

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – PIPGE

(EP/ FEA/ IEE/ IF)

O Sistema Elétrico Diretamente Enterrado – SEDE

Implantação, Monitoração e Automação

O caso da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira

Rosemary Boettger Jardimetti

**São Paulo
Dezembro/ 2002**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – PIPGE

(EP/ FEA/ IEE/ IF)

Rosemary Boettger Jardimetti

O Sistema Elétrico Diretamente Enterrado – SEDE

Implantação, Monitoração e Automação

O caso da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira

**Dissertação apresentada no Programa
Interunidades de Pós-Graduação em
Energia- (EP, FEA, IEE, IF) da
Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre em Energia**

Orientador Prof. Dr. José Sidnei C. Martini

**São Paulo
Dezembro/2002**

**A Etelvina Boettger, minha avó,
pela sua sabedoria e amor**

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. José Sidnei Colombo Martini pela sua atenção, orientação, por suas palavras tão sabias, por tudo.

Ao Prof. Dr. Orlando S. Lobosco, a minha eterna gratidão.

Aos meus pais pela força, carinho e compreensão.

Ao meu irmão, eterno companheiro de batalha Ricardo.

As minhas sobrinhas Dayane e Catarina que me fazem sentir que vale a pena lutar por um mundo melhor.

A Cecília, Vera Malaco, Lugarda e Maria Edith pelo apoio e incentivo

A todos da Divisão de Instalações Elétricas da PCO, em especial aos Eng. Miguel e Enea.

A todos do Instituto de Eletrotécnica e Energia.

A todos os amigos que aqui encontrei, não citarei nomes, para não cometer a falta de esquecer alguém.

A todos, o meu muito obrigado.

Listas de figuras

Figura 3.1	Detalhe do transformador da antiga cabine primária	25
Figura 3.2	Entrada da antiga cabine primária	25
Figura 3.3	Entrada da antiga cabine primária CUASO	25
Figura 3.4	Subestação (vista lateral)	29
Figura 3.5	Detalhe do pátio	30
Figura 3.6	Detalhe do estado da subestação	31
Figura 3.7	Detalhe do estado dos transformadores	31
Figura 3.8	Gráfico da demanda máxima na CUASO	36
Figura 3.9	Gráfico do consumo (MWh)	36
Figura 4.1	Gráfico do custo dos tipos de construção de redes de distribuição aéreas	42
Figura 4.2	Valetadeira em operação	45
Figura 4.3	Detalhe do aterramento na caixa de inspeção	46
Figura 4.4	Detalhe da fixação dos cabos na caixa de inspeção	47
Figura 4.5	Detalhe da instalação da fibra ótica	47
Figura 4.6	Detalhe construtivo do cabo utilizado	49
Figura 4.7	Detalhe interno do transformador de 150 kVA	53
Figura 4.8	Detalhe do armário da baixa tensão	55
Figura 4.9	Detalhe do seccionador instalado próximo a Praça 4	55
Figura 4.10	Secionador instalado em frente ao Hospital Universitário	56
Figura 4.11	Detalhe do seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário	57
Figura 4.12	Detalhe do seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário	57
Figura 4.13	Emenda dos cabos na caixa de inspeção nº 25	62
Figura 4.14	Detalhe da instalação dos fusíveis do ramal do Instituto de Química	62
Figura 4.15	Indicador de defeito instalado na caixa de inspeção nº 34	63
Figura 4.16	Detalhe da instalação na bancada do porão	72
Figura 4.17	Detalhe da instalação (conexão dos cabos)	72
Figura 4.18	Custo dos tipos de construção de redes de distribuição	78
Figura 5.1	Detalhe da caixa nº 11	83
Figura 5.2	Caixa de inspeção nº 56 antes da intervenção	84
Figura 5.3	Caixa de inspeção nº 56 após intervenção	84
Figura 6.1	Localização dos seccionadores	90

Listas de tabelas

Tabela 2.1	Nº. de Universidades fundadas nas Américas no período de 1500 a 1900	5
Tabela 2.2	Área construída na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira	22
Tabela 3.1	Tabelas das unidades que eram atendidas pelo USP-103 aéreo	33
Tabela 3.2	Tabelas das unidades que eram atendidas pelo USP-104 aéreo	34
Tabela 3.3	Tabelas das unidades que eram atendidas pelo USP-105 aéreo	35
Tabela 3.3	Demanda e consumo mensal da CUASO de out/68 a ag/81	37
Tabela 4.1	Custo dos vários tipos de construção de rede de distribuição	42
Tabela 4.2	Quantidade de transformadores instalados por circuito	54
Tabela 4.3	Quantidade e descrição dos seccionadores adquiridos	58
Tabela 4.4	Tipo e quantidade de desconectáveis utilizados na rede enterada	59
Tabela 4.5	Consumidores instalados no circuito USP - 103 enterrado	66
Tabela 4.6	Consumidores instalados no circuito USP - 104 enterrado	68
Tabela 4.7	Consumidores instalados no circuito USP - 105 enterrado	69
Tabela 4.8	Consumidores instalados no circuito USP - 106 enterrado	71
Tabela 4.9	Equipamentos e acessórios adquiridos para o IPEN	74
Tabela 4.10	Dados das medições do campo eletromagnético da rede enterrada	75

Resumo

O presente trabalho apresenta a modernização do sistema de distribuição de energia elétrica da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira. Para isso foi desenvolvido um projeto pioneiro em termos de construção de linhas primárias em 13,8 kV, cabos “diretamente enterrados” no solo.

O trabalho descreve o desenvolvimento do projeto desde as idéias iniciais, devido à necessidade de se reprojeter redes primárias com padrões de construção compatíveis às atuais condições ambientais do campus, além de proporcionar melhorias no atendimento de energia elétrica da atual Cidade Universitária de São Paulo.

São descritos detalhes da construção, metodologias utilizadas, os equipamentos e acessórios utilizados, dificuldades encontradas, bem como, o desempenho atual dessa rede e sugestões para futuros projetos a serem desenvolvidos.

Cerca de 20 km de linhas de distribuição de tensão nominal de 13,8 kV atendem a 58 cabines primárias, pertencentes a unidades de ensino ou de pesquisa e 34 transformadores de pedestal, perfazendo uma demanda de aproximadamente 20 MVA. Com um novo traçado foram projetados cinco circuitos primários na tensão de 13,8 kV que atendem toda a área do Campus. Os serviços foram iniciados em setembro de 1998 e concluídos em agosto de 1999.

Iniciou-se em setembro de 1999 a energização dos cabos enterrados e desde fevereiro de 2000, o Campus está sendo alimentado pela rede de distribuição enterrada.

A proposta de futura monitoração e automação da rede tem como objetivo aumentar a confiabilidade do sistema, resultando na criação de um banco de dados. Isto tornará possível a obtenção de um histórico das grandezas monitoradas (corrente e temperaturas) que será fundamental para a avaliação técnica e cálculo da vida útil dos equipamentos, proporcionando a redução do número de desligamentos, aumento da vida útil e melhor atendimento da energia elétrica nas unidades do campus.

Este trabalho baseia-se nos dados e observações colhidas durante a sua execução, energização e o acompanhamento nos dias atuais.

ABSTRACT

This work presents the remodeling of the electric power distribution system in the Armando de Salles Oliveira Campus. For this purpose, a pioneer project of 13.8 kV primary line system electricity distribution with underground cabling was developed.

The work addresses the project phases since its early stages. It was taken in account the necessity of rebuilding the primary circuits in accordance with construction and environmental standards required in Campus. Another concern was to improve the electricity supply to meet the Campus needs.

The project describes the construction details, the applied methodologies, and the employed equipment. It also discusses the difficulties that were overcome, as well as the obtained performance of this new power distribution system, bringing suggestions for future projects to be developed.

Around 20 km of distribution lines, with nominal voltage of 13.8 kV, supply 58 primary cabinets in teaching and research facilities, as well as 34 PEDESTAL transformers, in a total demand of approximately 20MVA. Five primary circuits with voltage of 13.8 KV to attend the whole Campus were created. The remodeling work started in September 98 and was concluded in August 99.

The underground cables started to deliver electricity in September 99, and the Campus started to count on the supply by the underground distribution network since February 2000.

The proposal for future monitoring and automation subsystems aims to increase the system reliability. It will result in the creation of a database which will make it possible to record the evolution of the monitored quantities. (currents and temperatures). This will be a key factor for the technical evaluation of the equipment and its lifetime calculation, allowing for the reduction of the number of disruptions, the increase in the equipment lifetime, and the better energy supply for the Campus facilities.

This work is based on the data and observations collected during the remodeling implementation, the electrification of the distribution circuits, and the monitoring during the current operation.

Sumário

	Lista de figuras	
	Lista de tabelas	
	Resumo	
	Abstract	
1	Introdução	1
2	A Universidade	5
2.1	A Universidade no Brasil, sua origens	5
2.2	A Universidade de São Paulo	16
2.2.1	A fundação da Universidade de São Paulo	16
2.2.2	A criação do campus da Universidade de São Paulo	17
2.3	A infra-estrutura da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"	23
3	A infra-estrutura elétrica da CUASO	24
3.1	Implantação do projeto inicial	24
3.2	A construção da subestação	26
3.2.1	A concepção do projeto	26
3.3	A subestação da Eletropaulo	28
3.4	Os circuitos primários aéreos	31
3.5	A evolução da demanda e do consumo na CUASO	36
4	Implantação do SEDE	38
4.1	Filosofia do projeto	38
4.1.1	Histórico	38
4.1.2	Idéia inicial	38
4.1.3	Descrição dos padrões de construção	39
4.1.3.1	Subterrânea	39
4.1.3.2	Protegida com cabos cobertos sustentados por espaçadores "spacer"	40

