentadores supridos por diferentes subestações de energia. O foco, como citado anteriormente, foi dado aos impactos dos transitórios eletromagnéticos em seccionadoras monoplares utilizadas para manobrar trechos de rede de distribuição, a fim de garantir a segurança operacional dos eletricitistas de rede que operam esses equipamentos em campo, bem como dos técnicos de operação que atuam nos Centros de Operação da Distribuição.

Os testes reais realizados na rede aérea de distribuição tiveram como objetivo a investigação de transitórios eletromagnéticos, a intensidade com que estes efeitos aparecem e interferem na realização das manobras de fechamento momentâneo em anel, visando, principalmente, a preservação dos equipamentos e operadores.

Com os estudos realizados neste trabalho foi possível aprimorar e simplificar o algoritmo desenvolvido por (SANTOS, 2008), considerando:

- A simplicidade que há na execução desse tipo de operação;
- As condições dos alimentadores e dos transformadores, e;
- A segurança operacional dos operadores e equipamentos.

Esse novo conceito de fechamento em anel, utilizado para atendimento de manobras momentâneas, mostrou-se fundamental e essencial na operação em tempo real, pois garantem menores tempos nos restabelecimentos das interrupções, atendimentos às intervenções programadas no sistema de potência, bem como a diminuição dos indicadores de qualidade e continuidade.

As análises dos resultados apresentados no capítulo 3 foram baseadas em simulações de fluxo de carga em regime permanente, simulações de transitórios eletromagnéticos no momento do chaveamento das seccionadoras, além de dados históricos em função de manobras realizadas na rede de distribuição da AES Eletropaulo.

Finalmente, as manobras reais foram realizadas com o sucesso esperado, onde os

resultados encontrados foram comparados com os dados dos aplicativos utilizados para as simulações.

As diferenças encontradas entre os valores reais medidos em campo, na condição de regime permanente, com os valores simulados nos aplicativos utilizados, foram pequenas, como mostra a Tabela 4.1. Este fato comprova a qualidade dos modelos desenvolvidos para os componentes e equipamentos dos alimentadores, das estações transformadoras de distribuição, bem como das linhas de subtransmissão e subestações de energia.

Tabela 4.1 – Carga do trecho do alimentador TAM-114, entre seccionadoras 40343 e 43286.

<i>Equipamento</i>	<i>Carregamento (A)</i>		<i>DIFERENÇA (%)</i>	<i>Capacidade (A)</i>
	<i>CYMDIST</i>	<i>ATP</i>		
Seccionadora 43286	103	113	9,7	600

Os transformadores de potência das estações transformadoras de distribuição agem como filtros e, praticamente, eliminam os efeitos transitórios provocados pelas manobras. O simulador aponta um ruído maior na forma de onda do secundário do transformador da estação transformadora de distribuição Tamboré em função do comprimento de seu alimentador, ou seja, o alimentador de menor comprimento imprime maior transitório no secundário do transformador da estação que o supre.

Outro fato importante constatado é que o transformador de menor carregamento fornecerá o excedente de energia reativa aos alimentadores fechados em anel, onde este efeito pode provocar sobrecarga no transformador de menor capacidade. A sobrecarga também poderá aparecer no caso de desnível de tensão entre os primários dos transformadores em paralelo, tendo como consequências:

- Injeção de potência na barra secundária, mesmo não havendo desequilíbrio entre as cargas das barras secundárias envolvidas nas manobras, e;
- Fluxo de carga reverso do secundário em direção ao primário do transformador.

No caso dos bancos de transformadores das subestações de energia, ainda que haja diferenças nos níveis primários de tensão, esses equipamentos não impõem limitações à realização das manobras de fechamento em anel através da rede aérea primária de distribuição.

Os testes apontam que os transitórios se acentuam no momento da abertura do anel, agravado pelo fato da manobra ser realizada por seccionadora monopolar. Porém, como constatado neste trabalho, os transitórios provocados pelas características físicas das chaves seccionadoras, além de não provocar danos aos equipamentos manobrados, não é impeditivo à execução das manobras.

As manobras efetuadas nas redes aéreas primárias de distribuição não geram transitórios eletromagnéticos nas linhas de subtransmissão da AES Eletropaulo, nem nos disjuntores das estações transformadoras de distribuição, tampouco nas subestações de energia da ISA CTEEP, reforçando a tese de que os transitórios são atenuados ao encontrarem as impedâncias dos cabos dos alimentadores, bem como as impedâncias dos transformadores das estações transformadoras de distribuição.

Recomenda-se que as cargas dos alimentadores envolvidos nas manobras, quando somadas, não ultrapasse a capacidade do alimentador de menor capacidade, a fim de preservá-lo em eventuais desligamentos no momento dos chaveamentos das seccionadoras.

Com todas as demais condições de contorno estabelecidas, esta recomendação poderá ser ignorada, visando fatores como importância das cargas, localidade do desligamento, indicadores técnicos, entre outros citados no capítulo 3.

Portanto, conclui-se que, efetivamente, as manobras de fechamento em anel entre subestações de energia, através de chaves seccionadoras monopolares da rede aérea primária de distribuição, são totalmente possíveis e praticáveis, inclusive para as subestações de energia com diferentes níveis de tensão do lado primário, como é o caso do estudo realizado neste trabalho.

Os principais pontos de atenção devem ser dados às capacidades dos equipamentos e componentes dos alimentadores e dos transformadores de

potência, situados nas estações transformadoras de distribuição, bem como aos níveis de tensão dos equipamentos envolvidos nas manobras.

Secundariamente, a atenção deve ser dada para as configurações das linhas de subtransmissão e para as subestações de energia, visando o entendimento das grandezas elétricas envolvidas.

Os resultados dessa tese apontam para o sucesso desse tipo de operação momentânea, justificando os conceitos dos transitórios eletromagnéticos emergentes para operações em sistemas desequilibrados com mais de uma fonte de alimentação.

#### 4.1 RESULTADOS IMEDIATOS OBTIDOS

Com o sucesso desse novo conceito operacional, como resultado imediato implantou-se algumas ações atendendo necessidades comuns das Diretorias de Operações e de Engenharia da AES Eletropaulo, que em conjunto realizaram as seguintes obras de melhorias:

- Instalação de religadora automática no local da seccionadora monopolar 40343, como parte dos investimentos de melhorias e aumento da confiabilidade operacional do TAM-114;
- Balanceamento das cargas do TAM-114, a fim de diminuir a amplitude da corrente de neutro deste alimentador, bem como a eliminação de alguns efeitos prejudiciais provocados pelos componentes harmônicos encontrados.

Outro importante ponto a se destacar foi a implantação de manuais de procedimentos de trabalhos (MPTs) e instruções específicas de operação (IEOs), na Diretoria de Operações da AES Eletropaulo. Esses manuais e instruções fornecem condições de segurança à equipamentos e pessoas, dentro de cenários operacionais controlados. Os documentos publicados foram:

- MPT COD-008: *Paralelismo momentâneo de circuitos de 15 kV alimentados por transformadores diferentes que possuem a mesma fonte de 88/138 kV (mesmo*

*circuito da Linha de Subtransmissão Aérea) da Estação Transformadora de Distribuição, pelo COD;*

- MPT COD-009: Paralelismo momentâneo de circuitos de 15 kV alimentados por transformadores diferentes em ETD padrão 76, pelo COD, e;

- IEO OT-01-COS: Medidas Operativas a serem adotadas na área da AES Eletropaulo para fechamento de paralelo entre dois transformadores, de mesma potência, através do fechamento de disjuntores de interligação ou de paralelo de barras secundárias.

O primeiro MPT citado, MPT COD-008, trata especificamente sobre manobras de fechamento em anel entre dois alimentadores aéreos primários, em diferentes transformadores de potência, dentro da mesma estação transformadora de distribuição. O objetivo é gerar condições seguras de manobras aos técnicos de operação que atuam em tempo real, no momento do fechamento em anel entre dois alimentadores aéreos, através de seccionadoras monopolares.

O segundo MPT, MPT COD-009, que trata sobre subestações padrão 76, semelhantemente a estação transformadora de distribuição Tamboré, tem o objetivo de oferecer as mesmas condições seguras de manobras em anel entre alimentadores aéreos primários de distribuição.

No momento da confecção do MPT COD-009, os estudos de viabilidade técnica apontaram grandes e valiosos resultados. Foram mapeadas questões como deslocamentos de equipes distintas para pontos distintos da rede, quantidade de manobras necessárias para transferências de trechos dos alimentadores, manobras em seletores de tensão de transformadores de potência, manobras em disjuntores de interligação de barras e de circuitos, deslocamentos de operadores para as estações transformadoras, custo de manutenção preventiva e corretiva de equipamentos submetidos a várias manobras desnecessariamente, manutenção de veículos e gastos com combustível.

Os resultados apontaram que as manobras em anel, considerando as premissas adquiridas nesse trabalho, consumiriam menos recursos pessoais e materiais,

diminuição de gastos primários e preservação de equipamentos chaves na operação do sistema de potência da AES Eletropaulo, onde foi possível constatar um ganho de R\$ 480.000 por ano, somente considerando as manobras programadas para as estações padrão 76.

Outro importante resultado foi a confecção da IEO OT-01-COS, que trata sobre procedimentos para operação em paralelo de transformadores de potência, durante curto período de tempo. O objetivo desta IEO é manter dois transformadores de potência operando em paralelo, a partir do momento em que um deles entre em condição de sobrecarga. Esta condição visa dividir o carregamento excedente do equipamento mais carregado com outro de menor carregamento, até que a carga do equipamento mais solicitado volte para a condição normal de operação.

Os critérios adotados na elaboração dos MPTs e IEO, citados acima, não abordam os custos da energia não distribuída, que depende de outros fatores mais complexos para ser calculada.

## 4.2 PROPOSTAS DE NOVOS TRABALHOS

Os estudos realizados abrem perspectivas para novos desenvolvimentos dentro do conceito de formação de anel entre estruturas do sistema elétrico de potência.

Uma necessidade operacional é a interpretação do comportamento dos transformadores das subestações de energia, bem como de unidades geradoras instaladas e em funcionamento nas proximidades do ponto do fechamento em anel, dentro das áreas de distribuição e subtransmissão, focando para os pontos de acesso de pequenas e médias unidades de geração distribuída.

## ANEXO A – PROTEÇÃO E CÁLCULO DE CURTO-CIRCUITO

### A1. Dispositivos de Proteção

Os sistemas elétricos possuem sofisticados sistemas de proteção, ajustados para operar e eliminar as faltas no menor tempo possível.

A atuação coordenada dos relés de proteção e disjuntores pode levar à permanência do curto-circuito por alguns ciclos. Além disso, como os sistemas de proteção estão sujeitos a falhas, os equipamentos que compõem a rede devem ser dimensionados para suportar correntes elevadas, até a operação de um dispositivo de proteção de retaguarda.

Nas redes primárias de distribuição, a fim de se obter a necessária confiabilidade para determinada configuração, é necessário alocar e especificar dispositivos que garantam a proteção dos equipamentos, visando à continuidade no fornecimento de energia. Todos os alimentadores de distribuição utilizam sistemas de proteção com relés de sobrecorrente, onde esses dispositivos têm a finalidade de supervisionar as correntes elétricas passantes no disjuntor do alimentador ao qual está supervisionando, como mostra a Figura A.1.

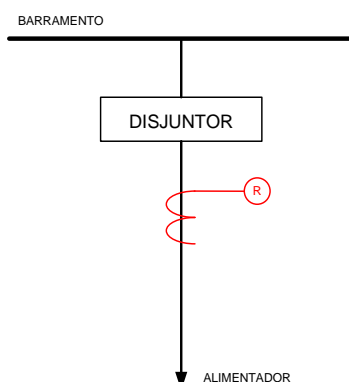


Figura A.1 – Diagrama unifilar simplificado de proteção.

Fonte: (ARAÚJO, CÂNDIDO, et al, 2005)

Caso a corrente supervisionada ultrapasse os valores pré-ajustados, o relé opera e envia comando de desligamento para o disjuntor do respectivo alimentador. Os sistemas de proteção inseridos nos disjuntores dos alimentadores possuem três relés de sobrecorrente, sendo dois relés de fase e um relé de neutro.

O sistema de religamento automático possui um relé dedicado, onde sua finalidade é religar o alimentador nos casos de faltas transitórias, respeitando os ajustes prévios realizados nesse dispositivo.

A Figura A.2 mostra o diagrama trifilar de proteção para circuitos trifásicos, onde, por simplicidade e economia, são instalados dois relés de fase e um relé de neutro.

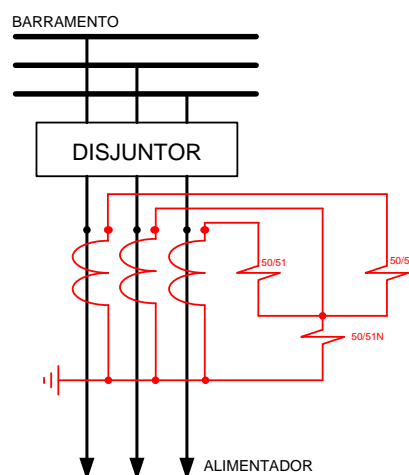


Figura A.2 – Diagrama trifilar simplificado de proteção.

Fonte: (ARAÚJO, et al, 2005)

Um dos relés eletromecânicos muito utilizados por concessionárias é o sobrecorrente CDG-23, que atualmente está sendo substituído por relés eletrônicos microprocessados. A AES Eletropaulo realiza um plano de digitalização para os dispositivos de proteção dos alimentadores, visando à substituição de todos os relés CGD-23, da GE, pelos relés SEL-751A, da Schweitzer.



Segundo (ARAÚJO, et al, 2005), o relé de proteção é um dispositivo utilizado para detectar anormalidades em sistemas elétricos, atuando diretamente sobre equipamentos ou sistemas, retirando-os de operação em caso de faltas, inclusive acionando circuitos de alarmes quando necessário.

O relé também tem a função de permitir a energização de equipamentos ou de sistemas elétricos, onde segundo (ARAÚJO, et al, 2005) esses componentes tem por finalidade:

- Medir grandezas atuantes;
- Comparar valores medidos com os valores ajustados;
- Atuar (ou não) em função dos resultados comparados;
- Acionar a operação de disjuntores ou relés auxiliares, e;
- Sinalizar sua atuação via indicador de operação visual e/ou sonoro.

O relé consiste basicamente do processamento da informação recebida e o chaveamento dos contatos internos.

O elemento de operação recebe a informação de corrente e/ou tensão através dos transformadores de instrumentos (TPs e TCs), compara a grandeza medida com um ajuste pré-estabelecido e transforma o resultado num movimento de contatos, se assim estiver ajustado.

No caso de um equipamento em situação de defeito, os contatos do relé mudam de posição desencadeando o processo para isolação da falta, conseqüentemente, interrompendo o fluxo de corrente em direção ao ponto em falta.

A Figura A.3, que descreve o relé de sobrecorrente eletromecânico CDG, utilizado nos disjuntores de alimentadores de distribuição instalados nas estações transformadoras de distribuição, mostra em detalhes o princípio de funcionamento deste equipamento de proteção.

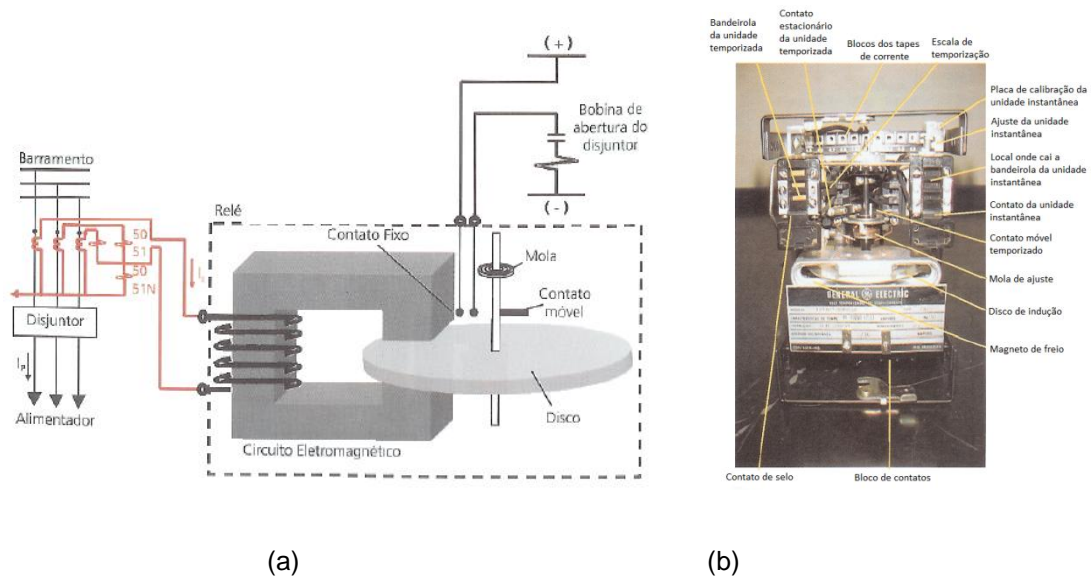


Figura A.3 – Relé de sobrecorrente CDG com disco de indução: a) Esquema de funcionamento; b) Detalhes do relé.

Fonte: (ARAÚJO, et al, 2005)

Dentro da operação do sistema elétrico de potência, assumindo o esquema normal e convencional, os alimentadores aéreos primários de distribuição têm representações práticas de seus esquemas de proteção para todas as condições de operação.