4.1.3.3	Isolada com cabos multiplexados (pré-reunido)	40
4.1.3.4	Aérea (cabo nu)	41
4.1.3.5	Custos de construção	41
4.2	Sistema enterrado – Projeto final	42
4.2.1	Diretamente enterrado	43
4.2.2	Instalação de eletroduto corrugado de polietileno	43
4.2.3	Método de perfuratriz direcional – método não destrutivo	44
4.3	Caixas de inspeção	45
4.4	Sistema de distribuição enterrado	47
4.5	Equipamentos e materiais	49
4.5.1	Cabos elétricos	49
4.5.2	Transformadores	51
4.5.3	Secionadores	55
4.5.4	Acessórios desconectáveis	58
4.5.4.1	Emendas fixas	61
4.5.4.2	Fusíveis	62
4.5.5	Indicadores de defeitos	63
4.6	Execução e energização	64
4.6.1	A execução e energização	64
4.6.1.1	Descrição dos novos circuitos primários	64
4.6.1.1.1	Circuito primário enterrado USP-102	65
4.6.1.1.2	Circuito primário enterrado USP-103	66
4.6.1.1.3	Circuito primário enterrado USP-104	67
4.6.1.1.4	Circuito primário enterrado USP-105	68
4.6.1.1.5	Circuito primário enterrado USP-106	70
4.6.2	Secionadores de circuitos enterrado	71
4.7	Serviços de melhoria da rede enterrada	73
4.7.1	IPEN e outras melhorias	73
4.8	Ensaio do campo eletromagnético	75

4.9	Considerações sobre custos do projeto	76
5	Monitoração das redes de distribuição enterrada	79
5.1	Rotina de testes de ensaios	79
5.2	Metodologia atual	79
5.3	Proposta de implantação do monitoramento das redes enterradas	80
5.3.1	Introdução à implantação do monitoramento	80
5.3.2	Outras possibilidades de monitoramento	82
5.4	Estudo de casos	83
5.4.1	Estudo da caixa de inspeção nº 11	83
5.4.2	Estudo da caixa de inspeção nº 56	84
6	Automação do SEDE	85
6.1	Filosofia do projeto de automação do SEDE	85
6.2	Automação para seletividade de cargas	87
6.3	Atividades futuras	88
6.3.1	Fator de potência	88
6.3.2	Ferro-ressonância	88
7	Conclusões	91
	Referências bibliográficas	93
	Anexo A e B	95
	Anexo C a J	96
	Anexo K a R	97
	Anexo S a V	98

1 – Introdução

No início dos anos 90 o Campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) apresentava inúmeros desligamentos não programados. A situação se tornou insuportável no verão de 95. Cerca de 40 desligamentos de outubro de 94 a abril de 95, perfizeram um total de 80 horas de interrupção, ou seja, desligamentos com o tempo médio de duas horas. Esses desligamentos não programados provocaram perdas irreversíveis aos trabalhos de pesquisas.

Os estudos referentes a esta dissertação de mestrado iniciam-se em junho de 1998, no início dos trabalhos de substituição das redes aéreas de distribuição de energia elétrica da CUASO, que na época achava-se em fase de término das obras civis e início da etapa das instalações elétricas.

Este trabalho trata de todos os passos para a definição do sistema de distribuição de energia elétrica diretamente enterrado em 13,8 kV, bem como pretende servir de fonte de dados para consultas, futuros projetos e estudos.

Inicialmente, faz-se necessário resgatar um pouco da história da Universidade, para melhor compreensão do tema aqui abordado. Para isso, o capítulo 2 referente a Universidade trata, inicialmente, a Universidade no Brasil, suas origens portuguesas, as tentativas de se criar uma Universidade brasileira desde o tempo do Brasil Colonial até a República Velha. Será focado o quanto foi difícil a sua criação devido a fatores de ordem política interna e externa, resultando ao Brasil a posição de ser um dos últimos países das Américas a lançar a base do ensino em regime universitário.

No tópico 2.2 será tratada a fundação da Universidade de São Paulo. Serão vistos

os movimentos para a sua criação no início do século XX:

- As primeiras providências após a assinatura do decreto da sua fundação;
- A criação do campus, depois de aprovada a idéia de “centralizar todas suas unidades em um só Campus comum” denominado Cidade Universitária, como os já adotados na Europa e Estados Unidos;
- As primeiras idéias de localização e a aquisição do terreno;
- As primeiras obras e as dificuldades encontradas;
- A evolução dos planos de urbanização e
- As comparações das idéias iniciais com a nossa atual situação.

O terceiro tópico fornece dados da infra-estrutura da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira. São dados retirados do Relatório PURA-USP & Anuário estatístico de 2002 como: número de unidades de ensino e pesquisas, população, consumo de energia elétrica, água, gás e outras variáveis.

O capítulo 3 enfatiza a história das instalações elétricas, desde os primórdios em que o campus era agregado ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, através de um transformador de 2000 kVA em 3,8 kV, no tempo da 2ª Guerra Mundial até os dias atuais, a evolução da carga (demanda X consumo), a descrição dos circuitos primários aéreos e os consumidores primários de 13,8 kV.

No capítulo 4 serão vistos, os estudos desenvolvidos entre o Centro de Excelência da Distribuição do Instituto de Eletrotécnica e Energia, a Prefeitura da CUASO, a Eletropaulo e a Pirelli, para solucionar o problema devido aos desligamentos não programados até ser definido o sistema “diretamente enterrado”.

Será mostrado o detalhamento do projeto, a especificação técnica dos acessórios e

equipamentos. Serão fornecidos dados referentes à sua construção e energização que servirão como subsídios para futuras pesquisas e consultas.

O capítulo 5 será dividido em duas fases: a metodologia atual e a futura. A metodologia atual irá tratar do que está sendo feito atualmente, isto é, qual a rotina de testes e/ou ensaios e os ensaios efetuados quando da energização da rede primária em setembro de 1999.

Para o futuro está prevista a monitoração automática das linhas enterradas. Este trabalho propõe o monitoramento por caixa, com exceção de algumas que não possuem conexões. Serão monitoradas as medidas de corrente e temperatura através de sensores analógicos que serão instalados nas conexões.

Serão abordados neste capítulo a localização, alimentação e a rotina para obtenção dos dados, ou seja, o histórico do comportamento dos cabos, acessórios e equipamentos. Através da criação de um banco de dados, onde, poder-se-á saber, por exemplo, quanto tempo um determinado trecho ficou sujeito a uma certa temperatura. Assim determinar-se-á a vida útil dos cabos instalados e principalmente, com a variação da temperatura/corrente em determinado ponto, detectar-se-á, preditivamente um problema no cabo ou conexão.

Para o futuro, poderá ser estudado o problema da ferro-ressonância e a capacitância das linhas, visto que todos os bancos de capacitores foram retirados quando da passagem do sistema aéreo para o sistema enterrado.

No capítulo 6 será enfatizada a automação que será possível através dos seccionadores instalados na rede enterrada e que possuem dispositivos que tornam viável o seu acionamento à distância.

No caso dos circuitos enterrados do Campus, os seccionadores são os únicos pontos possíveis de manobras. Foram feitos vários traçados de linhas primárias, a fim de possibilitar, em caso de emergência, a alimentação ou socorro de todos os circuitos. Convive-se, no momento com o fato da limitação da carga, visto que, os transformadores da subestação estão trabalhando com sobrecarga, além de estarem em fim de vida útil.

Tanto a automação como o monitoramento serão supervisionados e acionados juntamente em uma mesma central. É focada neste capítulo a seletividade da carga que será feita de acordo com a prioridade. As unidades receberão uma classificação de prioridade de 0 a 4, de acordo com a sua atividade e instalação.

No capítulo 7 serão apresentados os resultados obtidos até a data atual, bem como sugestões de melhorias.

2 – A Universidade:

2.1 - A Universidade no Brasil, suas origens.

Para se falar da fundação da Universidade de São Paulo é necessário viajar no tempo e conhecer um pouco da sua grandiosidade e do seu contexto cultural dentro da sociedade brasileira.

Em 1290, com a fundação da Universidade de Coimbra pelo El – Rei Dom Dinis, foram lançadas as primeiras sementes da Universidade brasileira.

No Brasil, de acordo com alguns historiadores, vários anteprojetos foram elaborados tendo como finalidade a criação de uma Universidade brasileira. Segundo eles, foram cerca de 42 anteprojetos. Abaixo, resumidamente, estão mencionadas algumas dessas tentativas, conforme relata Clovis Pereira da Silva em “As tentativas de fundação da Universidade no Brasil”.

É importante frisar que o Brasil foi um dos últimos países das Américas a possuir ensino universitário, como é demonstrado na tabela 2.1, que indica a evolução do número de Universidades existentes no final do século XIX, nas Américas.

Tabela 2.1 – Número de Universidades fundadas nas Américas no período de 1500 a 1900

Ano	Países
1500 a 1600	Peru (Universidade de São Marcos Lima), São Domingos e México
1600 a 1700	Guatemala, Argentina e Estados Unidos
1700 a 1800	Venezuela, Cuba e Chile
1800 a 1900	Colômbia, Uruguai, Equador, Paraguai e Honduras
1900	Estados Unidos 78, Canadá 12, México e Argentina 2, Colômbia e Bolívia 4 e os demais citados 1

- A primeira tentativa para a criação de uma Universidade no Brasil ocorreu no século XVII, na Bahia, por iniciativa dos Inacianos que, em 20 de dezembro de 1662, redigiram uma petição pela Câmara de Salvador e a enviaram à metrópole por intermédio do Procurador do Estado do Brasil. Naquele documento, que foi rejeitado pelo monarca, os jesuítas e parte da população de Salvador desejavam que os cursos de Artes e de Teologia, ambos ministrados pelo Colégio da Bahia, fizessem parte de uma universidade e fossem reconhecidos pelas leis de Portugal. Eles pretendiam a equiparação à Universidade de Évora. No ano seguinte, isto é, em 1663, chegou à Corte um outro documento também subscrito pela Câmara de Salvador, reiterando o documento anterior, porém desta vez, requerendo a equiparação dos cursos à Universidade de Coimbra. Este segundo documento também foi rejeitado pelo Rei de Portugal.
- Quando da invasão dos holandeses no Nordeste do Brasil no século XVII, o Príncipe João Maurício de Nassau que foi o governador-geral da colônia holandesa no Brasil, de 1637 a 1644, tinha um projeto para fundação de uma Universidade em Recife, Pernambuco.
- Os mentores da Inconfidência Mineira pensavam na instalação de uma Universidade na cidade de Ouro Preto, caso vingasse o projeto político da Inconfidência.
- Em 1820 José Bonifácio de Andrada e Silva elaborou um anteprojeto visando a criação de uma Universidade, a instituição seria constituída de vários cursos.