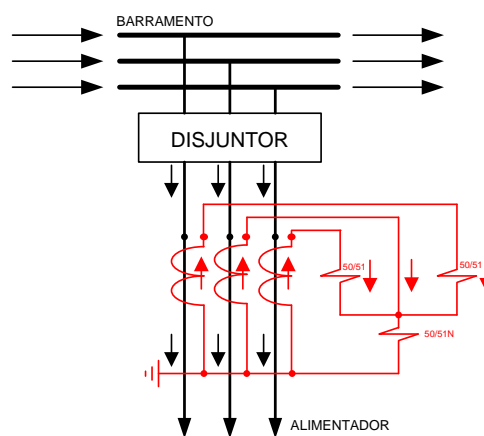
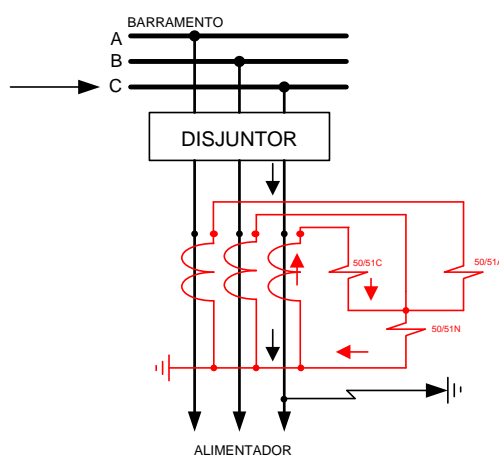


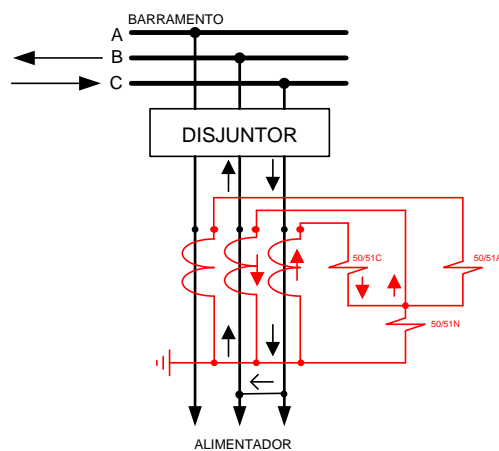
Figura A.4 – Corrente circulando em um alimentador para condição normal de operação.

Fonte: (ARAÚJO, CÂNDIDO, et al, 2005)

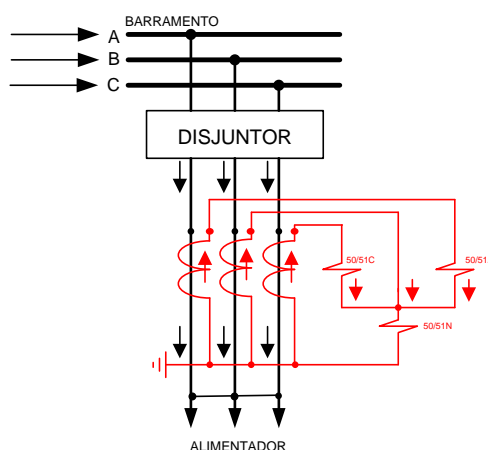
Atualmente, por intermédio dos sistemas supervisórios, é possível obter em tempo real os elementos do relé que atuam no momento da falta na rede de distribuição, oferecendo maior agilidade na análise, maior assertividade nas decisões, bem como obter menor tempo de interrupção das cargas envolvidas. Além da condição normal de operação, apresentada anteriormente, são encontradas outras possibilidades de defeitos que ocorrem na rede aérea de distribuição, como mostra a Figura A.5.



(a)



(b)



(c)

Figura A.5 – Tipos de faltas encontradas na rede: a) curto-circuito monofásico, fase-terra; b) curto-circuito dupla fase, e; c) curto-circuito trifásico.

Fonte: (ARAÚJO, et al, 2005)

Os equipamentos do sistema elétrico de potência, por suas especificidades, carecem de diferentes tipos de proteções.

As linhas aéreas de subtransmissão, os transformadores de potência, os barramentos das estações e subestações, bem como os alimentadores, são usuários de sistemas de proteção do tipo direcionais, diferenciais, sobrecorrentes, entre outros.

Os ajustes dos dispositivos de proteção dos alimentadores devem ser adequados, a fim de proteger corretamente os equipamentos dentro de sua área de atuação, evitando-se assim que os efeitos da falta propaguem para outros componentes do sistema elétrico de potência.

A Tabela 4.2 oferece dados necessários para a correta parametrização dos dispositivos de proteção dos seguintes equipamentos:

- Disjuntores de alta tensão;

- Barras de 88 kV;
- Transformadores de potência;
- Barras secundárias, e;
- Disjuntores dos alimentadores de distribuição.

Tabela 4.2 – Capacidade de curto-circuito das barras secundárias dos transformadores das ETDs Barueri e Tamboré.

<b>Tabela de curto-circuito das subestações</b>													
<b>ETD</b>	<b>TR</b>	<b>Barra</b>	<b>Potência (MVA)</b>	<b>Z (sist.)</b>	<b>Z (TR)</b>	<b>Z barra (total)</b>	<b>PCC3F (MVA) Pot-alta</b>	<b>Z1 (%)</b>	<b>Z0 (%)</b>	<b>Z1</b>	<b>Z0</b>	<b>V (KV) AT</b>	<b>V (KV) BT</b>
BRU	1	1 e 6	40,00	0,23	1,20	1,43	835,2	25,15	23,89	1,43	2,28	88,00	13,80
BRU	2	2 e 3	40,00	0,23	1,20	1,43	835,2	25,15	23,89	1,43	2,28	88,00	13,80
BRU	3	4 e 5	40,00	0,23	1,20	1,43	835,2	25,15	23,89	1,43	2,28	88,00	13,80
TAM	1	1	60,00	0,19	1,34	1,54	976,8	42,23	40,12	1,54	3,82	88,00	13,80
TAM	1	3	60,00	0,19	1,34	1,54	976,8	42,23	40,12	1,54	3,82	88,00	13,80
TAM	2	2	60,00	0,19	1,34	1,53	976,8	42,20	40,09	1,53	3,82	88,00	13,80
TAM	2	4	60,00	0,19	1,34	1,53	976,8	42,20	40,09	1,53	3,82	88,00	13,80
<b>ETD</b>	<b>TR</b>	<b>Barra</b>	<b>Z<sup>DEF</sup> (OHM)</b>	<b>ICC3F (A)</b>	<b>ICC2F (A)</b>	<b>ICCFT MÁX (A)</b>	<b>ICCFT MIN (A)</b>	<b>R1 (OHM)</b>	<b>X1 (OHM)</b>	<b>X1/R1</b>	<b>RO (OHM)</b>	<b>XO (OHM)</b>	<b>Fator K (XO/RO)</b>
BRU	1	1 e 6	40,00	5589,58	4840,72	4663,08	191,03	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
BRU	2	2 e 3	40,00	5589,58	4840,72	4663,08	191,03	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
BRU	3	4 e 5	40,00	5589,58	4840,72	4663,08	191,03	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
TAM	1	1	40,00	5189,35	4494,11	3468,74	188,37	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
TAM	1	3	40,00	5189,35	4494,11	3468,74	188,37	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
TAM	2	2	40,00	5192,57	4496,90	3471,07	188,38	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33
TAM	2	4	40,00	5192,57	4496,90	3471,07	188,38	16,35	84,74	5,18	80,86	322,07	4,33

## A2. Cálculo de Curto-Circuito para os Alimentadores BRU-109 e TAM-114

Este tópico apresenta os valores das correntes de curto-circuito para os alimentadores aéreos primários de distribuição BRU-109 e TAM-114.

O aplicativo utilizado para calcular as correntes trifásicas, na saída dos alimentadores, bem como as correntes fase-terra, no ponto mais distante da estação transformadora de distribuição, foi o Sinap T&D, utilizado pela AES Eletropaulo para análises pré e pós-operação.

A base de dados do GIS (Geographic Information Systems) é utilizada pelo aplicativo Sinap para o modelamento dos alimentadores de distribuição, gerando as condições necessárias para obtenção dos valores das correntes de falta.

Inicialmente, as figuras seguintes apontam os valores das correntes de curto, simuladas, para o alimentador BRU-109.

A Figura A.6 mostra as correntes de curto-circuito trifásico para o alimentador BRU-109. O local escolhido para a simulação da falta foi a saída do alimentador, próximo à estação transformadora distribuição, visando obter a condição mais severa de curto-circuito.

As simulações das faltas no aplicativo Sinap foram realizadas com os alimentadores na condição de operação radial.

A figura também mostra os ângulos entre as fases em falta. Essa condição de falta reflete a maior intensidade de curto-circuito que esse alimentador é submetido, onde o módulo da corrente trifásica de curto-circuito atingiu aproximadamente 5,2 kA.

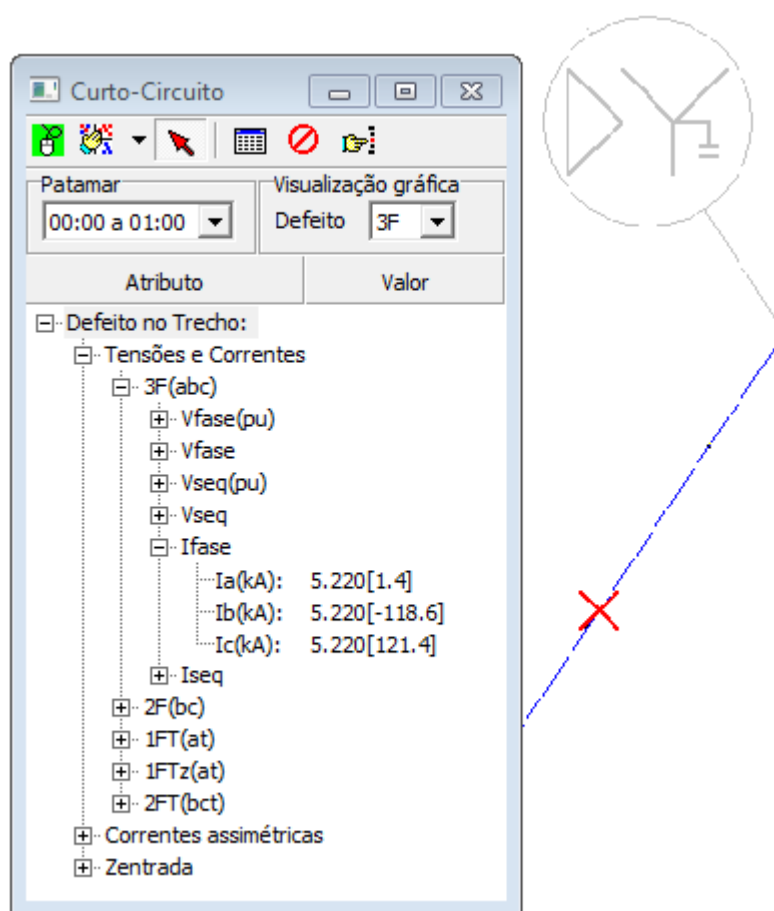


Figura A.6 – Amplitudes e ângulos das correntes de curto-circuito trifásico para o alimentador BRU-109 próximo à ETD Barueri.

Outro ponto de interesse é o valor da corrente de menor severidade, ou a corrente de curto fase-terra no ponto mais distante da estação transformadora de distribuição. Este valor é considerado como um grande problema quando o assunto é a parametrização dos dispositivos de proteção dos alimentadores.

A Figura A.7 apresenta os valores das correntes de curto-circuito fase-terra simulada no ponto mais distante da estação transformadora de distribuição Barueri. Essa situação reflete a condição de falta de menor intensidade registrada pelo alimentador, onde o módulo da corrente obtido foi de apenas 182,6 A.

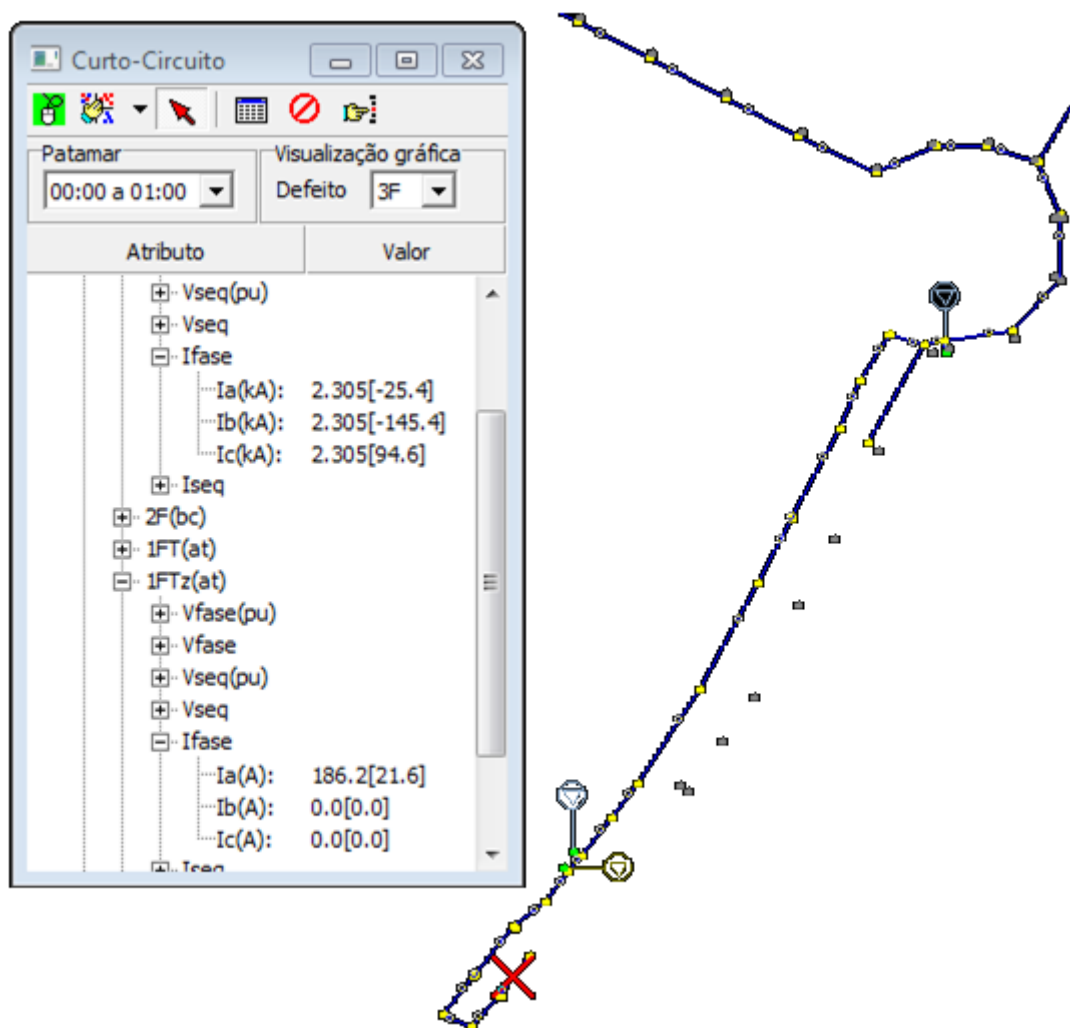


Figura A.7 – Amplitudes e ângulos das correntes de curto-circuito fase-terra para o alimentador BRU-109 no ponto mais distante da ETD Barueri.

Semelhantemente às simulações realizadas anteriormente, as figuras seguintes apresentam as condições de curto-circuito para o alimentador TAM-114, seguindo o mesmo formato dos dados apresentados para o alimentador BRU-109.

A Figura A.8 apresenta as correntes de curto-circuito trifásico e seus respectivos ângulos para o alimentador TAM-114. Em função de se obter o maior valor dessa corrente, o local selecionado para a simulação está próximo à estação transformadora de distribuição. Para o alimentador TAM-114, a corrente trifásica foi de aproximadamente 4,8 kA.



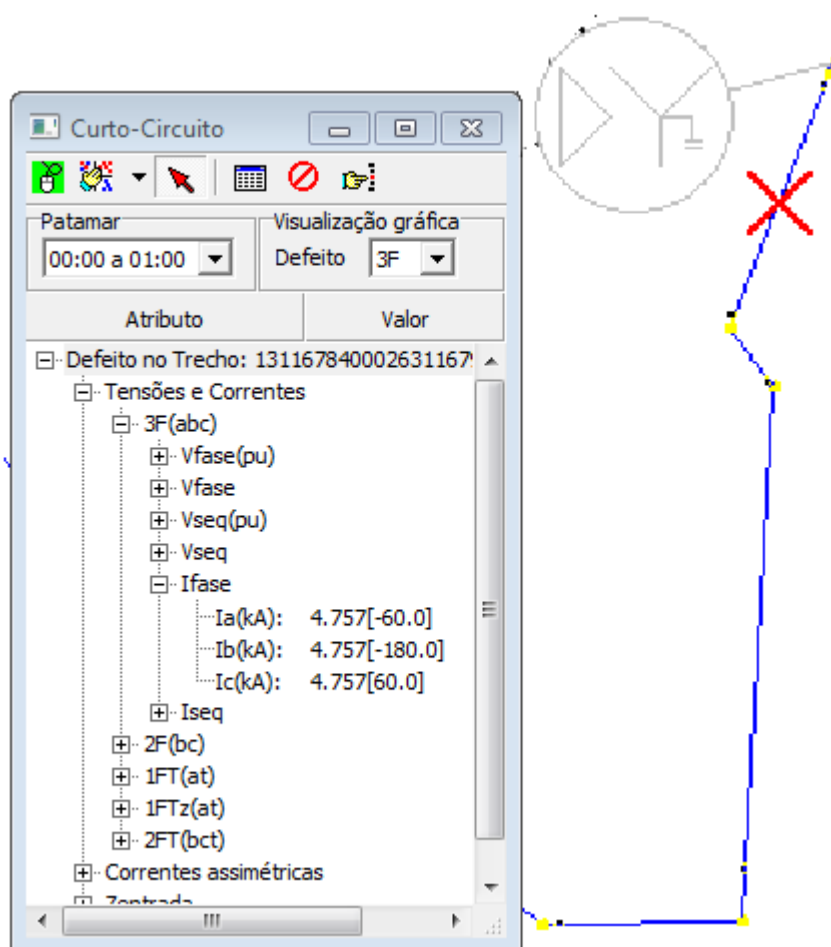


Figura A.8 – Amplitudes e ângulos das correntes de curto-circuito trifásico para o alimentador TAM-114 próximo à ETD Tamboré.

Finalmente, a Figura A.9 apresenta os valores das correntes de curto-circuito fase-terra para o alimentador TAM-114, simulada no ponto mais distante da estação transformadora de distribuição Tamboré.

Como o objetivo é obter a corrente de curto de menor intensidade, o local escolhido para a simulação foi o mais distante possível da estação transformadora de distribuição, admitindo-se a utilização das maiores impedâncias no modelamento. A corrente de curto fase-terra, obtida na simulação de falta, foi de aproximadamente 1,9 kA.

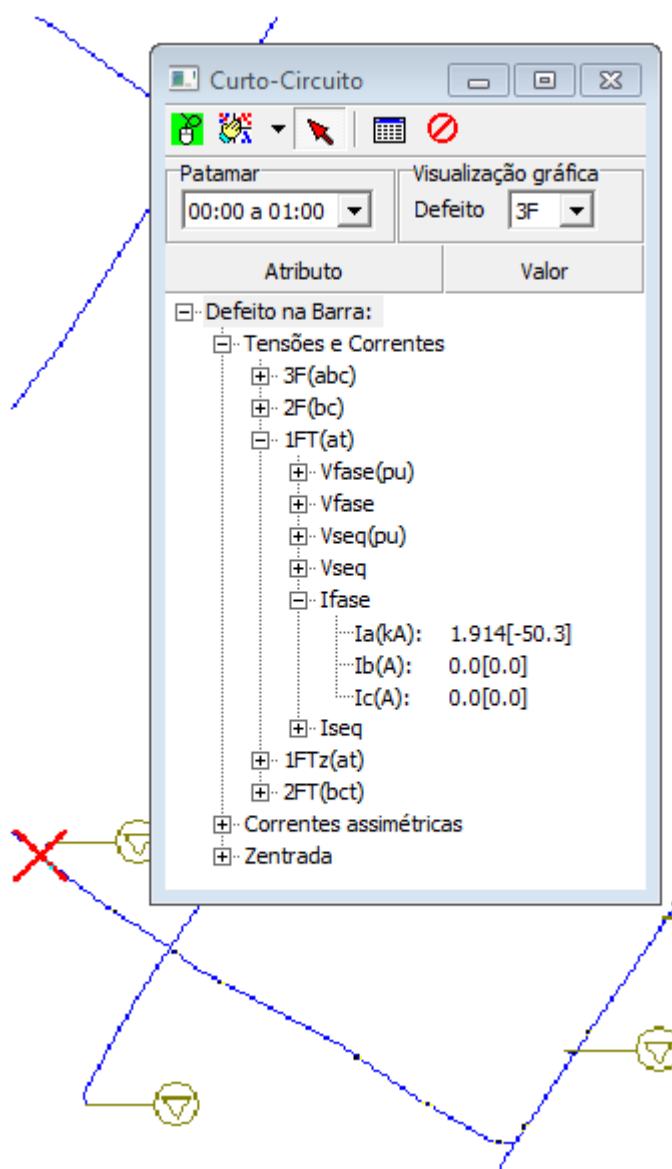


Figura A.9 – Amplitudes e ângulos das correntes de curto-circuito fase-terra para o alimentador TAM-114 no ponto mais distante da ETD Tamboré.

## **ANEXO B – CARREGAMENTO DAS SUBESTAÇÕES EDGARD DE SOUZA E ANHANGUERA**

Este anexo tem o objetivo de apresentar os carregamentos dos bancos de transformadores das subestações Edgard de Souza e Anhanguera (de responsabilidade operativa da companhia de transmissão ISA CTEEP), onde estão conectadas cargas da AES Eletropaulo.

As figuras seguintes mostram, de forma gráfica, as tendências dos carregamentos das subestações envolvidas nas manobras de fechamento em anel.

Para a composição desse cenário foi considerada a base total de dados dos carregamentos referente ao mês de julho de 2011, período este onde está inserida a data da realização das manobras de fechamento em anel, 13 de julho de 2011.

É notável nos gráficos das demandas das subestações de energia que as grandezas elétricas têm comportamentos estáveis no período supracitado, fazendo com que a conclusão seja coincidente com a descrita no tópico 4, onde foi informado que a transferência de blocos de carga entre alimentadores aéreos primários de distribuição pouco reflete no secundário dos bancos de transformadores das subestações de energia, essas inseridas dentro do cenário da transmissão de energia.

### **B1. Subestação Edgard de Souza**

A Figura B.10 descreve o comportamento da demanda dos bancos de transformadores da subestação de energia Edgard de Souza. A linha tracejada em azul aponta a demanda máxima contratada pela AES Eletropaulo, nesse caso 500 MW, valor esse firmado junto à Câmara de Comercialização de Energia.

As barras na cor vermelha apontam os montantes da demanda atingidos no período de carga leve e média. Já as barras na cor verde apontam as demandas máximas atingidas no período de carga pesada, normalmente entre 18h30min e 21h30min.

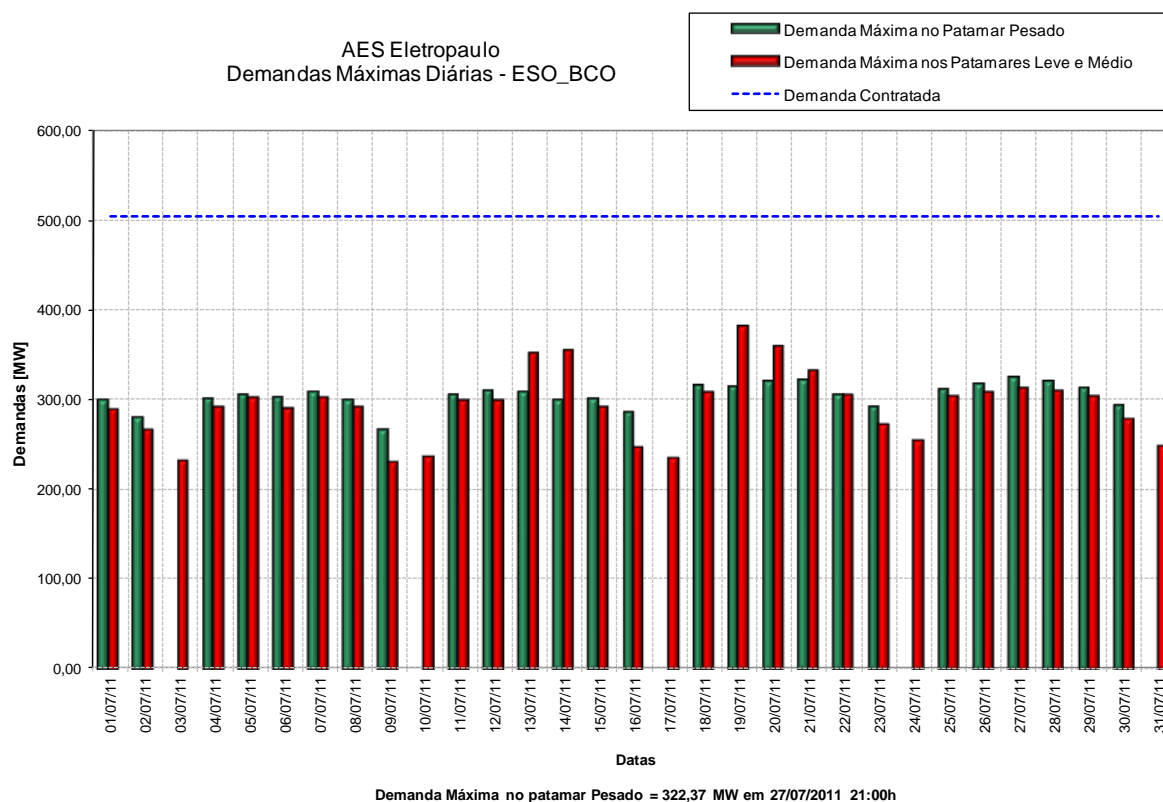


Figura B.10 – Demandas máximas diárias da S/E Edgard de Souza, período julho/2011 – Patamares de cargas leve/média e pesada.

A Figura B.11, seguinte, descreve a tendência assumida pela demanda dos bancos de transformadores da subestação de energia Edgard de Souza no mês de julho de 2011, contemplando dias de semana, sábados e domingos.

A composição do gráfico seguinte se deu através de dados aquisitados pelos instrumentos de medição de fronteira, utilizados para contabilizar a energia contratada no ponto de conexão entre a transmissora ISA CTEEP e a distribuidora AES Eletropaulo.

A energia fornecida pela transmissora à concessionária de distribuição é firmada via contrato com a anuência da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

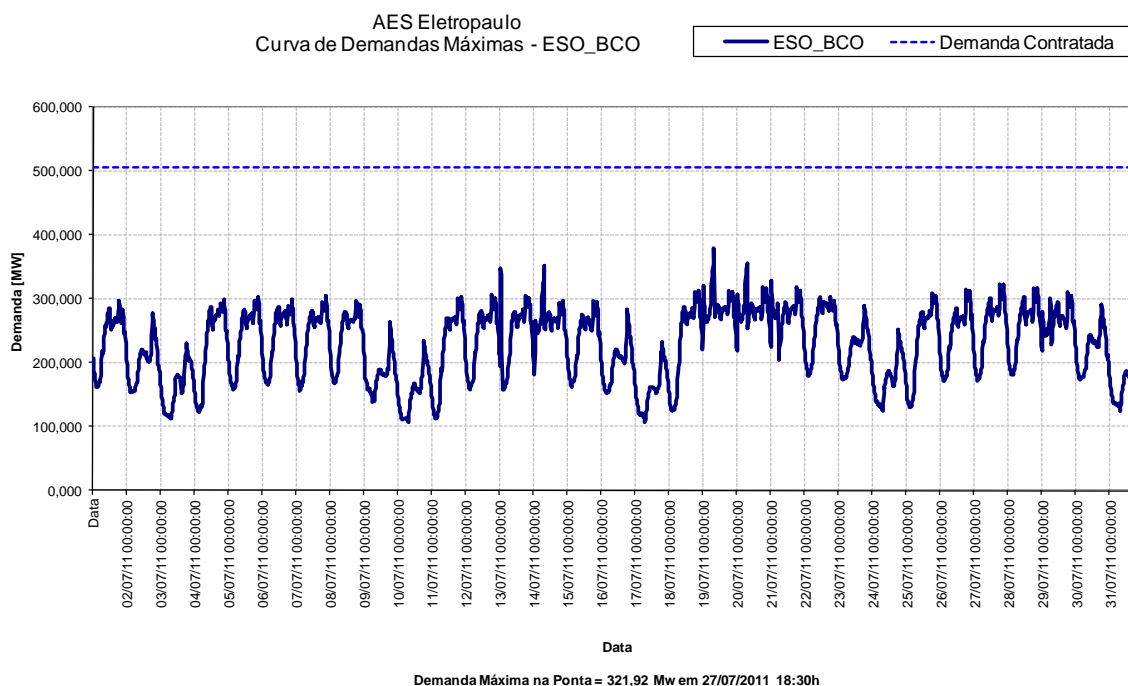


Figura B.11 – Demandas máximas da S/E Edgard de Souza para o mês de julho de 2011.

A Figura B.12, apresenta as curvas diárias da demanda dos bancos de transformadores da subestação Edgard de Souza. Em determinados dias e horários é possível notar algumas curvas deslocadas das demais, com suas tendências sendo modificadas bruscamente.

Esse fato está relacionado às transferências de cargas entre linhas de subtransmissão, onde são realizadas manobras programadas em atendimento aos serviços de manutenção no sistema de potência da AES Eletropaulo.

As transferências das cargas na subtransmissão refletem diretamente nos secundários dos bancos de transformadores das subestações de energia, onde os agentes responsáveis, tanto na área de distribuição, como na área de transmissão, passam a acompanhar, em tempo real, as cargas de todos os equipamentos envolvidos nas manobras.

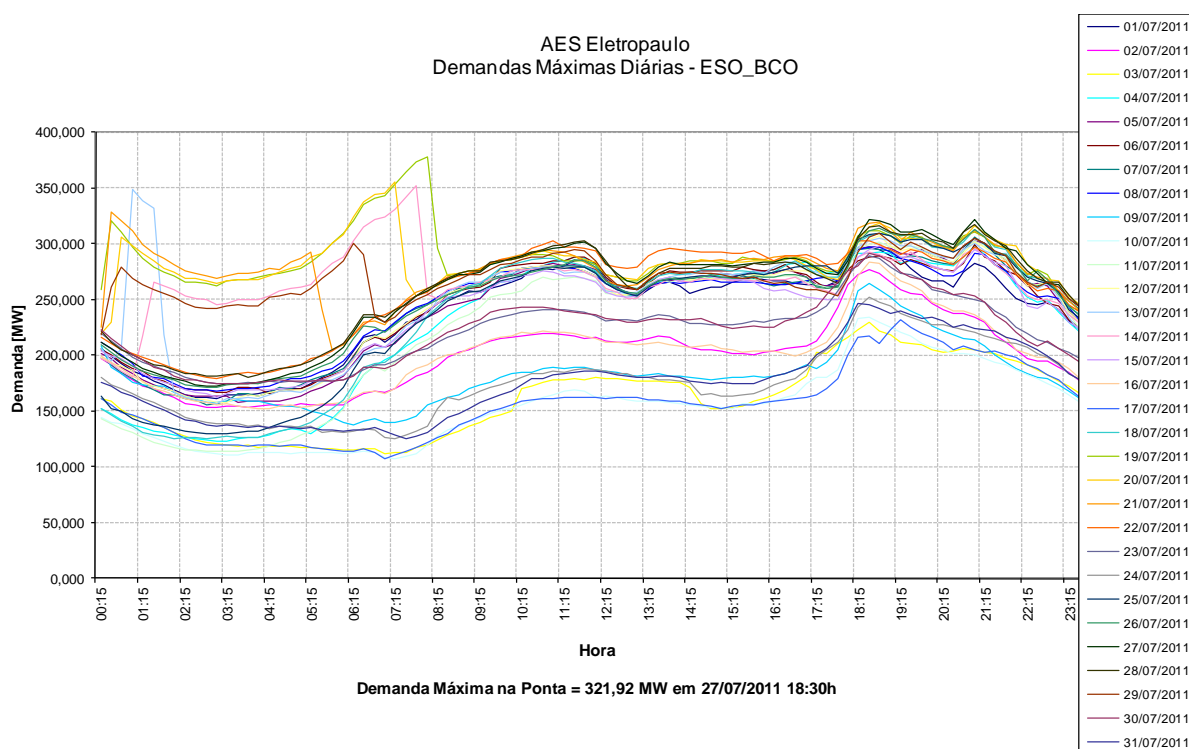


Figura B.12 – Curvas diárias das demandas da S/E Edgard de Souza para o mês de julho de 2011.

Outro ponto que deve ser considerado e observado é o dia da semana relacionado com a curva da demanda dos transformadores. É sabido que as cargas, aos finais de semana, assumem patamares inferiores aos demais dias, além do que as segundas e sextas-feiras, há uma tendência da carga do sistema assumir valores levemente inferiores aos outros três dias úteis.

## B2. Subestação Anhanguera

A Figura B.13 descreve o comportamento da demanda dos bancos de transformadores da subestação de energia Anhanguera. Semelhantemente ao citado no tópico anterior para a subestação Edgard de Souza, a linha tracejada em azul aponta a demanda máxima contratada pela AES Eletropaulo, nesse caso 600 MW.

As barras na cor vermelha apontam os montantes da demanda atingidos no período de carga leve e média. Já as barras na cor verde apontam as demandas máximas atingidas no período de carga pesada que, conforme determinado pela própria característica e hábito de uso da energia pelos consumidores, como por determinação dos órgãos reguladores, compreende o horário entre 18h30min e 21h30min.

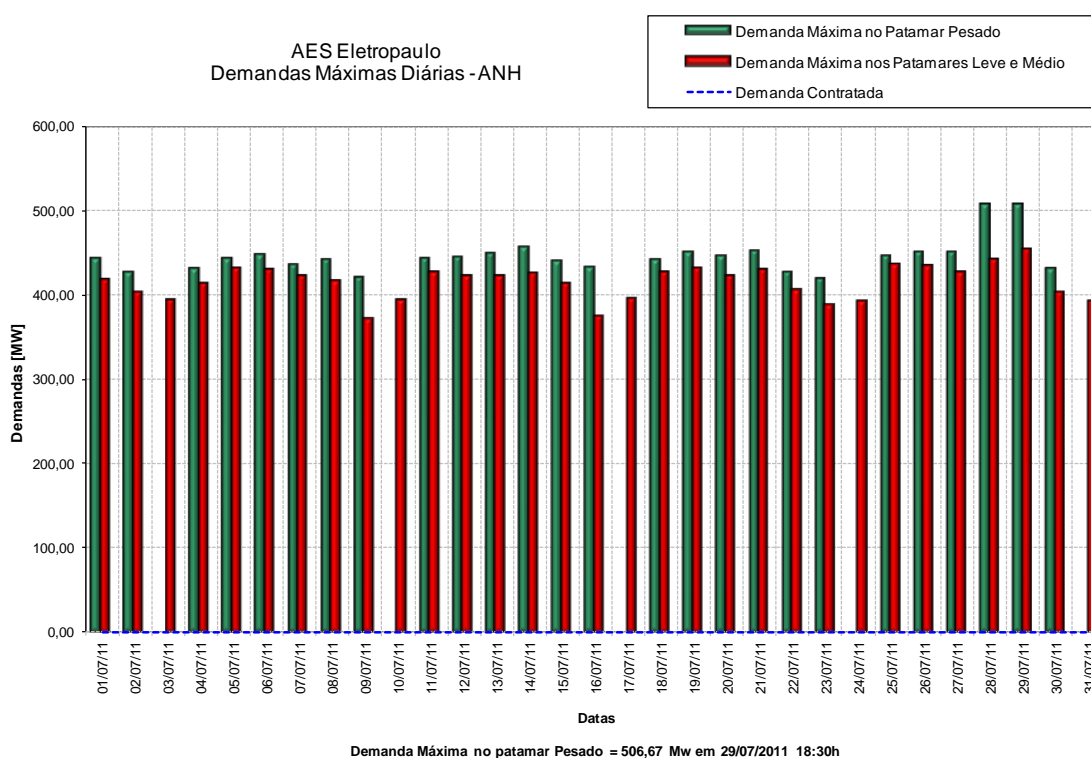


Figura B.13 – Demandas máximas diárias da S/E Anhanguera para o mês de julho de 2011 – Patamares de cargas leve/média e pesada.

A Figura B.14 descreve a tendência assumida pela demanda dos bancos de transformadores da subestação de energia Anhanguera no mês de julho de 2011, contemplando dias de semana, sábados e domingos.