- Na euforia da Independência do Brasil, o deputado da Assembléia Constituinte José Feliciano F. Pinheiro, propõe a fundação de uma Universidade em São Paulo, fato que motivou posteriormente a apresentação, por parte da Comissão de Instrução Pública, de um anteprojeto mais amplo. A Comissão elaborou um anteprojeto que contemplava a criação de duas universidades, uma na cidade de São Paulo e outra na cidade de Olinda, Pernambuco.
- Em 25 de Março de 1824 foi promulgada a Constituição brasileira, o Artigo 179º, em seu parágrafo 33º, previa a criação de uma Universidade no Brasil, porém, novamente a criação de uma Universidade não sairia das intenções.
- No ano de 1842 foi elaborado um anteprojeto que visava a fundação de uma Universidade no país. O esboço que foi assinado por José Cesário de M. Ribeiro, foi preparado pela secção do Conselho de Estado, encarregada dos negócios do Império. Propunha a criação de uma Universidade nos moldes da Universidade de Coimbra reformada (reforma do Marques de Pombal). O Artigo 1º do anteprojeto dizia que a instituição teria a denominação de Universidade Pedro II e, seria sediada na capital do Império. O Artigo 2º do referido esboço dava a constituição da Universidade, que seria formada pelas seguintes Faculdades: Teologia, Direito, Matemática, Filosofia e Medicina. O Artigo 46º, por sua vez, do referido anteprojeto extinguiu os cursos jurídicos existentes no país e o Artigo 47º extinguiu a Faculdade de Medicina de Salvador, Bahia. Percebe-se ser um belo exemplo de ensino centralizador, a idéia era subjugar o ensino superior à Corte.

- Em 03 de julho de 1843 o senador Manoel do Nascimento C. e Silva apresentou um projeto de criação de Universidade, onde seriam anexados também todos os Cursos Jurídicos, Escola de Medicina, Academia Militar e de Marinha, Colégio Pedro II e todas as escolas secundárias do município da Corte. A idéia do anteprojeto foi acabar com a independência, também, das escolas militares, subordinando-as à direção de uma Universidade.
- No ano de 1847, o deputado Bernardo José da Gama, Visconde de Goiana, apresenta à Câmara dos Deputados um anteprojeto criando uma Universidade. A instituição seria constituída pelas seguintes unidades: Faculdade de Direito, Faculdade de Medicina, Faculdade de Filosofia, Faculdade de Teologia e Faculdade de Matemática. As Faculdades existentes nas Províncias seriam mantidas, porém subordinadas à direção da Universidade que teria sua sede na Corte.
- No ano de 1870, ano do Manifesto Republicano, Paulino José de Souza, Ministro do Império, apresenta ao Congresso um anteprojeto referente a instrução pública, no qual, dentre outras coisas, propunha a criação de uma Universidade na Corte. O anteprojeto não foi aprovado pelo Congresso, porém mobilizou os políticos interessados na matéria, para prosseguir nas discussões relativas aos problemas do ensino superior no país. O Manifesto Republicano acima referido, criticava, além dos problemas políticos do país, a ausência de liberdade no ensino que, traduzida para o ensino superior significava dizer: freqüência livre e liberdade na prestação de exames por parte dos alunos, isto é, os alunos não seriam obrigados a realizar provas durante o curso. Significava também, a introdução da livre-docência no ensino superior, tendo por base o modelo alemão. Em

abril de 1879, o Ministro do Império, doutor Carlos Leôncio de Carvalho elaborou um decreto, que foi aprovado pelo Imperador D. Pedro II com o número 7247, de 19 de Abril de 1879. Este decreto ficou conhecido como o decreto da reforma do ensino livre e objeto de muita polêmica e atritos. Dentre outras coisas, o decreto em pauta instituía a liberdade de ensino no país, o ensino livre (isto é, para o aluno a liberdade de freqüência às aulas, de fazer exames antecipados etc), a livre-docência e, facultava à mulher, pela primeira vez, freqüentar determinados cursos superiores de Medicina, Farmácia, Odontologia e o curso Obstétrico, todos ligados à área de saúde, porém as mulheres deveriam sentar-se, nas salas de aulas, em local separado dos homens, até então a mulher brasileira não tinha o direito de freqüentar cursos superiores.

- Em 1881, o Ministro Francisco I. M. Homem de Melo apresenta um anteprojeto propondo a criação de uma Universidade, com sede na Corte. Segundo o Ministro, a Universidade seria constituída das seguintes unidades: Faculdade de Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais; Faculdade de Medicina; Faculdade de Direito; Faculdade de Letras e Faculdade de Teologia e deveriam ser incorporadas à Universidade, as Faculdades existentes na cidade do Rio de Janeiro, as Faculdades de Direito de São Paulo e a de Recife, a Faculdade de Medicina de Salvador, a Academia de Belas-Artes do Rio de Janeiro, a Biblioteca Nacional, o Observatório Astronômico, o Museu Nacional, a Escola de Minas de Ouro Preto e também as instituições de ensino de qualquer grau existentes na Corte e nas Províncias, desde que fossem criadas e mantidas pelo governo central e que não pertencessem a outros Ministérios, portanto, só ficariam de fora as escolas militares. Eis um exemplo de uma Universidade centralizadora, cujo modelo contrariava a liberdade de ensino do Decreto n.º 7247,

acima, mencionado. Ainda segundo o anteprojeto, a Universidade seria subordinada a um Conselho Superior da Instrução Pública que, seria subordinado ao Ministro, desta forma, o próprio Ministro centralizaria em suas mãos todo o ensino superior do país.

- A última tentativa do século XIX ocorrera na cidade de Curitiba, Paraná. Em 1892 o jornalista, poeta e historiador José Francisco da Rocha Pombo, com muitos sonhos e idéias, mas sem dinheiro suficiente, lançou-se em uma empreitada audaciosa, fundar uma universidade em Curitiba. Na época, a cidade possuía cerca de 20.000 habitantes e o decreto acima mencionado permitia a criação de Faculdades ou Universidades particulares. Após alguns acertos, Rocha Pombo conseguiu com a ajuda do Comendador Macedo, que Presidente do Estado do Paraná, Francisco Xavier da Silva assinasse a Lei nº 63, de 10 de Dezembro de 1892 que concedia a José F. da Rocha Pombo a concessão por cinquenta anos para fundar e explorar uma universidade na cidade de Curitiba. O Artigo 4º da referida lei estatuiu a composição de uma universidade com os seguintes cursos: Direito, Letras, Comércio, Agronomia, Agrimensura, Farmácia. A Universidade de Rocha Pombo não foi além da pedra fundamental que fora lançada no Campo da Cruz, em terreno que obtivera gratuitamente da Câmara Municipal de Curitiba, atual Praça Ouvidor Raphael Pires Pardiniho, próximo ao centro da cidade.
- Na primeira década de 1900 foram apresentados três anteprojotos ao Congresso Nacional. Em 1903, foram apresentados dois deles, um de autoria do Dr. A. A. Sodré e outro de autoria do Dr. Carlos Leôncio de Carvalho, ambos foram enviados, para receber parecer, de uma Comissão de professores da Faculdade de Direito de São Paulo.

Em 30 de Março de 1903 a Comissão emitiu seu parecer julgando-os inoportunos. Este parecer fora homologado pela Congregação da Faculdade, em 4 de Abril de 1903 e o processo devolvido ao Ministério da Justiça e Negócios Interiores. O anteprojeto do Dr. Sodré previa a sede da Universidade na cidade do Rio de Janeiro que seria denominada Universidade do Rio de Janeiro, seria constituída pelas seguintes Faculdades: Medicina, Jurisprudência, Letras, Ciências Físicas e Naturais, Matemáticas Puras, Escola de Engenharia. Ficariam subordinadas à Universidade do Rio de Janeiro, as Faculdades oficiais existentes em São Paulo, Recife e Salvador, o esboço foi julgado como inoportuno, por docentes da Faculdade de Direito de São Paulo.

- Em 5 de Abril de 1911 foi promulgada a Lei Orgânica do Ensino Superior e do Fundamental na República, Decreto n.º 8659 conhecida como *Lei Rivadávia*, que permitia dentre outras coisas, a criação de estabelecimentos de ensino superior pertencentes à iniciativa privada. Esta lei também instituíra a Livre-Docência no país. A partir desta lei surgiram várias instituições de ensino superior. Desde o ano de 1908, que se pretendia criar em Manaus, Amazonas, uma instituição de ensino superior para a região; em 2 de Fevereiro de 1909, parte da elite intelectual local aprovava os Estatutos da Escola Universitária Livre de Manaus, que constava dos seguintes cursos: Formação de Oficiais das Armas de Infantaria, Cavalaria e Engenharia, Engenharia Civil, Agrimensura, Agronomia e outras especialidades, cursos de Ciências Jurídicas e Sociais, Medicina, Farmácia, Odontologia e Ciências e Letras. Aquela instituição foi transformada em Universidade de Manaus, no ano de 1913. Os alunos da instituição que funcionará até o ano de 1926, pagavam uma taxa de mensalidade, porém as despesas da instituição eram cobertas pelos cofres públicos do Estado e do Município.

- Na cidade de São Paulo foram criadas, a partir de 1911, as seguintes instituições de ensino superior, amparadas pelo Decreto n.º 8659: Instituto Superior de São Paulo, Universidade Paulistana, Superior Universidade do Estado de São Paulo e Universidade de São Paulo, todas particulares, convém mencionar que algumas dessas instituições de ensino superior possuíam apenas uma sala de escritório para a venda de diplomas. Apenas a Universidade de São Paulo, criada em 23 de Março de 1911, levou a sério suas pretensões tendo como reitor o médico Eduardo Augusto Ribeiro Guimarães. Possuía os seguintes cursos: Medicina, Direito, Engenharia, Farmácia, Odontologia, Letras, Filosofia e Comércio. Chegou a possuir 779 alunos.
- No amparo do decreto 8659, foi criado em Curitiba, Paraná, em 19 de Dezembro de 1912 a Universidade do Paraná, uma instituição particular, de propriedade de alguns profissionais liberais da cidade, funcionava à noite. À partir de 24 de Março de 1913 iniciou os seguintes cursos: Odontologia, Farmácia, Obstetrícia (que no início não funcionara por falta de alunos), Ciências Jurídicas e Sociais, Engenharia Civil, Comércio. A instituição funcionava, inicialmente em um prédio alugado à Rua Comendador Araújo, 42, Centro; com 97 alunos e 26 professores. Estes profissionais eram liberais e militares residentes na cidade. Em 27 de Março de 1913 o governo estadual reconhece oficialmente a instituição e autoriza uma contribuição financeira do Estado à instituição. Devemos, contudo, registrar a preocupação de seus fundadores em exigir com todo o rigor, a frequência obrigatória dos alunos, bem com a obrigatoriedade de realizar exames mensais

- As Instituições de ensino superior criadas a partir do Decreto n.º 8659 não sobreviveram por muito tempo. Foi sancionado pelo Presidente da República o Decreto n.º 11530, de 18 de Março de 1915, o qual reorganiza o ensino no país. A partir de 1911, houve no Brasil a liberdade de ensino ou o ensino livre, este fato em conjunto com a avidez para ganhar dinheiro fácil desenvolvida por pessoas sem escrúpulos, motivou a criação legal de fábricas de diplomas de curso superior no país, nesta época, estava se proliferando no Brasil uma indústria de "Faculdades". Inconformado com o modo errado de se iniciar no país o instituto da universidade e, receptivo aos pedidos da sociedade brasileira, o Ministro Carlos Maximiliano, cujo ministério incluía também os negócios da educação pública, resolve acabar com aquele estado de coisas e elabora o decreto acima referido, que foi sancionado pelo Presidente da República em 18 de Março de 1915. A título de informação transcrevemos parte do documento.

- 1) “O Governo Federal, quando achar oportuno, reunirá em Universidade as Escolas Politécnica e de Medicina do Rio de Janeiro, incorporando a elas uma das Faculdades livres de Direito, dispensando-a de taxa de fiscalização e dando-lhe gratuitamente edifícios para funcionar.
- 2) O retorno do sistema de equiparação das instituições, a fim de que os diplomas ou títulos expedidos possam concorrer com os congêneres emitidos por instituições oficiais.
- 3) A cidade sede de um curso superior deverá ter no mínimo cem mil habitantes ou ser capital de Estado com mais de um milhão de habitantes.

- 4) Somente, após cinco anos de funcionamento é que a escola superior poderá requerer a equiparação prevista no decreto”.

Dessa forma foram sendo extintas, pouco a pouco, as faculdades e universidades que haviam sido criadas, amparadas pelo Decreto n.º 8659, de 5 de Abril de 1911. De imediato foram extintas três das quatro universidades criadas em São Paulo, a Universidade de São Paulo foi extinta em 1917. Nenhuma delas preenchia os requisitos estipulados no decreto.

A Universidade do Paraná que também não satisfazia as condições do decreto foi extinta em 1918. Em 1915 não havia universidades oficiais, logo as universidades particulares existentes que requereram equiparação como manobra para fugir da extinção, não conseguiram, como foi o caso da Universidade do Paraná, que teve seu pedido indeferido pelo então Conselho Superior de Ensino, dessa forma. A partir da extinção da Universidade do Paraná, sua diretoria resolveu criar três Faculdades: Faculdade de Direito, Faculdade de Medicina, com os cursos de Medicina e Cirurgia, Odontologia, Farmácia, Veterinária, Obstetrícia; Faculdade de Engenharia, com os cursos de Engenharia Civil e Agronomia.

A Universidade de Manaus que foi fundada em 1913 e sucessora da Escola Universitária Livre de Manaus, criada em 1909, foi extinta em 1926, dando origem a três Faculdades isoladas (Engenharia, Direito, Medicina), fórmula que havia sido encontrada em Curitiba, pelos proprietários da então Universidade do Paraná, para conseguir a equiparação com as escolas oficiais, afim de que os diplomas expedidos tivessem validade em todo território nacional.

- Em 1920, com o Decreto n.º 14343, de 7 de Setembro de 1920 o Presidente da República Epitácio Pessoa cria, “no papel”, a Universidade do Rio de Janeiro, como parte das comemorações da Independência do Brasil. Inicialmente, denominada Universidade do Rio de Janeiro, teve seu nome modificado em 05 de julho de 1937 para Universidade do Brasil, mas foi somente em 17 de dezembro de 1945 (decreto-lei nº 8393) que conquistou sua autonomia administrativa, financeira e didática. Em 1965 voltou a se chamar Universidade Federal do Rio de Janeiro, porém em 30 de novembro de 2000 conseguiu, na Justiça o direito de utilizar o nome de Universidade do Brasil.
- A fundação da primeira universidade de fato aconteceu na cidade de São Paulo, em 25 de janeiro de 1934, pelo decreto estadual n.º 6283. De fato, na década de 1920 houve o agravamento das questões políticas entre o Estado de São Paulo e o Governo Central e que atingiu o seu máximo na década de 30. Em 1932 com a Revolução Constitucionalista, quando São Paulo se ergueu contra o Governo Central e por isto, é submetido ao cerco militar, à derrota que é seguida de perdas políticas. O governador de São Paulo, Armando de Salles Oliveira resolveu investir recursos em uma Universidade, a fim de resgatar, por meio das ciências e das letras, as perdas sofridas para o Governo Federal, aliás, o brasão da USP contém a expressão *Scientia Vincet* (*Pela Ciência vencerás*). A primeira aula inaugural foi ministrada pelo professor francês Pierre Deffontaines, da cadeira de Geografia Física e Humana.

2.2 A Universidade de São Paulo :

2.2.1 - A fundação da Universidade de São Paulo.

A história da Universidade de São Paulo inicia-se oficialmente no dia 25 de janeiro de 1934, mas é importante mencionar que as suas primeiras sementes foram lançadas em 11 de agosto de 1827 com a criação da Faculdade de Direito e mais tarde com a união das Escolas Politécnica, Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Faculdades de Medicina, Farmácia e Odontologia e Filosofia, Ciências e Letras. Vários movimentos se sucederam antes da sua criação entre eles faz – se necessário mencionar os seguintes :

- Em 1923, o Prof. Ernesto de Souza Campos, após regressar dos Estados Unidos, torna-se defensor da implantação de um Centro Universitário, nos moldes americanos, é bom lembrar que nesta época os Estados Unidos possuíam 79 Universidades.
- Em 1926, o jornal “O Estado de São Paulo” inicia uma campanha a favor da criação da Universidade do Estado de São Paulo, promovendo um inquérito com base em doze quesitos que abordava os problemas da educação desde o ensino fundamental até o universitário. Esta campanha teve como organizador o redator Fernando de Azevedo e como mentor o jornalista Júlio de Mesquita Filho.
- Em 1929, o presidente do Grêmio “Osvaldo Cruz” da Faculdade de Medicina, Paulo de Toledo Artigas, convida o Prof. Álvaro Osório de Almeida para proferir uma palestra sobre o “Advento da Universidade no Brasil”. Este, em sua palestra, incita professores e alunos a “facilitar o trabalho de estudos e pesquisas, estender os conhecimentos humanos com um largo espírito de colaboração universal, criando assim uma atmosfera

de superior elevação que deixará marcas indeléveis nos jovens que nela tenham vivido durante alguns anos”, caracterizava assim o surgimento da Universidade, segundo o Professor Ernesto Souza Campos, em seu livro : “A História da USP “.

- Finalmente em 25 de janeiro de 1934 o governador do Estado de São Paulo Armando de Salles Oliveira expedia o decreto nº 6.283 da fundação da Universidade de São Paulo, ato referendado pelo Secretário Cristiano Altenfelder. Com este decreto, concretiza-se o plano organizado pelos professores, cujo relator foi Fernando de Azevedo.

2.2.2 – A criação do campus da Universidade de São Paulo.

Após a assinatura do decreto lei começaram os estudos para a sua criação. Foi aprovada a idéia de “centralizar todas as suas unidades em um só Campus comum”, denominado Cidade Universitária , como os já existentes na Europa e Estados Unidos e a experiência nacional nos núcleos universitários localizados em São Paulo (Medicina e Higiene, Saúde Pública) e em Piracicaba, a área agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, conforme narrado pelo Professor Ernesto Souza Campos, no seu livro “História da Universidade de São Paulo” que cita a necessidade de centralização dos itens abaixo discriminados:

- Centralização de departamentos ou Institutos idênticos ou afins, de acordo com as conveniências didáticas e econômicas;
- Intercâmbio de material científico, didático ou de pesquisas;

- Articulação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras com as outras Faculdades e Escolas, onde suas seções deveriam entrosar-se com as demais em sistema eficiente e econômico;
- Centralização bibliográfica em biblioteca comum, racionalizando-se a aquisição e uso de livros e revistas. As Faculdades e Escolas conservarão em suas unidades, em pequenas bibliotecas departamentais, apenas livros, revistas especializadas e de intenso uso;
- Centralização dos desportos, obedecendo em suas medidas e ações às normas internacionais;
- Centralização burocrática de serviços e idênticos;
- Formação de centros comuns de recreio, culturais em geral, como: Horto Botânico, visando fornecer elementos a educação popular e material de uso à pesquisa e didática do departamento de botânica e terapêutica, o zoológico com fins idênticos à população e aos departamentos de anatomia, histologia animal e comparada e fisiologia;
- Os museus poderiam ser mais bem organizados com a centralização universitária, face à dificuldade de se obter espécimes devido ao seu alto custo;
- Criação de locais para hospitalização de animais, que também serviriam para demonstração e experiências;

Com isto, estar-se-ia realizando a “Formação do Espírito Universitário” libertando alunos e ex-alunos do conceito de uma só escola como sua “alma mater”. Assim, ela se transformaria na

“Universidade”, onde o estudante receberia não só os ensinamentos da escola, mas outros que viam das possibilidades determinadas pela vizinhança e contato com as demais instituições.

O Governador Armando de Salles Oliveira, em junho de 1935, constituiu uma comissão encarregada de estudar o local da futura Cidade Universitária. Esta comissão era formada pelo Reitor Prof. Reynaldo Porchat (presidente) e os seguintes colaboradores: Fernando de Azevedo, Alexandre de Albuquerque, Ernesto Leme, Afrânio do Amaral, Mario de Andrade e Ernesto de Souza Campos. Após vários estudos concluíram que considerando o baixo preço de desapropriação e o tamanho desejado (de 200 alqueires paulistas – 4.840.000 m²), ou seja, uma área onde fosse possível a implantação de um Centro capaz de conter dentro de um mesmo Campus, todas as organizações ligadas à Educação Superior, Instrução Profissional, Pesquisas e Institutos Isolados, os quais deveriam ser centralizados e sistematizados de maneira a transmitir o mais íntimo contato e cooperação com aqueles de conhecimentos afins; por todos esses fatores optaram pela gleba da Fazenda Butantã.