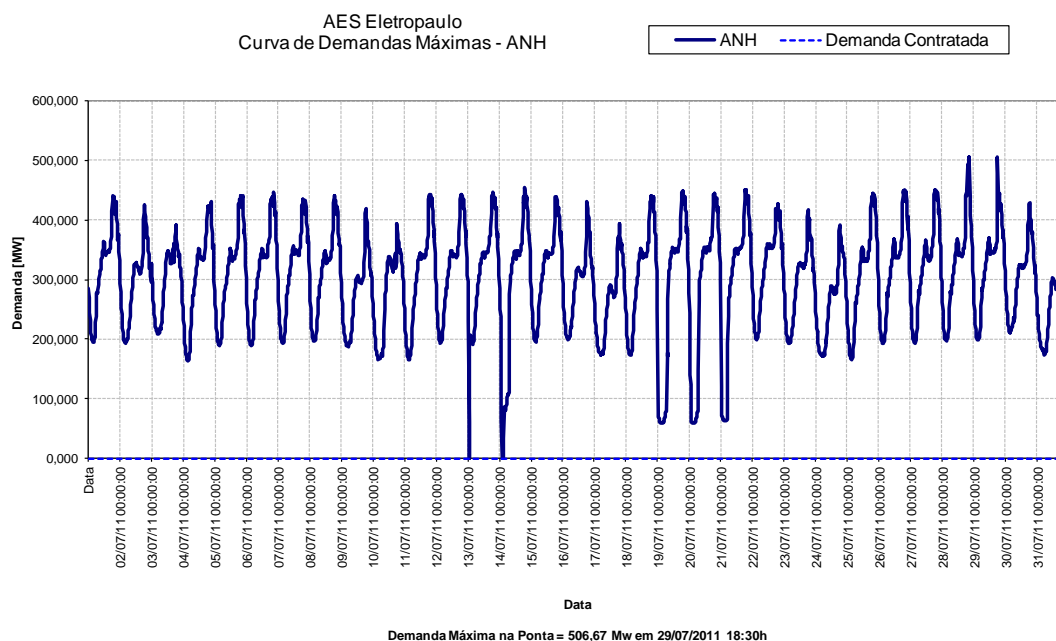


Figura B.14 – Demandas máximas da S/E Anhanguera para o mês de julho de 2011.

A Figura B.15 apresenta as curvas diárias da demanda dos bancos de transformadores da subestação Anhanguera.

Como citado no caso da subestação Edgard de Souza, em determinados dias e horários é possível notar algumas curvas das demandas deslocadas das demais, com suas tendências sendo modificadas bruscamente em função de manobras realizadas no sistema de potência da AES Eletropaulo, realizadas atendendo solicitações de serviços internos, solicitações externas ou condições emergenciais de operação.

Esse fato está relacionado às transferências de cargas entre linhas de subtransmissão, onde são realizadas manobras programadas em atendimento aos serviços de manutenção no sistema de potência dessa distribuidora de energia, solicitações por parte do Operador Nacional do Sistema, em atendimento à contingências no sistema de transmissão, além de situações emergências como por exemplo a escalada de torres por suicidas.



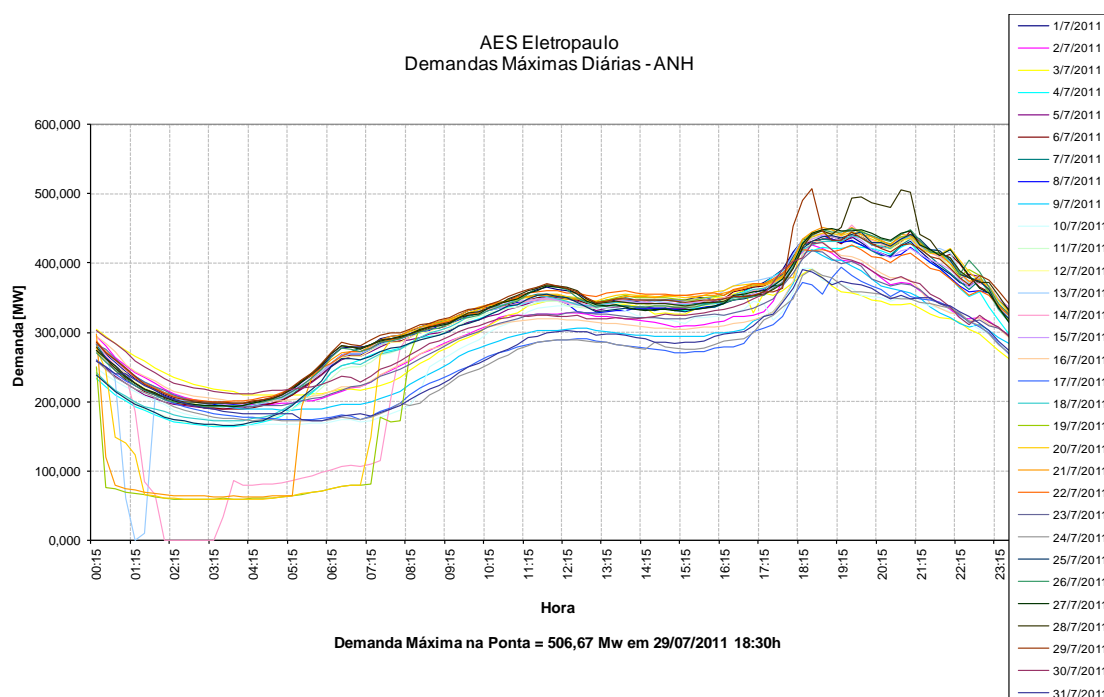


Figura B.15 – Curvas diárias das demandas da S/E Anhanguera para o me de julho de 2011.

A fim de facilitar a interpretação dos carregamentos assumidos pelos bancos de transformadores das subestações de energia Edgard de Souza e Anhanguera, na data da realização das manobras, foram inseridas neste trabalho as Figura B.16 e Figura B.17, que apontam as cargas que os equipamentos foram submetidos no período entre 09h00min e 14h00min.

É notável a pequena variação nos carregamentos dos bancos de transformadores das duas subestações no período das manobras, porém os carregamentos não variaram linearmente. Este efeito pôde ser verificado mas, em função das diferenças nos registros dos horários das cargas dos bancos de transformadores nas subestações de energia, com os registros dos horários das manobras nas estações transformadoras de distribuição, não foi possível apontar o sincronismo entre as figuras do montante de carga transferida.

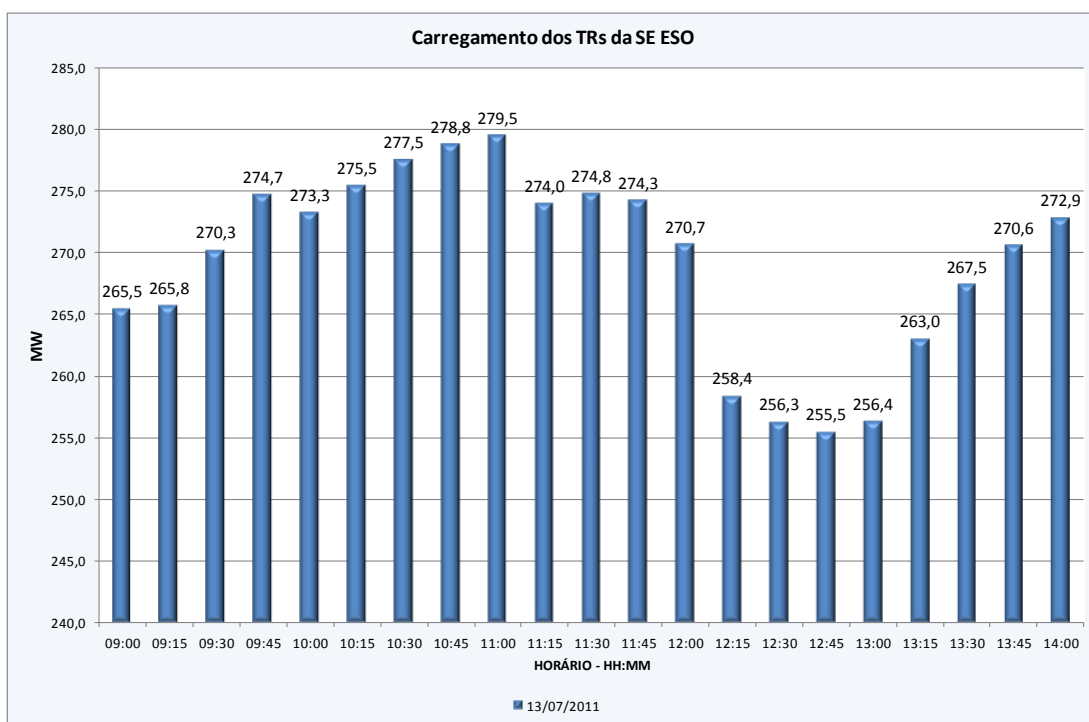


Figura B.16 – Carregamentos dos bancos de transformadores da S/E Edgard de Souza em 13/07/2011.

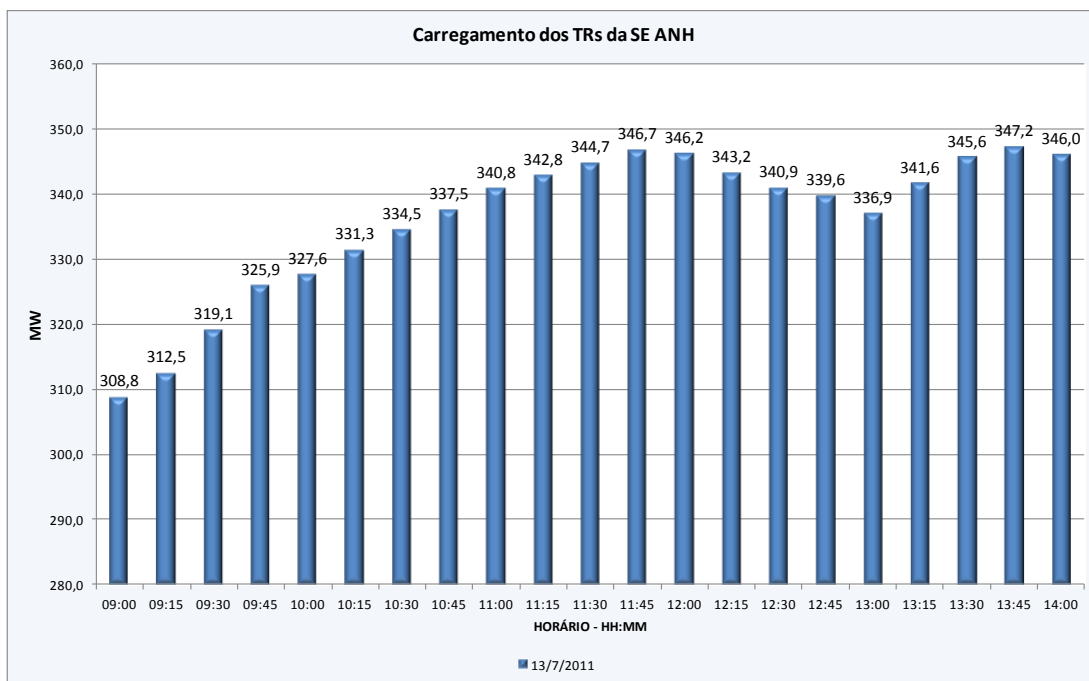


Figura B.17 – Carregamentos dos bancos de transformadores da S/E Anhanguera em 13/07/2011.

## ANEXO C – EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS DA REDE AÉREA PRIMÁRIA

### C1. Postes

Os postes podem comumente ser classificados de acordo com suas características construtivas, sendo diferenciadas por duas categorias: altura e capacidade máxima de esforço horizontal.

Na rede de distribuição é possível encontrar postes de madeira e concreto, sendo este último o mais utilizado.

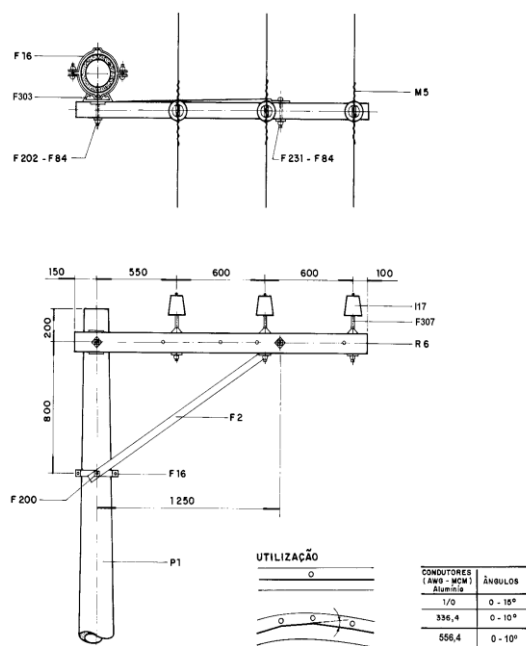


Figura C.18 – Estrutura básica classe 15 kV.

Fonte: AES Eletropaulo

Tabela C.3 – Capacidade dos postes em função das alturas: a) Postes de concreto; b) Postes de madeira; c) Postes especiais.

(a)

<i>Postes de concreto</i>	
<i>Altura (m)</i>	<i>Capacidade (daN)</i>
10,5	300/400
	600
	1000
12	30/400
	600
	1000

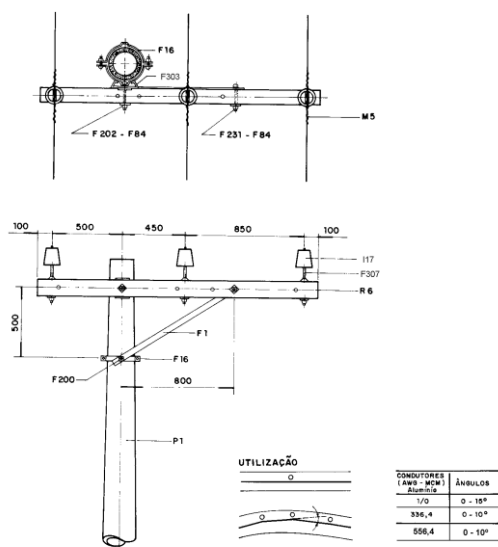
(b)

<i>Postes de Madeira</i>	
<i>Altura (m)</i>	<i>Capacidade (daN)</i>
10	300
	600
12	300
	600
13	300
	600

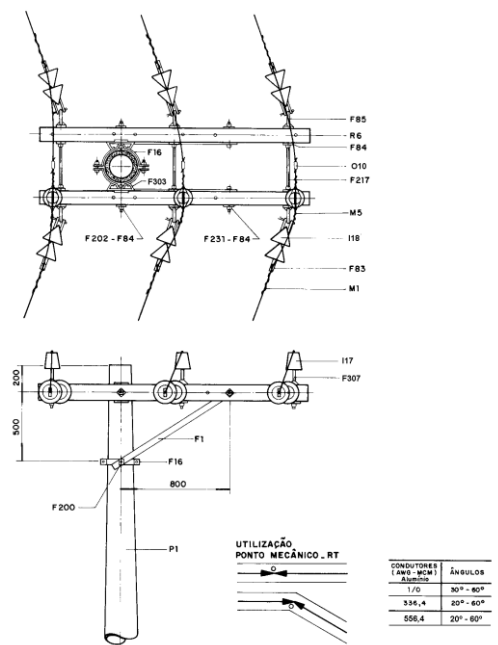
(c)

<i>Postes Especiais</i>	
<i>Altura (m)</i>	<i>Capacidade (daN)</i>
10,5	1500
	1800
12	30/400
	600
	1000
14	1000
	1500
	2000
20	1500
	2500

## C2. Estruturas Básicas Classe 15 kV – Rede Convencional



(a)



(b)

Figura C.19 – Estrutura básica classe 15 kV: a) Estrutura M1; b) Estrutura M4.

Fonte: AES Eletropaulo

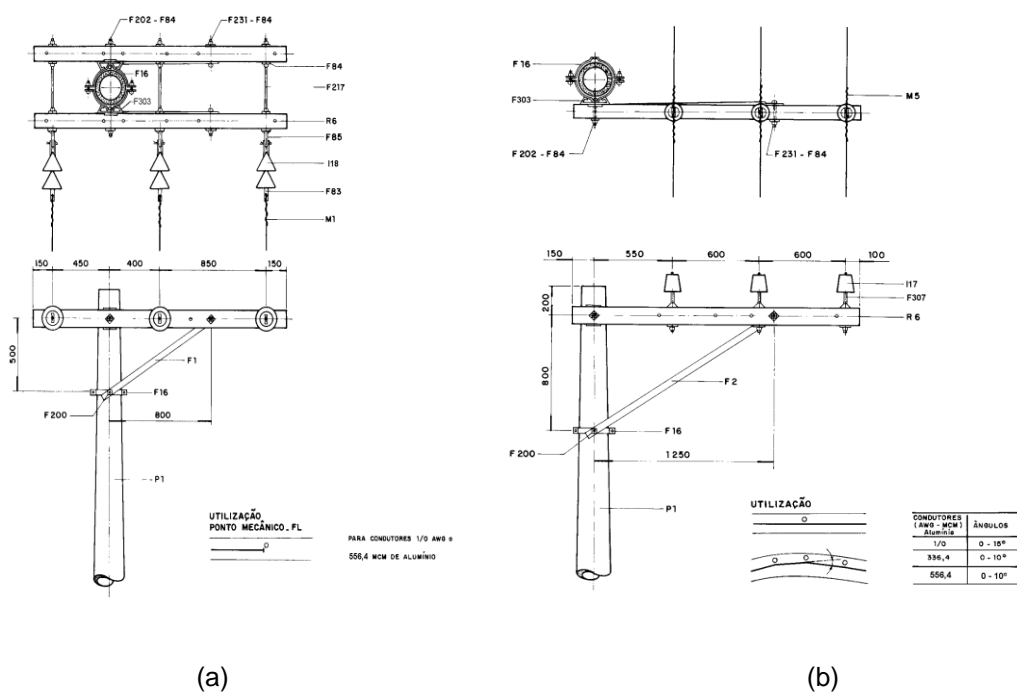


Figura C.20 – Estrutura básica classe 15 kV: a) Estrutura M3; b) Estrutura B1.