A organização do Plano Geral ficou a cargo dos professores Antonio Almeida Prado e Ernesto de Souza Campos e colaboradores que dividiram os trabalhos em: Critério Técnico, levantamento Topográfico da Área e os Primeiros estudos de Urbanização. Após vários estudos o Escritório Técnico constata que a área da Fazenda Butantã não seria suficiente, havendo necessidade de desapropriar uma área na zona próxima a estrada de Itu (Sul) e Rio Pinheiros (Norte). Os estudos foram aprovados pelo governo e enviados à Assembléia Legislativa, através do projeto-lei n.º 378, apresentado e publicado em Diário Oficial em dezembro de 1936.

Em 15/02/1937, a Cia City of São Paulo Improvements and Freehold Land Company Limited apresenta à Assembléia uma reclamação, ou seja, a inclusão de parte dos seus terrenos no traçado do Campus, com isto e mais o golpe de Estado de 1937, dissolvendo a Assembléia e com ela o projeto de implantação de sua Cidade Universitária. Finalmente em 22/09/1944 é expedido o decreto n.º 14.190 desapropriando 1.800.000 m², completando assim os 200 alqueires paulistas. Neste mesmo ano é concedida à USP autonomia.

O Plano Diretor de 1945 foi concluído pelo Escritório Técnico e após aprovação pelo Conselho Universitário foi enviado ao Governo do Estado. O Escritório Técnico será transformado em 1960 em Fundo de Construção da Cidade Universitária.

Segundo o Professor José Roberto Leme Simões na sua dissertação de Mestrado, considera três fases áureas para a construção da CUASO são elas:

- A primeira fase áurea de 1951 a 1953, nesta fase destacaram –se os Professores Lucas Nogueira Garcez (Governador) e Ernesto de Moraes (Reitor), nesta época é destinada uma verba de Cr\$ 33.200.000,00 que torna possível a conclusão de várias obras dentre elas Betatron (Física), Edifício Gerador Van de Graaf, obras de infra-estrutura, vias principais e secundárias e desapropriações e mais 20 projetos. Além da verba recebida de doações como a da Sra Adma Jafet, Colônia Portuguesa e outras personalidades e entidades publicas e privadas.
- A segunda fase áurea de 1960 a 1963, nesta fase destacam –se o Professor Antonio Barros de Ulhoa Cintra (Reitor) que recebe total apoio do Governador Carvalho Pinto e ajuda dos professores Anhaia Mello (Diretor da FAU-USP) e Paulo C. Almeida

(Diretor do Escritório Técnico do Fundo de Construção para Cidade Universitária) que recebem a missão de planejar, projetar e construir a CUASO, para atender vinte mil alunos.

- A terceira fase áurea de 1969 a 1973, nesta fase destaca-se o Professor Miguel Reale, é considerada uma fase de transição ditada pela reforma Universitária. O Fundo de Construção da Cidade Universitária (Ex Escritório Técnico) é reformulado e passa a se chamar FUNDUSP (Fundo de Construção da Universidade de São Paulo). O FUNDUSP passa a ter como atribuições os trabalhos de projetos e construção de todas as obras da CUASO e do interior. Cria-se a Prefeitura da CUASO que tem por finalidade administrar e conservar as áreas externas. Nesta fase vários edifícios são concluídos entre eles o Pelletron, Centro de Vivências, Biomédicas, Faculdade de Economia e Administração, Conjunto de Salas (Colméias da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas), Engenharia Civil da Politécnica (o último departamento a se transferir para a CUASO), Raia Olímpica de Remo, Pistas e quadras esportivas de Tartan e iniciadas as obras referente as quadras cobertas, piscina olímpica, tanques se saltos etc.. Este período é marcado por uma nova postura na “Arte de projetar e Construir”.

Podemos confirmar as afirmações de José Roberto Leme Simões observando a tabela 2.2 que mostra por período o número de metros quadrados construídos.

Tabela 2.2 – Área construída (m²) na CUASO

Período	Área construída (m ²) no período	Área total (m ²) construída
01/50 a 02/51	1060	1.060
02/51 a 12/53	2531	3.591
02/55 a 03/57	987	4.578
05/57 a 05/60	31.090	40.319
05/60 a 05/63	102.092	137.760
06/63 a 11/66	108.828	246.588
01/67 a 01/68	26.763	273.351
01/68 a 10/69	43.410.	316.761
11/69 a 11/73	141.435	458.196
11/73 a 11/77	105.305	563.501
01/78 a 01/82	71.189	634.690
01/82 a 08/84	18.183	652.873
08/84 a 2002	219.248	872.121

Fonte: Anuário Estatístico da USP 2002 e Dissertação de José Roberto Leme Simões

Observa-se que desde a sua fundação a Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, vários Planos Diretores foram projetados e aprovados, em anexo os de 1945 a 1973 , todos tendo como linha mestra a centralização das atividades e cursos em um só local.

A construção da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira deve-se ao esforço e coragem de homens que acreditaram no seu ideal,“a criação de espírito universitário”, apesar dos golpes políticos e das sempre freqüentes crises financeiras, conseguiram driblar as adversidades e construíram esta Universidade que serve de exemplo e referência nacional.

2.3 – A infra-estrutura da Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira”.

Atualmente (2002) o Campus da Cidade Universitária possui uma área construída de 872.121,53 m², cerca de 250 edifícios que foram construídos na sua maioria nas décadas de 60 e 70.

Com um orçamento anual de R\$ 680.524.906,00 atendendo uma população de cerca de 58.546, a USP possui, hoje 123 cursos de graduação, 124 de mestrados e 113 de doutorado, estes cursos atendem a 28.937 alunos na graduação e 16.648 na pós-graduação.

O campus consome cerca de 115.000 m³ de água por mês e possui uma demanda de 20 MW, o seu pico de demanda está entre a 14:00 e 17:00 horas do dia.

Além do ensino, a USP atende a comunidade com serviços de pesquisas e assistência em todas as áreas de humanas, saúde e tecnologia.

Os dados acima mencionados, bem como maiores detalhes encontram -se no “Anuário Estatístico da USP 2002”.

3 - A infra-estrutura elétrica da CUASO

3.1 – Implantação do projeto inicial.

Em 1934, ano da fundação da Universidade de São Paulo, o governo estadual, através de decreto, criou em 03 de abril o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que foi anexado à Escola Politécnica. O IPT foi a primeira instituição a se instalar no Campus Butantã. No princípio eram barracões onde eram realizados ensaios, na área de metalurgia e madeira, de grande uso durante a 2ª Grande Guerra.

Em 1946, ano do início das obras do campus, o IPT possuía uma capacidade de 900kVA, para uma demanda de 350 kW em 3800V.

As primeiras ligações elétricas para atender os canteiros de obras da CUASO eram atendidas através do IPT. Para iniciar as obras do Campus foi instalado um transformador de 30 kVA em 3,8 kV.

Em 1949, o IPT concluiu a construção de uma nova cabine primária. Esta nova cabine possuía um transformador de 2000 kVA, ligação delta/ triângulo aterrado, tensão 13800/4160-3800V. No lado da baixa tensão, havia quatro barramentos, um deles destinados a alimentação do campus com seus diversos canteiros de obras das suas primeiras unidades, como o Betatron da Física, Laboratório de Alta Tensão do IEE e Campo de Experimentação do Departamento de Botânica, além dos alojamentos e infra-estrutura como terraplanagem, construção de caixas d'água etc..

Devido aos acréscimos de carga, em 1962 é feita a separação das instalações elétricas do IPT. O Campus passa a ser alimentado através de um transformador de 2000 kVA em 13,8 kV situado em uma cabine, que se encontra atualmente desativada, esta cabine localiza-se em frente ao prédio principal do IPT, conforme figura 3.1 que mostra o transformador e as figuras 3.2 e 3.3 com detalhes da entrada.

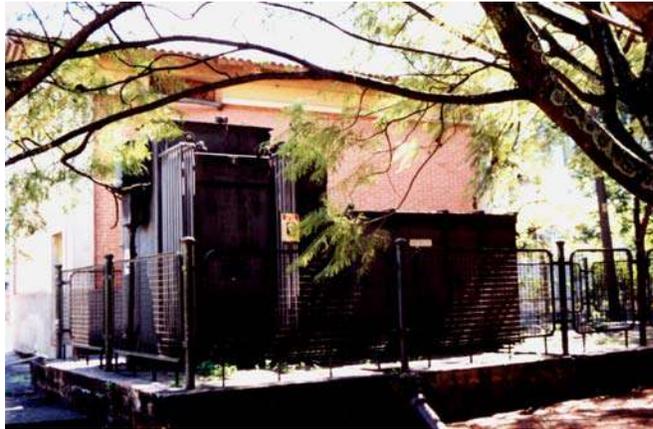


Figura 3.1 – Detalhe do transformador da antiga cabine primária.



Figura 3.2 - Entrada da antiga cabine primária.



Figura 3.3 – Entrada da antiga cabine primária da CUASO.

3.2 - A construção da subestação:

Devido a evolução do crescimento de carga e como projetado no plano diretor de 1945 (anexo T), inicia-se na gestão do Reitor Prof. Miguel Reale, a construção de uma subestação em 88 kV, para atender a necessidade de energia elétrica do Campus. Para se tornar possível, o projeto foi realizado através de um consórcio entre as firmas Siemens e Enir Engenharia S.A. A primeira, responsável pelos equipamentos e a segunda, pelos projetos elétricos, eletromecânicos e civis.

3.2.1 – A concepção do projeto.

A subestação conforme projetada no plano diretor de 1945, situa-se na área compreendida entre as antigas ruas “L e D”, atualmente avenidas Profs. Almeida Prado e Mello de Moraes, no quarteirão do IPT. Foi construída em uma área de 800 m² divididos entre o pátio da subestação, casa de comando e porão.

A subestação era atendida pelo ramal aéreo da linha de transmissão de 88 kV, da linha da antiga Light, ramal Jaguaré. A derivação era feita após a torre nº 23, situada na Av. Marginal tendo sido necessário, para atender a S/E USP, projetar um ramal constituído de duas torres até a entrada da subestação.

As estruturas dos pórticos e sustentação dos equipamentos, como existente até hoje são de concreto. O arranjo da subestação era assim constituído: 02 ramais de entrada através de pára-raios, pórtico de entrada, transformadores de corrente, disjuntor, transformadores de corrente e de potência, transformadores. A alimentação da subestação era feita por um só ramal de 88 kV.

Os transformadores eram de 5 MVA, tensão 88/13,8 kV. Os cabos de baixa tensão (tensão nominal de 13,8 kV e tensão de operação de 13,2 kV) iam para a casa de comando que abrigava dois conjuntos de cubículos. A casa de comando, como existe

até os dias atuais foi construída com dois pavimentos (térreo e porão). Sua área total é de aproximadamente 370m². No pavimento térreo encontravam-se a sala de comando com os dois conjuntos de cubículos dos dois transformadores, sala de baterias e carregador, sala de almoxarifado, escritório e banheiro. No porão situava-se a saída dos cabos para os circuitos aéreos.

Na sala de comando encontravam-se os dois conjuntos de cubículos, o primeiro conjunto era composto de oito cubículos conforme discriminado:

1. Entrada dos cabos da baixa tensão do Transformador n.º 1 de 5 MVA;
2. Saída – Circuito n.º 1 em 13,8 kV;
3. Saída – Circuito n.º 2 em 13,8 kV;
4. Saída – Circuito n.º 3 em 13,8 kV;
5. Serviço auxiliar da subestação;
6. Saída – Circuito n.º 4 em 13,8 kV,
7. Saída – Circuito n.º 5 em 13,8 kV e
8. Entrada dos cabos de baixa tensão do transformador n.º 2 de 5 MVA.

Entre o cubículo n.º 8 e o conjunto de cubículos n.º 2 havia o cubículo dos reles de proteção.

O conjunto de cubículo n.º 2 era composto dos seguintes cubículos:

1. Medição da Light;
2. Sinalização e alarme de 88 kV;
3. Serviços auxiliares;
4. Regulador de tensão do transformador n.º 1 e
5. Regulador de tensão do transformador n.º 2.

Este arranjo atendeu às necessidades de demanda da CUASO por aproximadamente dez anos. No início da década de oitenta havia a necessidade da substituição de um dos

transformadores devido ao acréscimo da demanda. A CUASO adquiriu um transformador de 10/ 12,5 MVA, porém devido a problemas financeiros, sem condições de executar as devidas mudanças necessárias e com o problema do aumento da demanda, foi feita a doação da subestação para a Eletropaulo S.E.S.A que a partir de então, ficou responsável pela substituição dos dois transformadores de 5 MVA, e outros serviços necessários bem como a manutenção e operação da subestação.

3.3 – A subestação da Eletropaulo.

A partir de 01/07/1982 a subestação da Cidade Universitária passou a se chamar ETD USP. O arranjo da subestação passou a ser o seguinte:

1. 06 Pára-raios de 120 kV;
2. 02 Secionadores de abertura central, 145 kV , 630 A;
3. 06 Transformadores de corrente, 145 kV, 1200 A , 10L800;
4. 02 Disjuntores Siemens, tipo H 801-110N-800/500E, 110/125 kV, 800 A;
5. 06 TP'S (transformadores de potencial) e 04 TC's (transformadores de corrente) para medição;
6. 06 Secionadores de abertura dupla, 1200 A, 145 kV;
7. 01 Transformador 7,5/ 9,375 MVA (TR-1) que atendia os circuitos aéreos USP-101 e 104,
8. 01 Transformador 7,5/ 9,4 MVA (TR-2) que atendia exclusivamente devido a problemas USP-102
9. 01 Transformador 10/ 12,5 MVA (TR-3) que atendia os circuitos USP-103 e 105.

Os cubículos que atendem os transformadores de 7,5 MVA continuaram na casa de comando com a mesma configuração do antigo arranjo que era dois transformadores de 5 MVA

Para o transformador de 10 /12,5 (TR-3) foram instalados cubículos externos no pátio, este transformador possui dois disjuntores de circuito, ou seja, o disjuntor do circuito aéreo USP-103 e USP-105. No atual arranjo da subestação não é possível a transferência automática da carga do TR-3 para o TR-1 ou TR-2.

Os cubículos que foram instalados para o transformador e que se encontram no pátio são: manobra, proteção do transformador, proteção e religamento dos disjuntores, painel de corrente contínua, serviços auxiliares, medição dos serviços auxiliares e medição de Tap.

Os transformadores de serviços foram retirados dos cubículos instalados na casa de comando. Atualmente a subestação é atendida por dois transformadores de 45 kVA instalados sobre uma estrutura de três postes de 10,5 metros de altura no pátio próximo a casa de comando. A figura 3.4 mostra a lateral da subestação e nas figuras 3.5 e 3.6 encontram-se os detalhes do pátio da subestação.



Figura 3.4 - Subestação (vista lateral)



Figura 3.5 – Detalhe pátio

A subestação atende a CUASO até os dias atuais, porém deve-se ressaltar que os transformadores já apresentam vazamento e final de vida útil. O transformador nº 1 é de 1968, transformador nº 2 de 1962, somente o TR-3 é de 1980. Os transformadores apresentam vazamento e o estado geral da subestação é de abandono conforme é visto nas figuras 3.6 e 3.7.

Conforme observado em visitas à subestação, esta não possui rede de telefonia. A comunicação é feita por rádio ou celular. Devido a este problema não há emissão de alarmes para o Centro de Atendimento. Portanto, qualquer problema que haja a Eletropaulo Metropolitana somente ficará ciente se for avisada pela Prefeitura da CUASO, ou se houver alguém da concessionária no momento da ocorrência, na subestação.

A proteção da subestação é feita através de relés 87(diferencial), 50(sobrecorrente instantâneo), 51 e 51N(sobrecorrente CA temporizado fase/ neutro), 27(subtensão) e 62(gás do transformador). A subestação não possui relé diferencial de barra, acarretando em desligamentos desnecessários.



Figura 3.6 – Detalhe do estado da subestação



Figura 3.7 – Detalhe do estado dos transformadores

3.4 - Os circuitos primários aéreos.

As redes de distribuição aérea da CUASO foram projetadas conforme padrão de construção da antiga Eletropaulo S.E.S.A, ou seja, postes de concreto com altura de 10,5 a 12,0 metros dependendo do esforço exercido sobre o poste. O cabo primário era apoiado em cruzetas do tipo 3X1, isto é, as duas fases da rede primária corriam no lado

externo (ou lado da rua) e uma no lado interno(ou lado das construções). O cabo do neutro era lançado abaixo da rede primária.

Os cabos utilizados nas redes primárias eram de alumínio na bitola de 336,4 MCM nas três fases e o cabo pertencente ao neutro era de bitola 3/0 de alumínio, o neutro era comum ao primário e secundário. Nota –se que havia alguns ramais em cabos na bitola 1/0 de cobre.

Os circuitos aéreos então existentes são detalhados a seguir:

- USP –101. Era o circuito de emergência. Não possuía carga instalada. Através de chaves facas instaladas nos postes, em frente à subestação e na Av Prof. Mello de Moraes, interligava-se com os circuitos USP-102/ 103/ 104 e 105.
- USP-102. O circuito USP – 102 atendia a duas unidades de cargas especiais com, já foi visto que são o Laboratório de Altas Correntes do IEE e o Tokamac do Instituto de Física. Possuía ainda um transformador que era utilizado para a Iluminação Pública

O seu trajeto era: Av. Prof. Almeida Prado até a Praça Ramos de Azevedo, uma travessia para a Av. Prof. Luciano Gualberto, Av. Prof. Luciano Gualberto até a Travessa “V”, Travessa “V” e Travessa “E”. O circuito USP-102 em casos de emergência ou de manobra poderia ser alimentado pelos circuitos USP-101/ 104 e USP – 105.

- USP –103 – O circuito USP – 103 atendia as unidades descritas na tabela 3.1. O seu trajeto era: Av. Prof. Mello de Moraes até Praça Prof. Reinaldo Porchat, Rua do Anfiteatro, Travessas “C” e II. O circuito USP-103 em casos de emergência ou de manobra poderia ser alimentado por um circuito da subestação Butantã (BUT –102) e USP-104.

Tabela 3.1 – Tabela de unidades que eram atendidas pelo circuito USP-103

Nº estação primária	NOME
27152	INST. DE PSICOLOGIA
27125	VELÓDROMO
27436	CASA CULT. JAPONESA
27416	BLOCOS D-E-F –RESTAURANTE
27464	USP CRECHE
27613	GABINETE DO REITOR
8618	ILUMINAÇÃO PÚBLICA
27153	ESCOLA ED. FÍSICA
8472	PREDIO FAC. EDUCAÇÃO
27124	CENTRO ESPORTIVO
27155	BL. CRUSP A-B C e ANF.
27409	GARAGEM BARCOS
27485	USP –MUSEU DE ARTE
9649	CEPEUSP - ESTADIO
27388	CEPEUSP –PISCINAS

Alem dos consumidores primários, no circuito USP –103 estavam ligados 16 transformadores que na sua maioria eram utilizados na Iluminação Pública.

- USP –104. O circuito USP – 104 atendia as unidades descritas na tabela 3.2.

O seu trajeto era: saída da subestação pela Av. Prof. Mello de Moraes, Av. Prof. Lúcio Rodrigues, Av Prof. Luciano Gualberto entre a Travessa “V” e a Rua da Antida Reitoria, Rua da Antiga Reitoria, Travessa “V”, Ruas do Matão e do Lago, Travessas 12 e 15 e Av. Prof. Lineu Prestes da Faculdade de Odontologia até o Biotério.

O circuito USP-104 em casos de emergência ou de manobra poderia ser alimentado por um circuito da subestação Autonomista (AUT –109) e USP-101/ 102/ 103 e 105.