Fonte: AES Eletropaulo

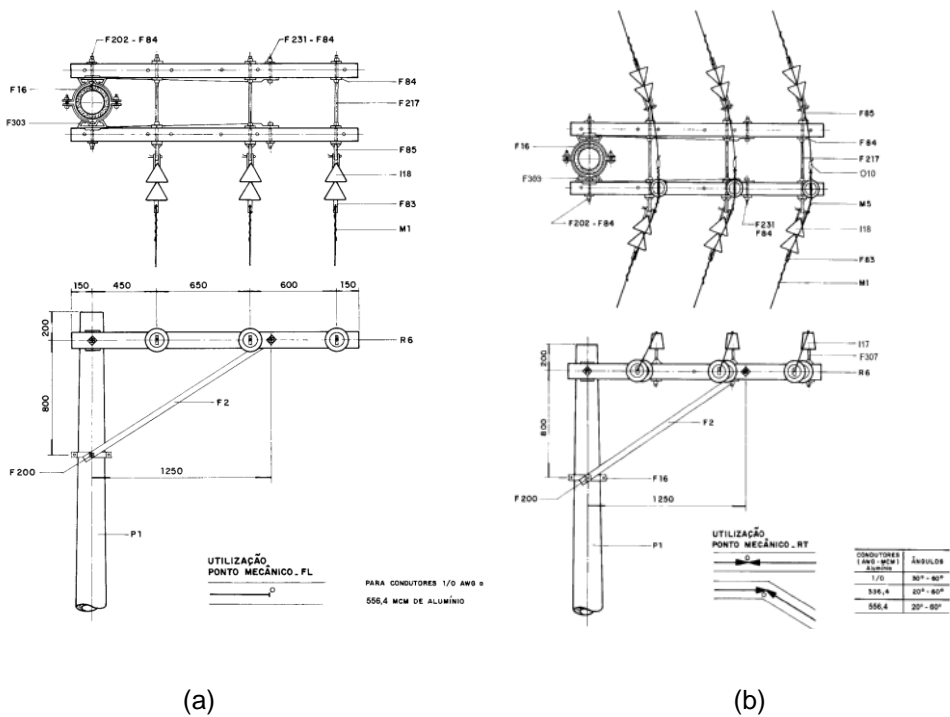


Figura C.21 – Estrutura básica classe 15 kV: a) Estrutura B3; b) Estrutura B4.

Fonte: AES Eletropaulo

### C3. Rede Compacta

As redes compactas de distribuição devem ser instaladas em regiões arborizadas e em locais onde a rede convencional apresentar valores de DEC e FEC elevados.

A utilização deste padrão de estrutura proporciona os seguintes benefícios:

- Configuração da rede mais compacta em relação à rede convencional, permitindo mais de um circuito na mesma posteação;
- Concepção da rede sem utilização de cruzeta de madeira e conseqüente redução do impacto ambiental;
- Uniformização de procedimentos técnicos, de engenharia, de operação, manutenção, etc;
- Melhoria no visual da rede.

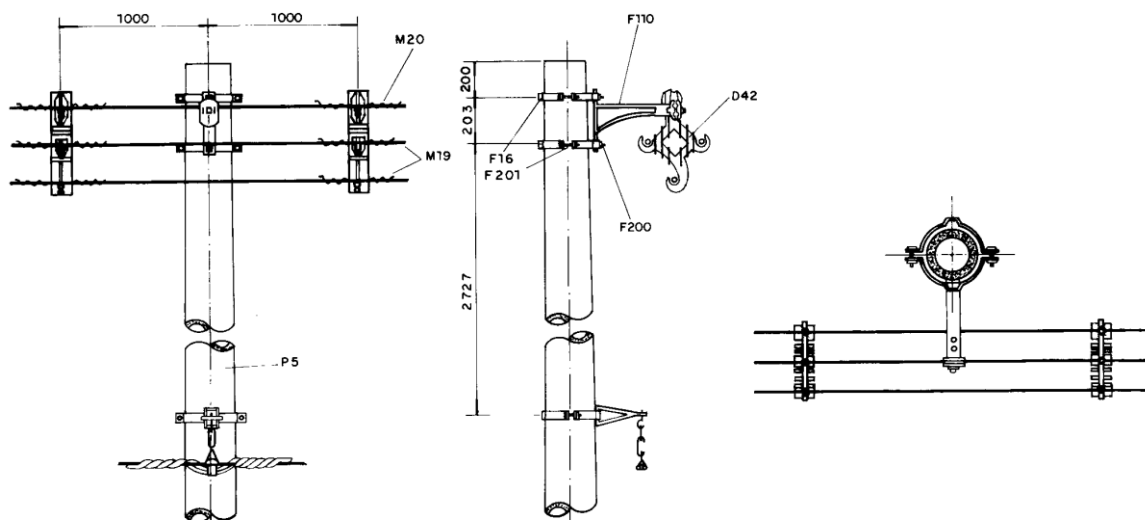


Figura C.22 – Estrutura classe 15 kV tipo RC1.

Fonte: AES Eletropaulo

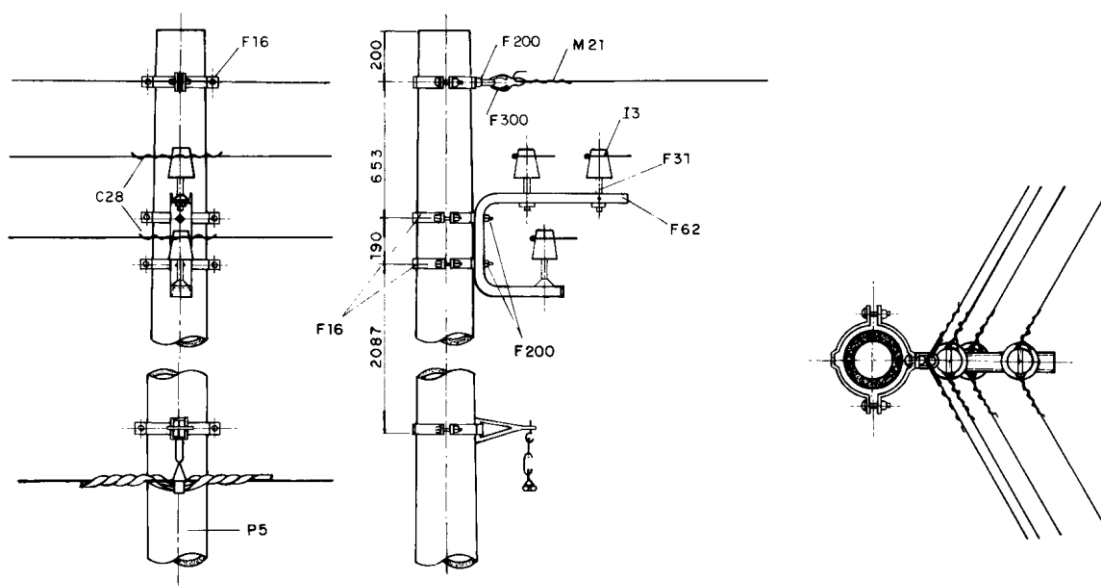


Figura C.23 – Estrutura classe 15 kV tipo RC2.

Fonte: AES Eletropaulo

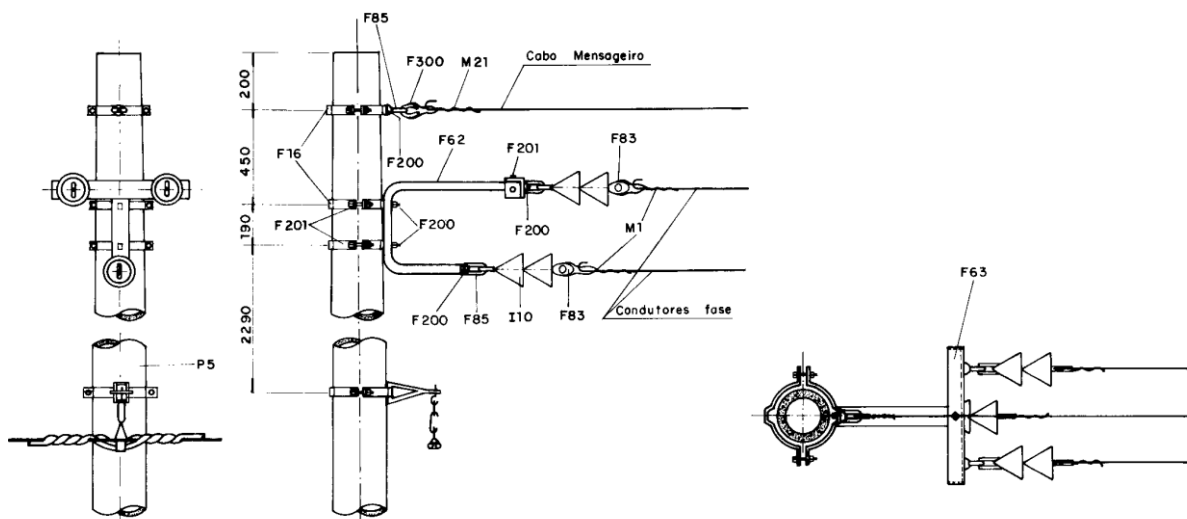


Figura C.24 – Estrutura classe 15 kV tipo RC3.

Fonte: AES Eletropaulo



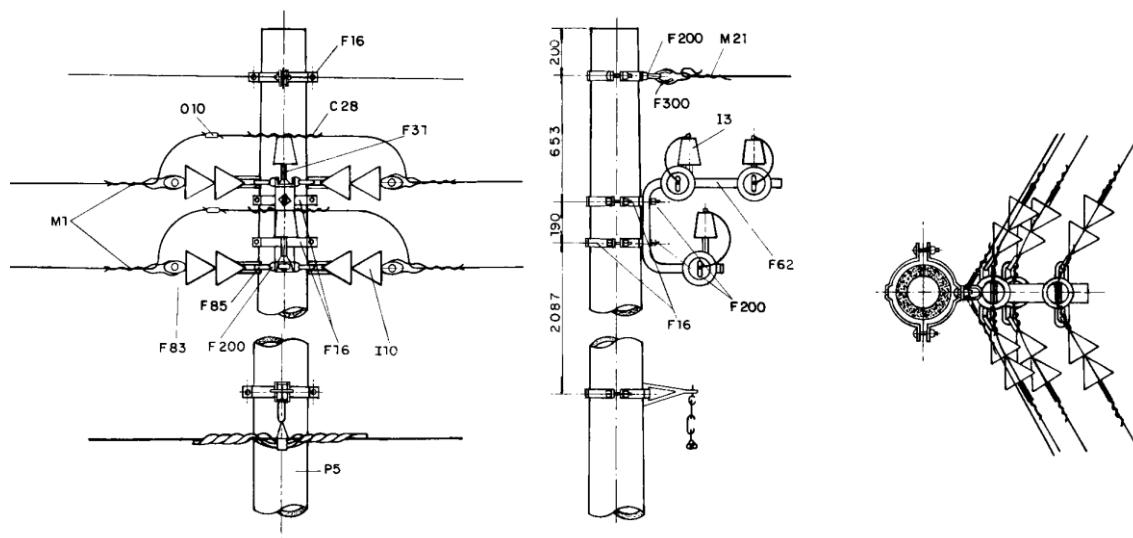


Figura C.25 – Estrutura classe 15 kV tipo RC4.

Fonte: AES Eletropaulo

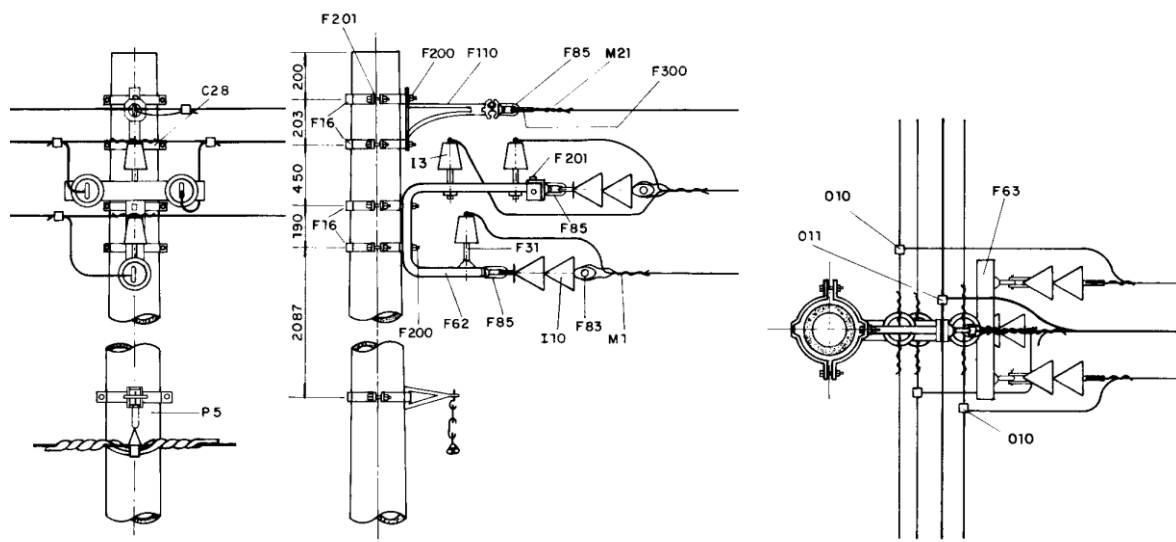


Figura C.26 – Estrutura classe 15 kV tipo RC5.

Fonte: AES Eletropaulo

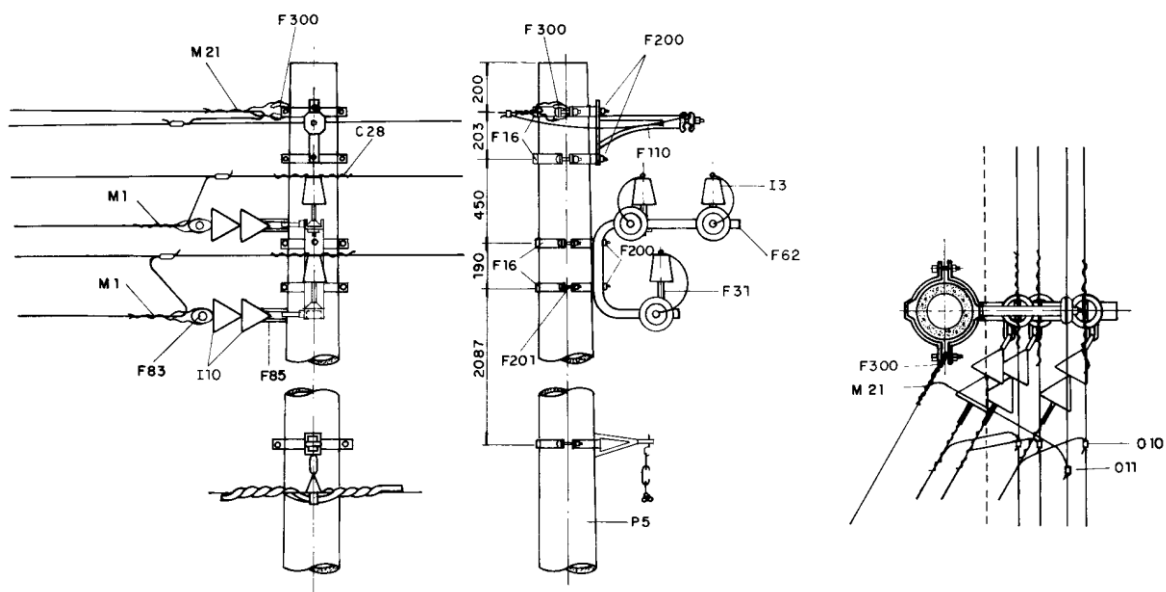


Figura C.27 – Estrutura classe 15 kV tipo RC6.

Fonte: AES Eletropaulo

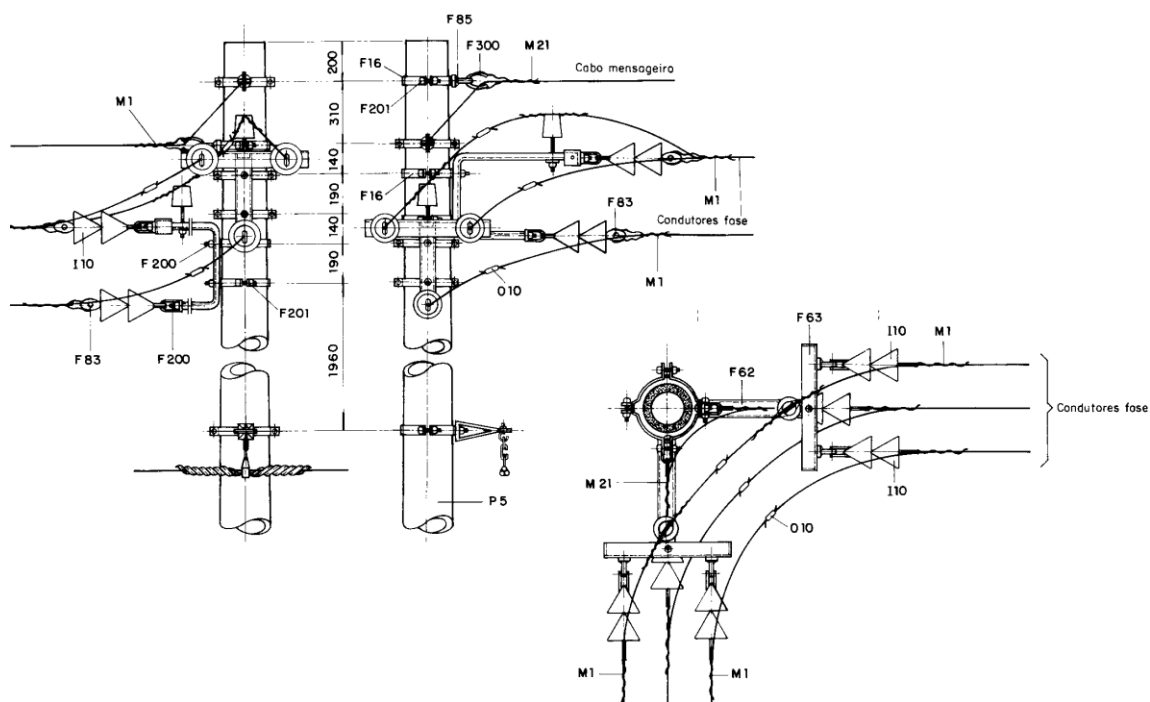


Figura C.28 – Estrutura classe 15 kV tipo RC3 Dupla

Fonte: AES Eletropaulo

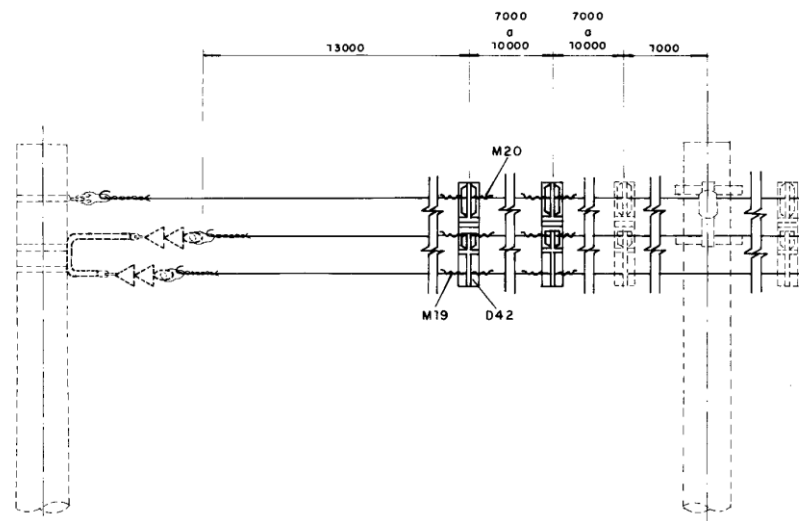


Figura C.29 – Estrutura classe 15 kV tipo RCEL

Fonte: AES Eletropaulo

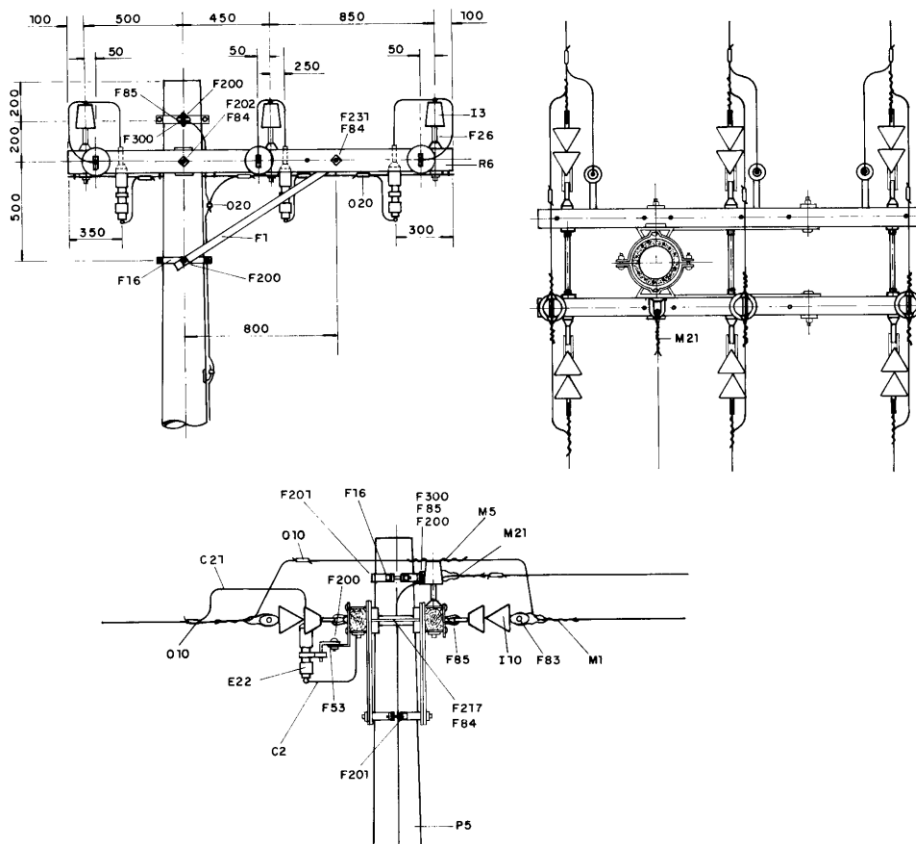


Figura C.30 – Estrutura classe 15 kV tipo RCT

Fonte: AES Eletropaulo

## C4. Rede com Cabos Pré-Reunidos

As redes de distribuição aérea com cabos pré-reunidos devem ser instaladas como alternativa econômica à utilização de cabos subterrâneos nos seguintes casos:

- Saídas de subestações, para evitar congestionamento de estruturas com circuitos aéreos convencionais;
- Travessias sob viadutos e linhas de transmissão;
- Travessias sobre rios, através de pontes, como alternativa técnica em relação ao circuito aéreo convencional com estruturas especiais.

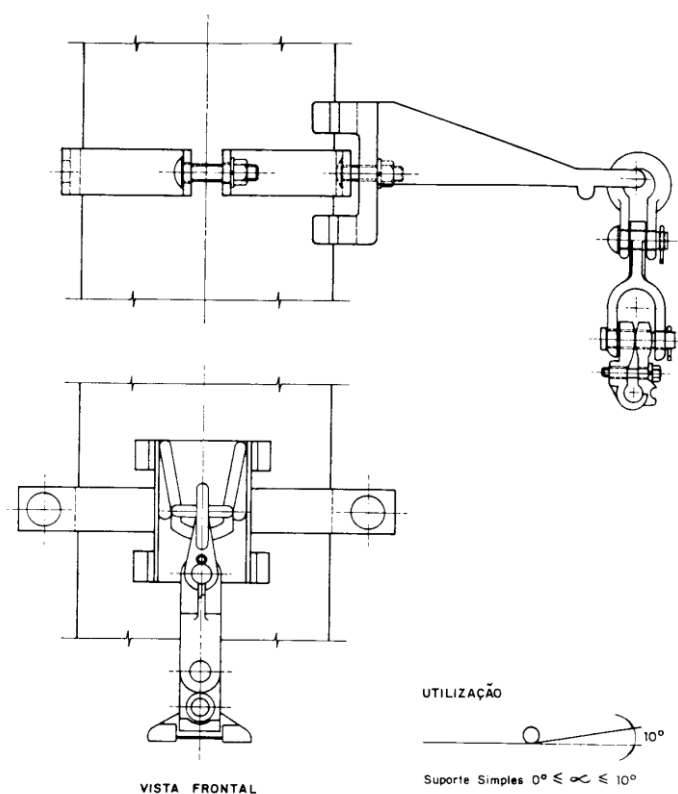


Figura C.31 – Estrutura classe 15 kV – Suporte simples PRE1

Fonte: AES Eletropaulo

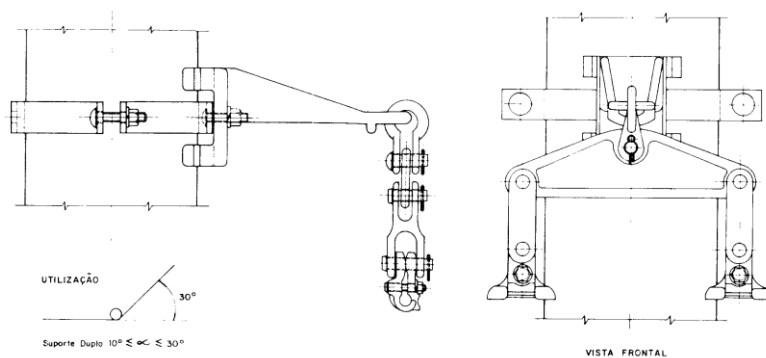


Figura C.32 – Estrutura classe 15 kV – Suporte duplo PRE2

Fonte: AES Eletropaulo

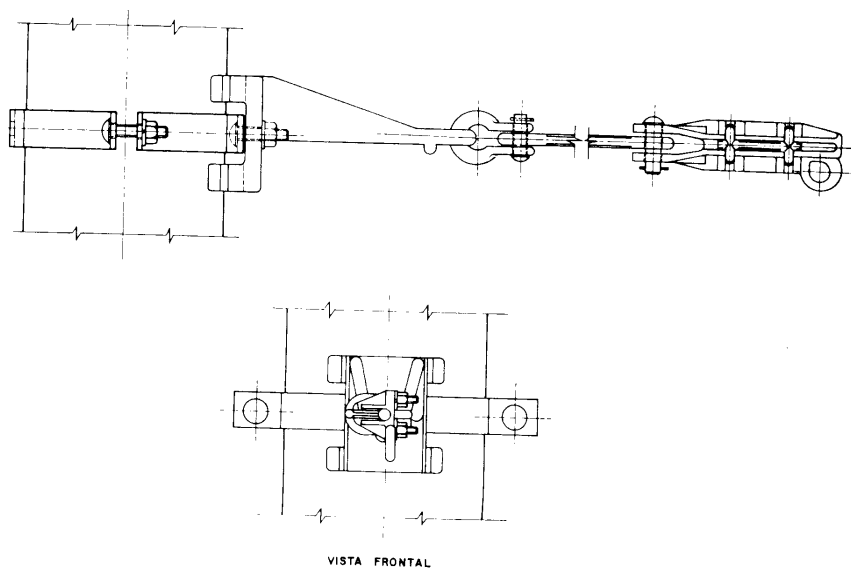


Figura C.33 – Estrutura classe 15 kV – Ancoragem simples PRE3

Fonte: AES Eletropaulo

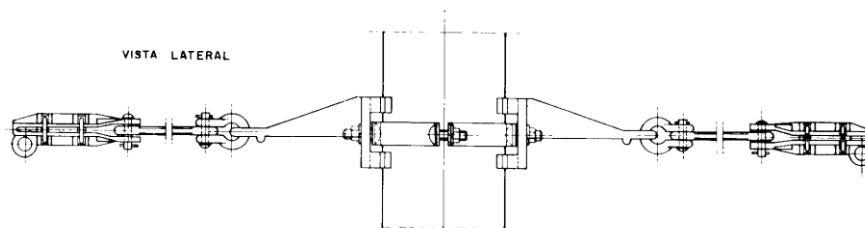


Figura C.34 – Estrutura classe 15 kV – Ancoragem dupla PRE4

Fonte: AES Eletropaulo

C5. Travessias

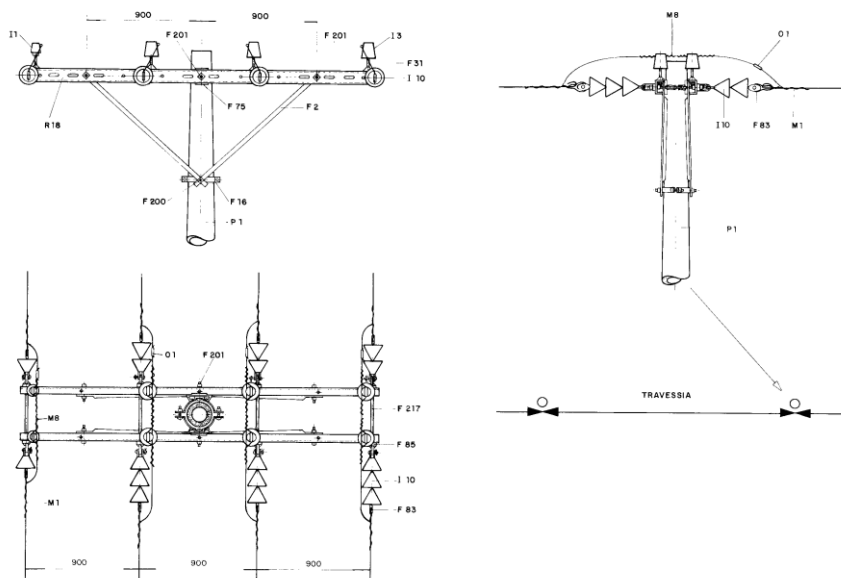


Figura C.35 – Estrutura classe 15 kV tipo K41

Fonte: AES Eletropaulo

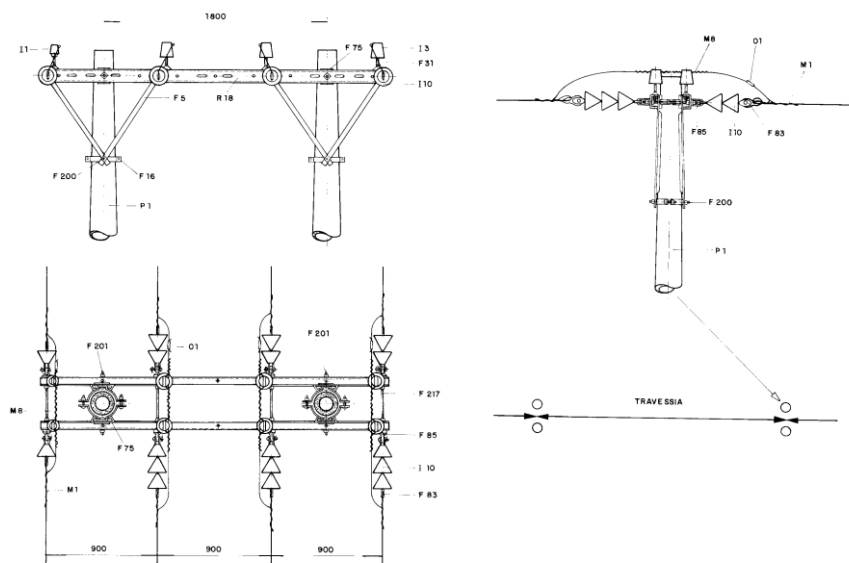


Figura C.36 – Estrutura classe 15 kV tipo K42

Fonte: AES Eletropaulo

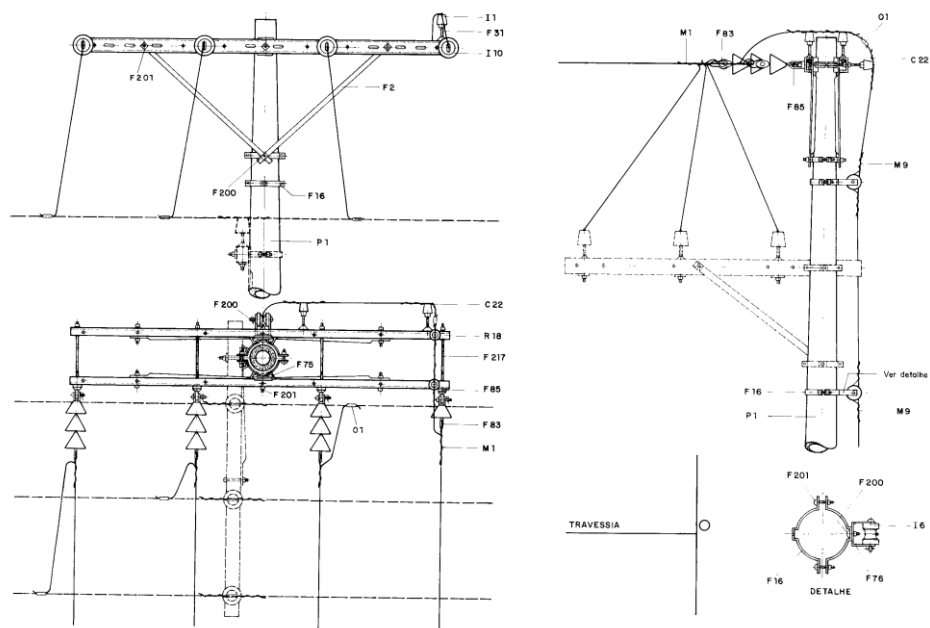


Figura C.37 – Estrutura classe 15 kV tipo K51

Fonte: AES Eletropaulo

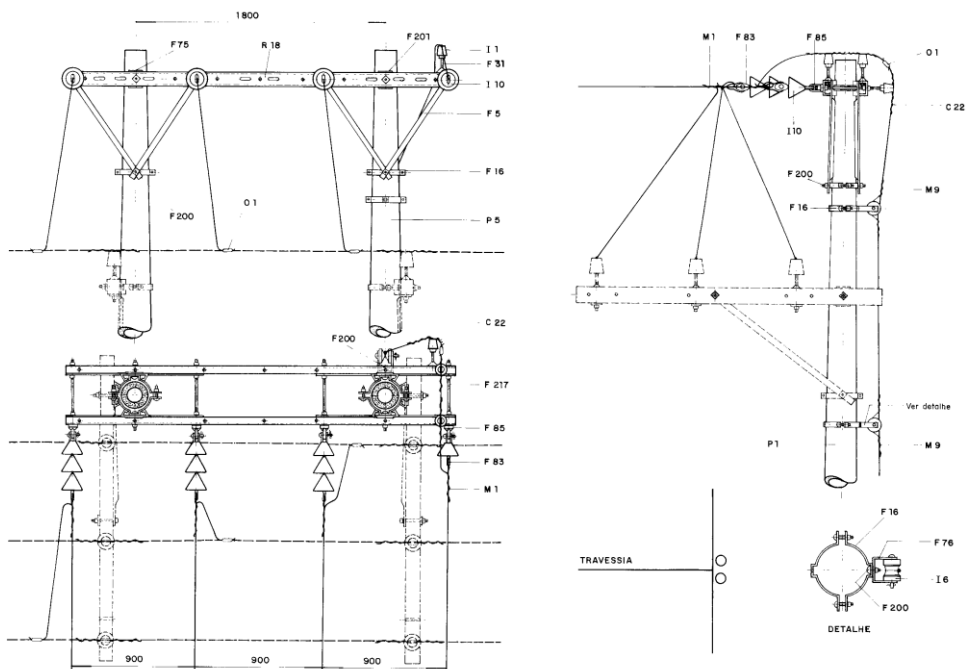


Figura C.38 – Estrutura classe 15 kV tipo K52

Fonte: AES Eletropaulo

## C6. Afastamentos Mínimos Padrão ABNT

Os afastamentos mínimos indicados a seguir (tabelas e desenhos), devem ser obedecidos em todas as estruturas, podendo ser aumentados convenientemente, dependendo das condições de manutenção e operação da rede.

Tabela C.4 – Distâncias entre condutores de um mesmo circuito.

<i>Tensão Nominal E (Volts)</i>	<i>Distância Mínima (mm)</i>
$E \leq 600$	200
$600 < E \leq 15000$	500
$15000 < E \leq 35000$	700

Tabela C.5 – Distâncias mínimas das partes energizadas à fase ou a terra em pontos fixos.

<i>Tensão Suportável Nominal Sob Impulso Atmosférico (kV)</i>	<i>Distância Mínima (mm)</i>	
	<i>Fase-Fase</i>	<i>Fase-Terra</i>
95	140	130
125	190	170
150	230	200

Tabela C.6 – Distâncias entre condutores de circuitos diferentes.

		<i>Circuito Superior</i>		
		$E \leq 600$	$600 < E \leq 15000$	$15000 < E \leq 35000$
<i>Circuito inferior</i>	<i>Comunicação</i>	600	1500	1800
	$E \leq 600$	600	800	1000
	$600 < E \leq 15000$	-	800	900
	$15000 < E \leq 35000$	-	-	900



Tabela C.7 – Distâncias entre os condutores e o solo.