Tabela 3.2 – Tabela de unidades que eram atendidas pelo circuito USP-104

Nº estação primária	Nome
27123	EP –MEC. NAVAL
8552	LABORAT. CTH
8570	ADMIN. CTH
27154	LAB. HIDRAULICA
27421	GALPÕES PROV.
27789	BANESPA
27217	FAC. ECON. ADMIN.
27931	CLUBE DOS PROF.
27328	FAC.ARQ.E URBAN.
27156	INST. QUIM. BIOTERIO
27835	INST. ELETROTECNICA
27284	INST. MAT. ESTATIST.
9934	INST. GEOCIÊNCIA
27157	ADM. F.F.L.C.H.
27453	FAZESP
27316	INST.OCEANOGRAFIC.
27323	SEM.IND(CJ Químicas)
27648	CJ. DAS QUIMICAS
27317	FAC FIL. LETRAS C.H.
27545	ENG. ELETRICA
27655	FUND. FARIA LIMA
27216	BIOMEDICAS I
27286	BIOMEDICAS II
11350	FAC. ODONTOLOGIA
27122	PREDIO ANT. REITORIA
27231	FAC. VETERINARIA
27285	CONJ.DAS QUIMICAS
27551	INST. BIOMED. III
27559	FAC. FARMACIA
27558	FAC. CIEN. FARM.
27415	INST. GEO.HISTORIA
27443	CENTRO COMP. ELET.
27619	LAB.FISICA PLAMAS
27633	ESC. COM. E ARTES
27385	INST.QUIM.BIBLIOTECA
27387	ESCOLA COM. ARTES

Alem dos consumidores primários, no circuito USP –104 estavam ligados 28 transformadores que na sua maioria eram utilizados na Iluminação Pública.

- USP-105. O circuito USP – 105 atendia as unidades descritas na tabela 3.3.

O seu trajeto era: Av. Prof. Almeida Prado, R. Aquianés, Av. Prof. Lineu prestes até o Hospital Universitário, Rua do Matão entre a Praça da Prefeitura até o IAG, Travessa “R”, IPEN e ruas internas para atender a Administração da Escola Politécnica.

O circuito USP-105 em casos de emergência ou de manobra poderia ser alimentado pelos circuitos USP-101/ 102 e 104.

Tabela 3.3 – Tabela de unidades que eram atendidas pelo circuito USP-105

Nº estação primária	NOME
27283	DEPTO MINAS MET.
27218	ENG. CIVIL
27829	ADM. CENTRAL POLI
8560	BLOCOS BIÊNIO
27324	PREF. CUASO
27322	FUND. CONT. USP
27118	COORD. PROJ. ESP.
27532	HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
9648	COPESP – MARINHA
27148	INST.FISICA PELLETRON
9851	IPEN (SO MEDIÇÃO)
27310	INSTITUTO DE FISICA
8599/ 8593	IPEN
8591 /8590	IPEN
8579/ 8574	IPEN
8601/8581	IPEN
8602/ 8573	IPEN
8586/ 8619	IPEN
8620/ 8588	IPEN
8589/ 8583	IPEN
8585/8598/ 8584	IPEN
27556	LAB. AFER. MAT.
27298	INST ASTRON GEOF.
27944	INST. ELETROTECNICA
8577	IPEN – TORNADO
27146	INST.FÍSICA BASILIO JAFET

Alem dos consumidores primários, no circuito USP –105 estavam ligados 13 transformadores que na sua maioria eram utilizados na Iluminação Pública.

3.5 – A evolução da demanda e do consumo na CUASO.

Conforme levantamento efetuado pela Prefeitura da CUASO, desenho EP-1063, tornou-se possível construir o gráfico, de demandas máximas e consumo registrado no Campus, de 1968 até os dias atuais, como é demonstrado nas figuras 3.8 e 3.9.

Os valores até 1981 foram retirados da tabela 3.4, a partir de 1981 foram projetados, tendo como base os dados da tabela, obtendo-se valores atuais coerentes, ou seja, a demanda máxima de 20 MW e o consumo na ordem de 6.500 MWh.

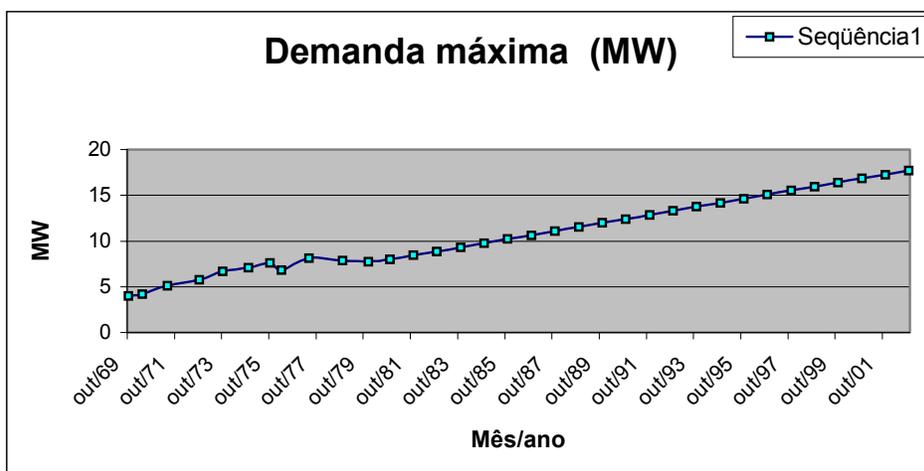


Figura 3.8 – Gráfico da demanda máxima na CUASO

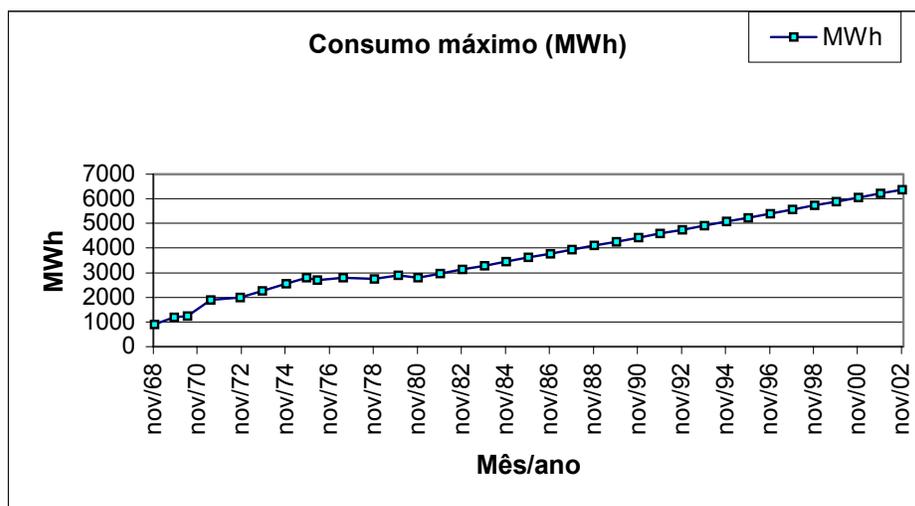


Figura 3.9 – Gráfico do consumo (MWh)

Mês/ano	Demanda (MW)	Consumo MWh	Mês/ano	Demanda (MW)	Consumo MWh	Mês/ano	Demanda (MW)	Consumo MWh
Out-68	2,70	850	Jul/74	7,35	2150	Mar-80	7,50	2300
Dez/68	2,90	900	Ago/74	6,50	2350	Mai-80	7,50	2600
Jan/69	2,80	650	Set/74	6,85	2450	Jun-80	7,35	2600
Fev/69	2,60	700	Out/74	6,90	2350	Jul-80	7,35	2650
Mar/69	3,10	850	Nov/74	7,10	2550	Ago-80	7,30	2400
Abr/69	3,00	900	Dez/74	7,00	2300	Set-80	7,75	2750
Mai/69	2,90	800	Jan/75	6,15	1900	Out-80	7,85	2750
Jun/69	3,20	1100	Fev/75	6,00	2150	Nov-80	8,00	2800
Jul/69	2,80	850	Mar/75	6,50	2200	Dez-80	7,70	2800
Ago/69	3,20	1100	Abr/75	7,20	2400	Jan-81	7,75	2450
Set/69	3,60	1100	Mai/75	7,20	2500	Fev-81	6,95	2400
Out/69	4,00	1200	Jun/75	7,30	2700	Mar-81	7,35	2450
Nov/69	3,60	1000	Jul/75	7,30	2650	Abr-81	8,00	2900
Dez/69	3,40	750	Ago/75	6,95	2550	Mai-81	7,45	2550
Jan/70	2,90	700	Set/75	7,20	2700	Jun-81	8,00	3050
Fev/70	3,20	800	Out/75	7,60	2800	Jul-81	8,15	3050
Mar/70	3,20	750	Nov/75	7,20	2600	Ago-81	7,90	2800
Abr/70	3,60	850	Dez/75	7,40	2600			
Mai/70	3,90	1250	Jan/76	6,70	2150			
Jun/70	3,85	1000	Fev/76	6,90	2550			
Jul/70	3,70	900	Mar/76	7,20	2400			
Ago/70	3,30	750	Abr/76	7,90	2700			
Set/70	4,20	1100	Mai/76	7,30	2350			
Out/70	3,80	1200	Jun/76	6,80	2600			
Nov/70	3,80	950	Jul/76	6,70	2450			
Dez/70	3,80	950	Ago/76	6,80	2250			
Jan/71	3,80	1050	Set/76	6,85	2400			
Fev/71	3,75	850	Out/76	6,85	2350			
Mar/71	3,80	800	Nov/76	6,60	2500			
FAbr/71	3,80	1000	Dez/76	6,40	2350			
Mai/71	3,60	1100	Jan/77	5,70	2000			
Jun/71	4,30	1900	Fev/77	5,95	2100			
Jul/71	4,90	1500	Mar/77	6,40	2200			
Ago/71	4,60	1450	Abr/77	7,30	2500			
Set/71	4,40	1500	Mai/77	7,20	2700			
Out/71	4,90	1700	Jun/77	7,35	2800			
Nov/71	4,75	1750	Jul/77	6,85	2700			
Dez/71	5,10	1100	Ago/77	7,25	2500			
Jan/72	4,50	1550	Set/77	7,50	2600			
Fev/72	4,50	1400	Out/77	8,10	2550			
Mar/72	4,85	1250	Nov/77	7,10	2600			
Abr/72	4,90	1550	Dez/77	7,75	2450			
Mai/72	4,70	1700	Jan/78	5,90	2200			
Jun/72	4,80	1750	Fev/78	5,85	2000			
Jul/72	4,70	1650	Mar/78	5,70	2400			
Ago/72	5,40	1900	Abr/78	7,40	2500			
Set/72	5,30	1850	Mai/78	7,35	2450			
Out/72	5,80	2000	Jun/78	7,35	2450			
Nov/72	5,50	1800	Jul/78	7,30	2600			
Dez/72	4,95	1550	Ago/78	6,40	2450			
Jan/73	4,50	1650	Set/78	7,90	2650			
Fev/73	4,60	1650	Out/78	7,60	2600			
Mar/73	5,00	1450	Nov/78	7,30	2750			
Abr/73	6,10	2000	Dez/78	7,65	2400			
Mai/73	5,40	1700	Jan/79	7,55	2100			
Jun/73	5,60	2150	Fev/79	6,20	2800			
Jul/73	5,70	1950	Mar/79	7,00	2400			
Ago/73	5,85	1900	Abr/79	7,90	2450			
Set/73	6,15	2100	Mai/79	7,55	2400			
Out/73	6,40	2250	Jun/79	7,35	2150			
Nov/73	6,70	2100	Jul/79	8,10	2800			
Dez/73	6,40	2200	Ago/79	7,35	2850			
Jan/74	5,20	1800	Set/79	7,20	2600			
Fev/74	5,80	2100	Out-79	7,75	2700			
Mar/74	6,90	1750	Nov-79	7,75	2750			
Abr/74	6,20	2200	Dez-79	7,75	2900			
Mai/74	6,10	2300	Jan-80	7,75	2500			
Jun/74	6,60	2400	Fev-80	6,30	2300			

Tabela 3.4 –
Demanda e Consumo
mensal da CUASO
de outubro/68 a
agosto/81.