		<i>Tensão nominal E (V)</i>			
		<i>Circuitos de comunicação e cabos aterrados</i>	<i>E &lt; 600</i>	<i>600 &lt; E ≤ 15000</i>	<i>15000 &lt; E ≤ 35000</i>
<i>Natureza do logradouro</i>	<i>Ruas e Avenidas</i>	5000	5500	6000	6000
	<i>Entradas de Prédios e demais Locais de Uso Restrito a Veículos</i>	4000	4500	6000	6000
	<i>Ruas e Vias Exclusivas a Pedestres</i>	3000	3500	5500	5500

## C7. Condutores

### a. Condutores Padronizados

Os condutores padronizados e utilizados nas redes aéreas de distribuição são:

- Cabo de alumínio nu (CA), nas bitolas:
  - 1/0 AWG; 3/0 AWG; 336,4 MCM; 556,4 MCM;
- Cabo de alumínio nu, com alma de aço (CAA), nas bitolas:
  - 1/0 AWG; 3/0 AWG; 336,4 MCM; 556,4 MCM;
- Cabo pré-reunido de alumínio, isolado em XLPE ou EPR, formação triplex com cabo mensageiro, na bitola 240 mm<sup>2</sup>;
- Cabo de alumínio coberto, Rede Spacer (rede compacta), nas bitolas:
  - 70 mm<sup>2</sup>; 185 mm<sup>2</sup>; 300 mm<sup>2</sup>;

Normalmente são utilizados os condutores nus de alumínio, sem alma de aço, sendo os demais utilizados em situações especiais como segue:

- Cabo de alumínio nu, com alma de aço: confere ao condutor maior capacidade de suportar esforços mecânicos.
- Cabo semi-isolado ou coberto: O revestimento isolante (PVC, XLPE, etc), tem a finalidade de limitar ou reduzir as correntes de fuga em casos de contato acidental. Este revestimento não fornece isolamento ao cabo, portanto não utilizado em locais com possibilidade de contato acidental.
  - Cabo pré-reunido: utilizado nos casos onde há restrições ao uso de redes aéreas convencionais como saídas de estações transformadoras de distribuição, regiões arborizadas, locais onde não se pode garantir o afastamento mínimo entre fase e terra ou travessias de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão.

## b. Dimensionamento de Condutores

Tabela C.8 – Dimensionamento de condutores.

<i>Utilização</i>	<i>Tipo da Rede</i>	<i>Condutor Fase</i>	<i>Capacidade de Corrente (A)</i>	<i>Condutor Neutro</i>
Troncos	Convencional	336,4 MCM	495	3/0 AWG
		556,4 MCM	680	3/0 AWG
	Compacta	185 mm <sup>2</sup>	480	3/0 AWG
		300 mm <sup>2</sup>	650	3/0 AWG
Ramais	Convencional	1/0 AWG	235	1/0 AWG
	Compacta	70 mm <sup>2</sup>	260	1/0 AWG

## C8. Configuração da Rede Aérea

### a. Radial Simples

Nessa configuração os circuitos não apresentam pontos de interligação. O restabelecimento de serviços, quando da ocorrência de defeitos, fica na dependência de reparos imediatos no alimentador. Este sistema, geralmente é utilizado na distribuição classe 5 kV (em extinção) e rural.

### b. Radial com Recurso

Essa configuração é comum nas redes de distribuição de 13,8 kV, onde é possível efetuar interligações através de chaves seccionadoras de circuitos da mesma estação transformadora de distribuição, ou ainda através de circuitos de estações adjacentes. Os alimentadores são projetados com reserva de capacidade em cada um deles, possibilitando transferências de cargas entre eles.

### c. Radial Seletivo

Nesse arranjo a distribuição é feita com dupla alimentação primária. Possui grande confiabilidade e é utilizado para alimentar grandes clientes, conjuntos comerciais, etc. Utilizado na distribuição para as classes 20 kV e 34,5 kV.

## C9. Chave Faca

A Chave Faca (CF) é um dispositivo destinado a manobrar e seccionar alimentadores primários de distribuição. A CF não possui dispositivo para abertura em carga, portanto, são operadas com interruptor de carga do tipo LB (Loadbuster).

As chaves facas são instaladas em pontos estratégicos visando o seccionamento da rede e minimizando os efeitos das interrupções programadas ou não programadas (emergenciais). Estabelece o corte visual em equipamentos como religadores, seccionalizadores, chaves a óleo etc. Também tem a finalidade de estabelecer "by pass" em equipamentos como reguladores de tensão e religadores.

### a. Montagem Horizontal

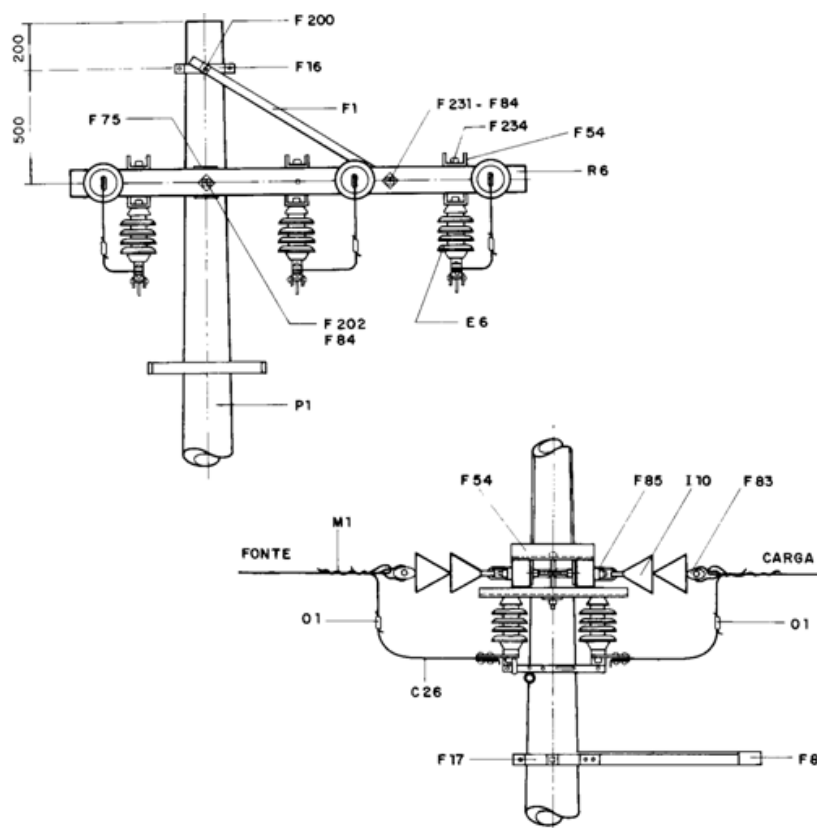


Figura C.39 – Montagem horizontal de chave faca.

Fonte: AES Eletropaulo

### b. Montagem Vertical

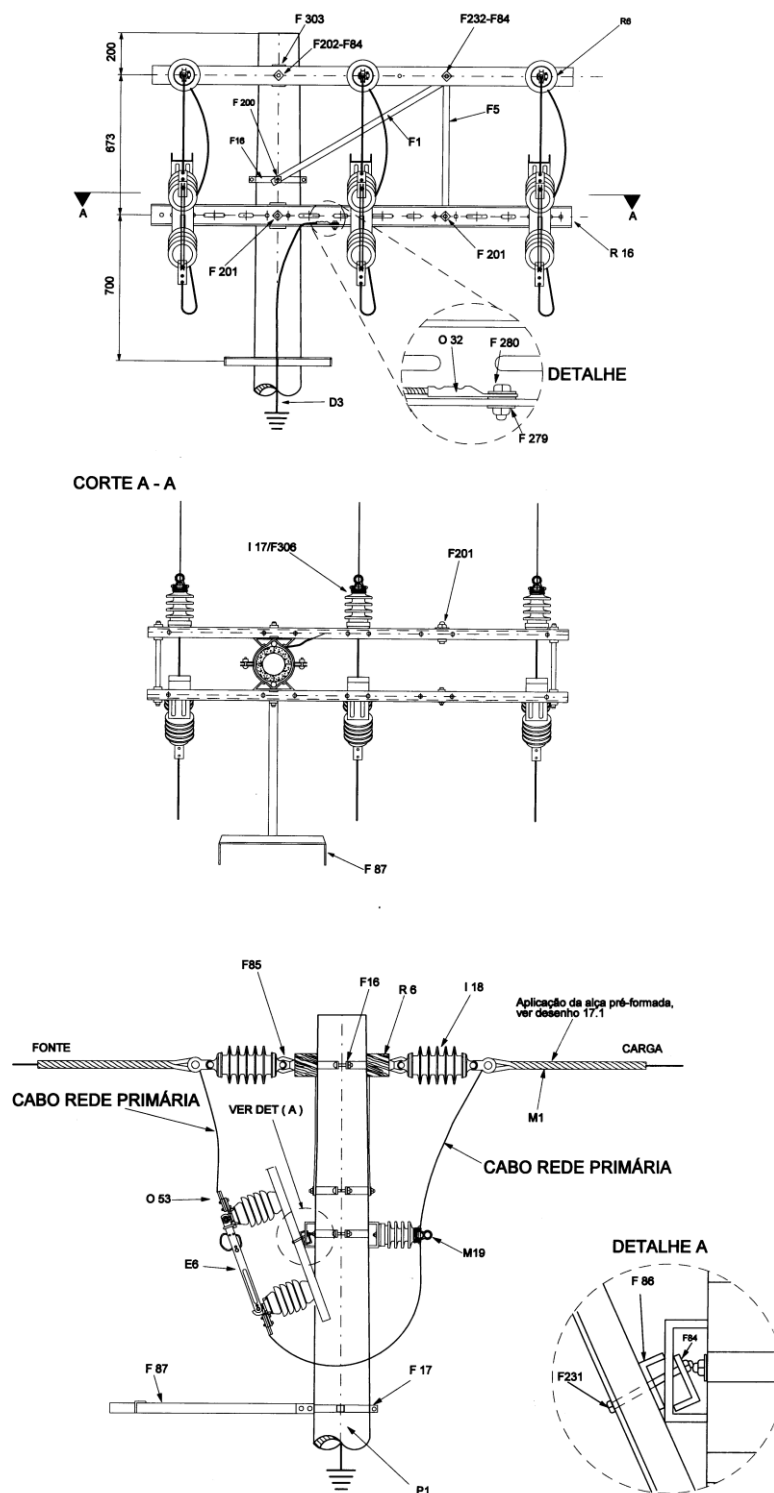


Figura C.40 – Montagem vertical de chave faca.

Fonte: AES Eletropaulo

## C10. Chave Tripolar

A Chave Tripolar (CM) é um dispositivo destinado a manobrar e seccionar circuito primário de distribuição de forma simultânea nas três fases, com abertura em carga. É provida de dispositivo interruptor de arco acoplado às chaves facas.

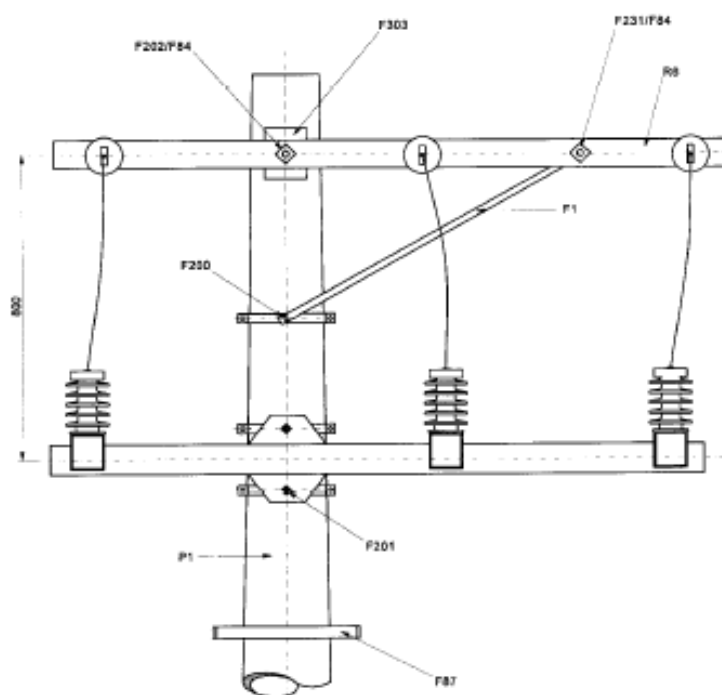


Figura C.41 – Chave tripolar – vista frontal.

Fonte: AES Eletropaulo

São utilizadas visando maior desempenho dos alimentadores aéreos primários de distribuição, facilitando e diminuindo os tempos de manobras na rede.

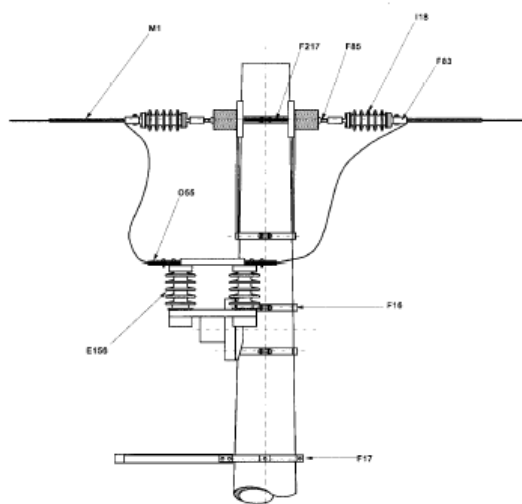


Figura C.42 – Chave tripolar – vista lateral.

Fonte: AES Eletropaulo



(a)



(b)

Figura C.43 – Chave tripolar: a) Operação manual, e; b) Automatizada.

Fonte: AES Eletropaulo



## C11. Chave Fusível

A chave fusível (CF) é um dispositivo concebido para proteger trechos de rede ou equipamentos contra eventuais sobrecorrentes. Também é utilizada em manobras onde se interrompe trechos da rede ou isolamento de ramais.

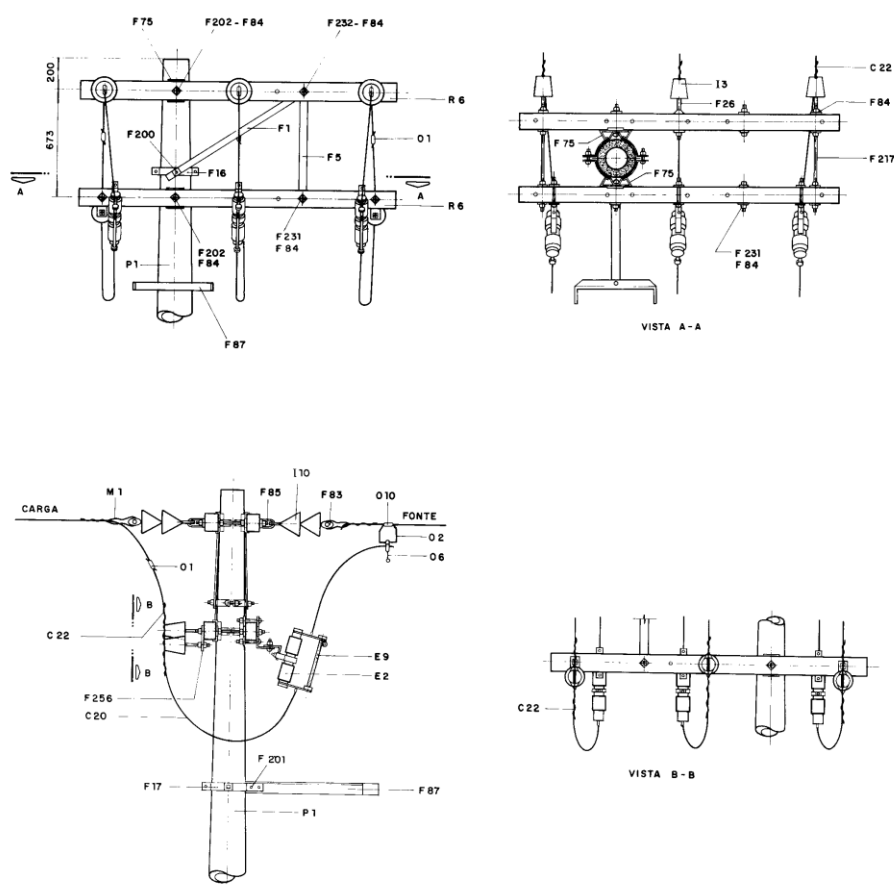


Figura C.44 – Padrão de instalação de chave fusível.

Fonte: AES Eletropaulo

Tabela C.9 – Dados técnicos característicos de uma chave faca.

<i>Tensão Nominal do Sistema (kV)</i>	<i>Máxima Tensão de Projeto (kV)</i>	<i>NBI (kV)</i>	<i>Corrente Nominal (A)</i>	<i>Capacidade de Interrupção Assimétrica (A)</i>
13,8	15	95	100/200	8000/10000

## C12. Saída de Circuitos em Estações Transformadoras de Distribuição

### a. Saída Convencional de Alimentador

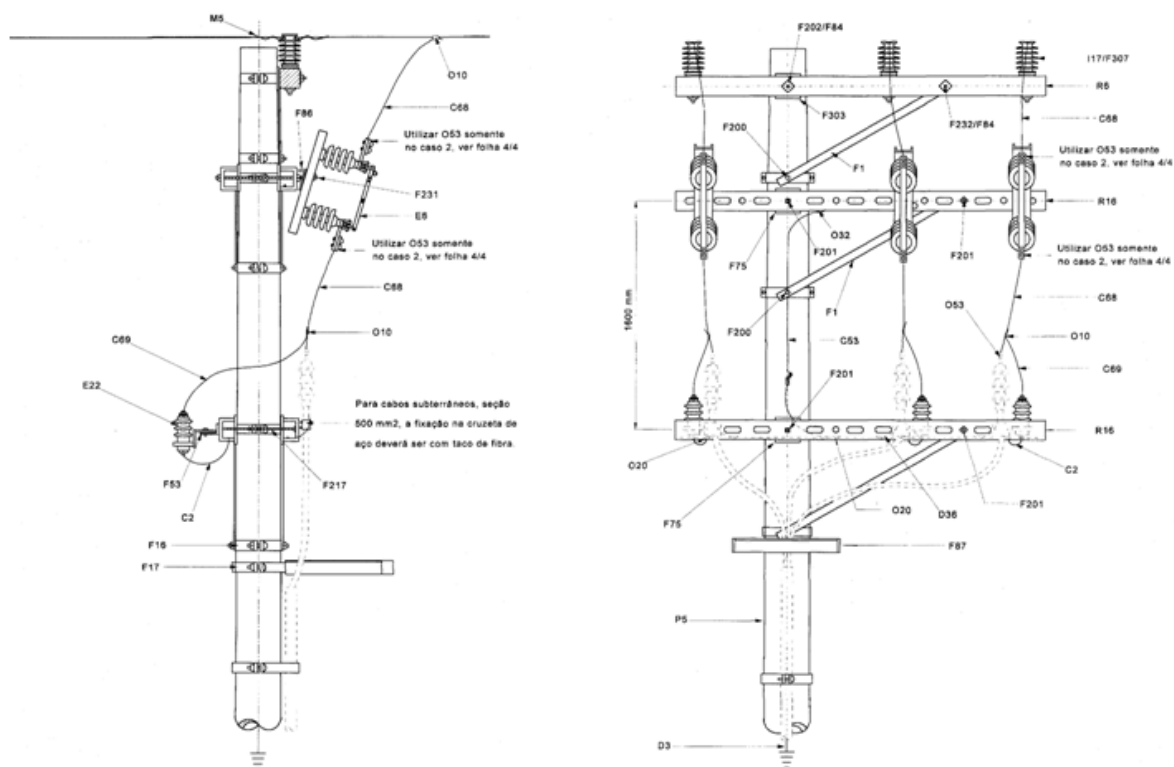


Figura C.45 – Saída convencional de alimentador aéreo primário.

Fonte: AES Eletropaulo

## b. Saída Através de Pré-Reunido

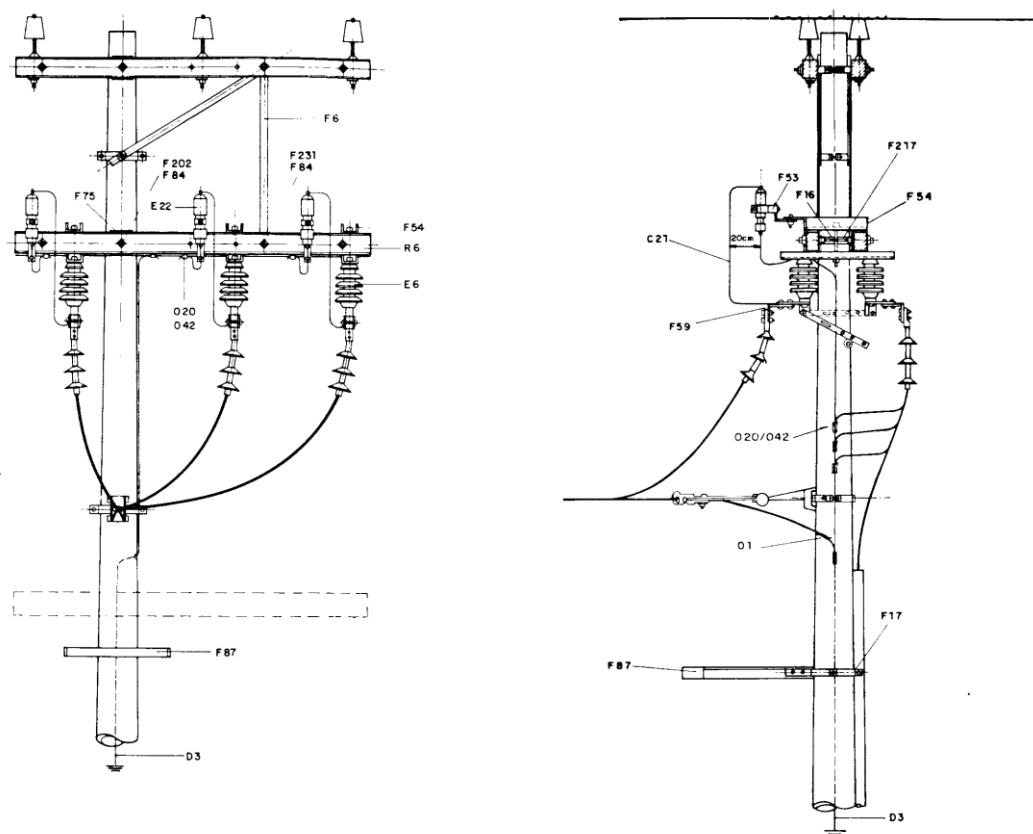


Figura C.46 – Saída de alimentador utilizando cabo pré-reunido.

Fonte: AES Eletropaulo

## ANEXO D – PARÂMETROS ELÉTRICOS DE EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS

Este tópico apresenta os parâmetros elétricos utilizados nas modelagens dos componentes e equipamentos envolvidos nos estudos dentro do aplicativo ATP.

Foram parametrizados componentes representando desde os equipamentos das subestações de energia, até os alimentadores aéreos primários, passando pelas linhas de subtransmissão e estações transformadoras de distribuição.

A Tabela D.10, mostrada abaixo, apresenta os dados dos transformadores de potência das subestações de energia Edgard de Souza e Anhanguera, utilizados nas simulações do aplicativo ATP.

Tabela D.10 – Parâmetros elétricos dos bancos de transformadores das S/Es Edgard de Souza e Anhanguera.

Parâmetros	Subestações de Transmissão		
	Edgard de Souza		Anhanguera
	T-1 e T-3	T-4	T-1 e T-3
Tensão primária (kV)	230	230	345
Tensão secundária (kV)	88	88	88
Potência nominal (MVA)	150	100	400
Impedância (%)	12,13 (150 MVA)	12 (100 MVA)	23,6 (400 MVA)
Ligação do primário	estrela aterrada	estrela aterrada	estrela aterrada
Ligação do secundário	delta	delta	delta
Impedância aterramento ( $\Omega$ )	0	0	0

Em seguida, a Tabela D.11 apresenta os dados utilizados na modelagem das linhas de subtransmissão da AES Eletropaulo, Anhanguera-Mutinga e Edgard de Souza-Mutinga, ambas de 88 kV.

Tabela D.11 – Parâmetros elétricos das linhas de subtransmissão aéreas.

<b>Parâmetros</b>			<b>Linhas de Transmissão Aéreas</b>	
			<b>Edgard de Souza-Mutinga 1 e 2</b>	<b>Anhanguera-Mutinga 1 e 2</b>
Tensão nominal (kV)			88	88
Bitola (MCM)			2X636	2X954
Capacidade (A)			1560	2020
Capacidade (MVA)			238	308
Impedância	R ( $\Omega$ /km)	Seq (+)	0,0534	0,0356
		Seq (0)	0,3794	0,3936
	X ( $\Omega$ /km)	Seq (+)	0,3329	0,3252
		Seq (0)	1,3707	1,3629
	Y ( $\mu$ S/km)	Seq (+)	5,0550	5,1580
		Seq (0)	2,9780	3,0300
Comprimento (km)			4,752	9,721

Em função da necessidade de aperfeiçoar os estudos desenvolvidos, foram utilizados nas modelagens os parâmetros dos transformadores de potência das estações transformadoras de distribuição Barueri e Tamboré, como mostra a Tabela D.12.

Tabela D.12 – Parâmetros elétricos dos transformadores das ETDs Barueri e Tamboré.

<b>Parâmetros</b>	<b>Estação Transformadora de Distribuição (ETD)</b>	
	<b>Barueri</b>	<b>Tamboré</b>
Tensão primária (kV)	88	88
Tensão secundária (kV)	13,8	13,8
Potência nominal (MVA)	40	60
Impedância (%)	25,15	42,2
Ligação orimário	delta	delta
Ligação secundário	estrela aterrada	estrela aterrada
Impedância aterramento ( $\Omega$ )	0	0

Finalmente, para que o modelo global desenvolvido tivesse todos os elementos de forma precisa, foram inseridos os parâmetros elétricos dos alimentadores aéreos primários BRU-109 e TAM-114 no aplicativo ATP, como mostra a Tabela D.13.

Tabela D.13 – Parâmetros elétricos dos alimentadores aéreos primários BRU-109 e TAM-114, ambos de 13,8 kV.

<i>Parâmetros</i>			<i>Alimentadores</i>	
			<i>BRU-109</i>	<i>TAM-114</i>
Tensão nominal (kV)			13,8	13,8
Bitola			300 mm <sup>2</sup>	336 MCM
Capacidade (MVA)			14	10
Impedância	R (Ω/km)	Seq (+)	0,0984	0,1718
		Seq (0)	0,3788	0,4715
	X (Ω/km)	Seq (+)	0,2396	0,3851
		Seq (0)	1,5850	1,2915
	Y (μS/km)	Seq (+)	7,1809	4,3858
		Seq (0)	1,3648	1,8244

## ANEXO E – DADOS TÉCNICOS DO MEDIDOR ELSPEC BLACKBOX G4500

A seguir são apresentados os dados técnicos do medidor de qualidade de energia Blackbox G4500. Esse equipamento foi utilizado para realizar as medições das grandezas elétricas, tanto em regime, como dos transitórios eletromagnéticos, provenientes das manobras de fechamento em anel entre os alimentadores BRU-109 e TAM-114. A Figura E.47 mostra o Blackbox G4500, além do software Investigator, utilizado para ler os dados tratados pelo aplicativo PQScada.



Figura E.47 – Medidor de qualidade de energia Blackbox G4500.

As tabelas seguintes mostram os principais dados técnicos do medidor de qualidade de energia Blackbox G4500.

Tabela E.14 – Dados gerais do medidor Blackbox G4500.

<b>Geral</b>	
Alimentação	100-240V RMS +/- 10% 47-63Hz, 35W 48VDC (35-55V)
Tempo de operação por falta de energia	> 2 horas com bateria totalmente carregada
Capacidade da memória interna para aquisição de dados	32 GB
Período máximo de gravação	Ilimitado
Número máximo de eventos	Ilimitado
Período típico de gravação	12 meses contínuos, todos os dados/ciclos (Baseado em 700MB por mês ajustados no software PQZIP)
Precisão do clock em tempo real	Não sincronizado: Menor que +/- 1s/dia Sincronizado: aproximadamente +/- 50µs para todos os tempos (Necessário alta precisão do GPS)
Normas padrões de qualidade de energia	IEC61000-4-30 Classe A IEC61000-4-15 EN50160 IEEE519

Tabela E.15 – Dados de entrada de tensão e corrente do medidor Blackbox G4500.

<b>Entradas de tensão e corrente</b>	
Canais de entrada	Tensão: 4AC/DC + 1DC Corrente: 4AC + 1AC/DC
Canais de tensão	Resistência de entrada: 3 MΩ Capacitância de entrada: < 20pF
Canais de corrente	Auto-identificação das pontas de provas
Método de medidas	Amostras simultâneas de tensão e corrente. Amostra digital PLL sincronizada, uso de referência de frequência interna durante quedas de tensão



Tabela E.16 – Sincronização e amostragem do medidor Blackbox G4500.

<i>Sincronização e amostragem</i>	
Fonte sincronizada-PLL	42.5 à 69Hz
Frequência de amostragem	Tensão: 1024 mostras/ciclo Corrente: 256 amostras/ciclo Fonte auxiliar de tensão DC: 200ms

Tabela E.17 – Faixas de medição do medidor Blackbox G4500.

<i>Faixas de medição</i>	
Faixa de medição de tensão	Tensão AC: CAT III 1 kV RMS, 3mA +/- 8 kV Transitórios Tensão DC: CAT III +/- 1 kV DC, 3mA

Tabela E.18 – Detecção de transitórios de tensão do medidor Blackbox G4500.

<i>Detecção de transitórios de tensão</i>	
Tipo de medição	1024 amostras/ciclo da forma de onda amostral
Escala completa	8000 V pico
Resolução de amostra	19,5µs (50Hz) 16µs (60Hz)

O fabricante do medidor de qualidade de energia Blackbox G4500 fornece três aplicativos juntamente com o equipamento principal, são eles:

- ElspecSearch: Utilizado para parametrizar o Blackbox G4500;
- PQSCADA Management Studio: Utilizado para tratar os dados adquiridos pelo equipamento. Compõe as grandezas secundárias, que são dependentes de outras grandezas.
- Elspec Investigator: Utilizado para leitura gráfica dos dados tratados pelo PQSCADA.

A Figura E.48 retrata o tratamento dos dados adquiridos pelo equipamento Blackbox G4500 através do aplicativo PQSCADA Management Studio.

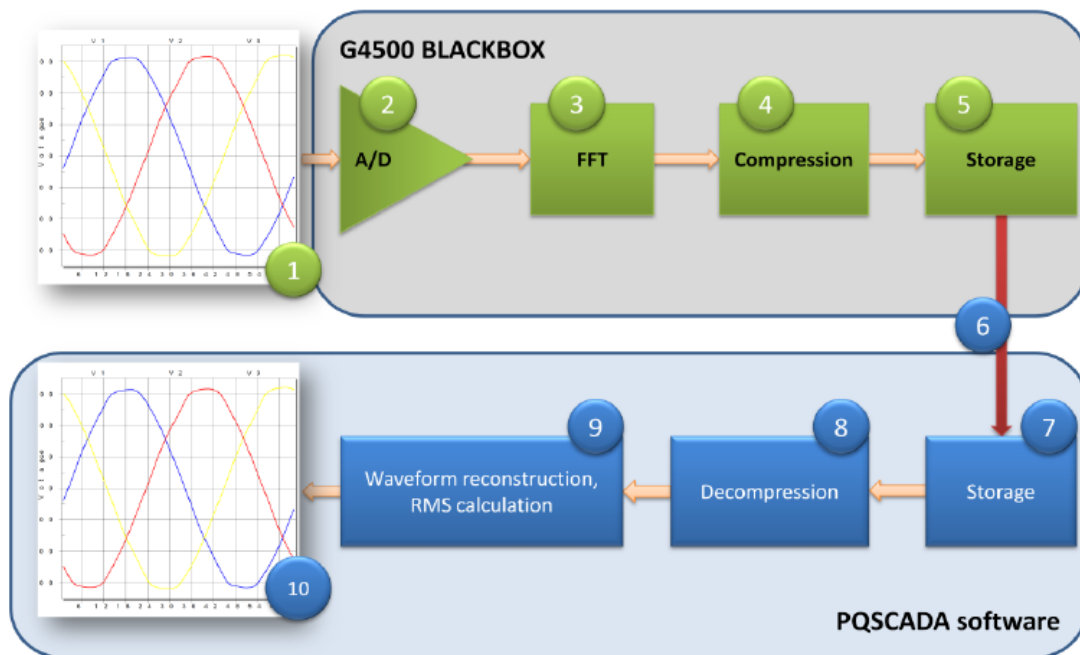


Figura E.48 – Diagrama de blocos do tratamento dos dados do Blackbox G4500 pelo PQSCADA.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. A. S; CÂNDIDO, J. R. R; SOUSA, F. C; DIAS, M. P. "Proteção de sistemas elétricos", Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005.

*ATP Alternative Transients Program, Rule Book*, Leuven, 1982

CHEN, T. H; HUANG, S. W. "Applications of simplified bi-directional feeder models for accelerating the voltage-drop and power-loss calculations", *IEEE catalogue*, n.º 95T8130.

CHEN, T. H; HUANG, W. T. "Evaluation of the variations of short-circuit capacities along a feeder due to distribution network upgrading", *Power Engineering Society General Meeting, 2005*, v. 3, p. 2536-2541.

CHEN, T. H; HUANG, W. T; GU, J. C; PU, G. C; HSU, Y. F; GUO, T. Y. "Feasibility study of upgrading primary feeders from radial and open-loop to normally closed-loop arrangement", *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 19, n. 3, p. 1308-1316. August 2004.

CIVANLAR, S; GRAINGER, J.J; YIN, H; LEE, S.S.H. "Distribution feeder reconfiguration for loss reduction", *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 3, n. 3, p. 1217-1223, July 1988.

DURK, S; LATEEF, S; BAGHZOUZ, Y. "Feeder switch currents during load transfer", *Power Engineering Society General Meeting, IEEE*, v. 1, p. 28-31, 2004.

ELSPEC – INNOVATIVE POWER QUALITY SOLUTIONS. "Black Box G4500", <http://www.elspec-ltd.com>, Consulta em 18 de Novembro de 2012.

FUKUYAMA, Y; CHIANG, H-D. "A parallel genetic algorithm for service restoration in electric power distribution systems", *IEEE International Conference on*, v. 1, p. 275-282. 1995.

HUANG, W. T; CHEN, T. H; PU, G. C; HSU, Y. F. "Assessment of upgrading existing primary feeders from radial to normally closed loop", *Transmission and Distribution*

---

---

*Conference and exhibition 2002*, v. 3, p. 2123-2128. 2002.

JAUCH, E. T. "Advanced Transformer Paralleling", *IEEE Rural Electric Power Conference*, Page(s): B5/1 – B5/6, May 2001.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. "Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica". Editora Edgard Blücher LTDA, 2005.

LAI, W. T; HUANG, W. T; CHEN, S. T; CHAO, H. K. "Development of the short-circuit capacities curves for distribution systems planning using matlab", *IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, 2006, p. 1-6.

OLIVEIRA, C. C. B.; SCHMIDT, H. P.; KAGAN, N.; ROBBA, E. J. "Introdução a sistemas elétricos de potência - Componentes simétricas", Editora Edgard Blücher LTDA, 1996.

PFITSCHER, L.L; CANHA, L.N; COMASSETO, L; BERNARDON, D.P; MONTAGNER, V.F; RAMOS, M.S. "Studies on Parallelism of Feeders for Automatic Reconfiguration of Distribution Networks", *IEEE Conference Publications*, p. 1-5, 2012.

RAMOS, D. S.; DIAS, E. M. "Sistemas elétricos de potência: regime permanente", Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1982. 1 v.

SANTOS, M.R. "Paralelismo de alimentadores através de seccionadoras de vis-à-vis na rede aérea primária de distribuição", dissertação (mestrado), São Paulo, EPUSP, 2008.

STEVENSON, W.D. "Elementos de análise de sistemas de potência", McGraw-Hill, 1986.

ZANETTA Jr, L. C; PEREIRA, C. E. M; ARRUDA, A. A. C. "Equivalentes de redes elétricas para cálculo de transitórios eletromagnéticos no programa ATP", *Nota técnica 2*, CTEEP e LSP PEA USP, São Paulo, 2005.

ZANETTA Jr, L. C. "Transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência", São Paulo: Edusp, 2003.

---