Fonte:EP-1063
Gráficos da energia
elétrica consumida e
da demanda elétrica
em função do tempo

4 - Implantação do SEDE

4.1 - Filosofia do projeto

4.1.1 -Histórico

Num período de seis meses, de outubro de 1994 a março de 1995, na CUASO registraram-se cerca de 40 interrupções de energia elétrica, perfazendo um total de 80 horas de interrupção não programada, ou seja, desligamentos com o tempo médio de duas horas. Esses desligamentos tinham como causa o obsoletismo das redes aéreas de distribuição de 13,8 kV em cabos nus, em áreas altamente arborizadas e o alto índice ceraúnico da região (cerca de 80 trovoadas/ano). Esses desligamentos não programados provocaram perdas irreversíveis às atividades de ensino e principalmente na área de pesquisas (laboratórios), causando um prejuízo elevado à pesquisa e aos cofres públicos. Tal prejuízo foi estimado em R\$150.000,00 para um desligamento de duas horas com base no orçamento anual da Universidade que na época era de R\$ 600.000.000,00/ano.

4.1.2 - Idéia inicial

Devido aos grandes prejuízos causados pelos desligamentos foi formado um grupo de estudo para a modernização da rede de distribuição da USP. Este grupo era formado pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), Prefeitura da Cidade Universitária (PCO), Eletropaulo e Pirelli, com o financiamento da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), da Reitoria da USP e do Centro de Excelência em Distribuição de Energia Elétrica (CED). O IEE/USP veio a coordenar o projeto, bem como a implantação de uma nova rede de distribuição.

O projeto tinha como prioridades promover um fornecimento de energia de alta confiabilidade às unidades do campus, a um custo menor, oferecendo subsídios dessa experiência às concessionárias, assim como gerar oportunidades de novas pesquisas

para professores e alunos da graduação e pós-graduação, para técnicos das concessionárias e fornecedores de equipamentos.

Para atender as condições adversas do campus e a verba restrita disponível, foram analisadas várias alternativas de padrões de construções e os respectivos custos-benefícios, concluindo-se pela utilização de um sistema misto, composto de vários padrões de construções (descritos abaixo):

- Subterrânea;
- Isolada com cabos multiplexados;
- Protegida, com cabos cobertos sustentados por espaçadores e
- Aéreo convencional (cabo nu).

4.1.3 - Descrição dos padrões de construção

4.1.3.1 – Subterrânea

O padrão de construção subterrânea seria implementado de acordo com o padrão utilizado na época pela Eletropaulo S.E.S.A, ou seja, a abertura de valas onde são instalados dutos do tipo "kanaflex" , envolvidos por proteção de concreto, e a construção de poços de inspeção ou "bunkers", que são caixas de concreto medindo aproximadamente 2,40x2,40x2,00 metros de profundidade, onde se encontram as derivações e emendas dos cabos. Esse tipo de construção possui um alto custo devido aos trabalhos de construção civil.

O padrão subterrâneo seria utilizado na área compreendida pelas Avenidas Prof. Almeida Prado (saída da subestação), Mello Moraes, da Universidade e Luciano Gualberto. Estavam inclusas as Praças do Relógio e Reitoria devido a alta densidade de árvores, de carga (saída da subestação) e pela importância política.

4.1.3.2 - Protegida com cabos cobertos sustentados por espaçador "spacer"

O conceito de sistema aéreo "cabo espaçador" consiste na utilização de cabos cobertos de alta rigidez a impulsos atmosféricos, isolados com material de polietileno suportados por espaçadores isolantes de polietileno de alta densidade e de alta resistência ao "tracking" (fenômeno do trilhamento elétrico provocado pela descarga elétrica superficial) e o conjunto sustentado por cabo mensageiro aterrado.

O cabo mensageiro ajuda a proteger os cabos fase contra surtos atmosféricos como também mecanicamente, quando da queda de árvores e ventos podendo também ser utilizados como neutro do sistema.

Os condutores fases não são blindados são instalados em formação triangular sendo utilizados espaçadores em intervalos de 7 a 10 metros. A distância entre os condutores fase depende das tensões do sistema, sendo 190mm para tensões de 5 a 15 kV e 280mm para tensões de 35 kV.

O sistema "cabo espaçador" apresenta a mesma versatilidade de um sistema aéreo com cabos nus e com as vantagens da compactação e confiabilidade próprias de um sistema com cabo blindado. Essas vantagens se tornam mais evidentes em áreas altamente arborizadas e em faixas estreitas de passagem, conforme relatado no XI Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Blumenau, 13 a 18/set/92 - Cabos e acessórios para rede aérea isolada e protegida.

Essa construção seria utilizada no trecho compreendido entre as Praças Prof. Ramos de Azevedo e da Prefeitura, Ruas do Matão e do Lago.

4.1.3.3 - Isolada com cabos multiplexados (pré-reunido)

Os cabos pré-reunidos ou multiplexados de média tensão são utilizados nas concessionárias de energia elétrica como alternativa econômica ao sistema subterrâneo, principalmente nas saídas de subestações.

O cabo pré - reunido compreende o conjunto de três cabos fase multiplexados ao redor do neutro/mensageiro, normalmente em alumínio liga. Cada cabo fase é constituído por um condutor de alumínio coberto com camada semicondutora com espessura de 0,8 mm, isolamento em polietileno reticulado (XLPE) com espessura de 4,5 mm e uma camada semicondutora externa com 1,0 mm de espessura.

Nas construções de rede com cabos pré-reunidos são utilizados terminais e emendas termocontráteis por serem de alta confiabilidade, alto desempenho em ambientes agressivos, estanqueidade permanente, facilidade e rapidez na instalação.

Para a conexão de transformadores e derivações são utilizados acessórios desconectáveis para 200 A e 600 A, do tipo "dead-break" que permitem serem desconectados sem tensão e sem carga e os do tipo "load-break" que permitem eventualmente serem desconectados com tensão e carga, por possuir dispositivos que extinguem o arco elétrico.

As ferragens utilizadas são o braço suporte com gancho e os grampos de suspensão e ancoragem.

Esse padrão seria utilizado na área compreendida entre a Rua do Matão e a Rua do Lago.

4.1.3.4 - Aéreo (cabo nu)

O padrão convencional aéreo (cabo nu) seria utilizado no trecho desde a Praça "4" ao longo da Av. Prof. Lineu Prestes e Av Prof. Almeida Prado até a Prefeitura, que é um trecho sem árvores.

4.1.3.5 - Custos de construção

Os custos envolvidos na construção dos diversos tipos são demonstrados na tabela e figura 4.1 A fonte desses dados é o Relatório Técnico, referente ao projeto CED.050/MATR001/RL001/0R – Outubro de 1992.

Tabela 4.1 – Custos estimados dos vários tipos de construção de rede de distribuição.

Tipo de rede	Custo por US\$/km
Convencional	69.980,00
Cabo coberto	98.992,00
Compacta spacer	104.143,00
Pré-reunido	169.970,00
Subterrânea	663.546,00

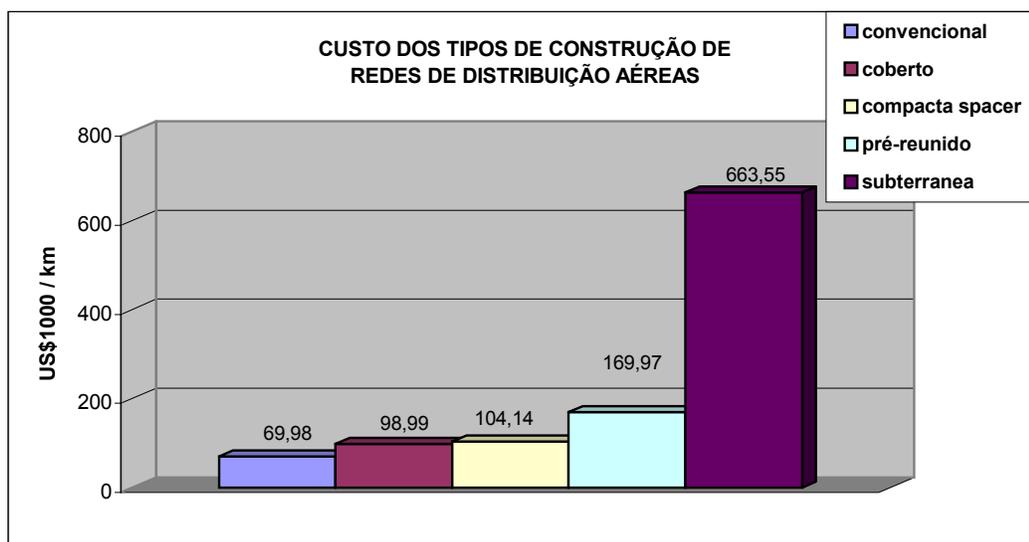


Figura 4.1– Gráfico de Custos x tipos de rede de distribuição

4.2 – Sistema enterrado - Projeto final

O IEE junto com a CESP, Eletropaulo e Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL desde o início da década de 90 estavam estudando os cabos com isolamento XLPE. Destes estudos efetuados pelo Centro de Excelência da Distribuição - CED junto com as concessionárias verificou-se a viabilidade técnica de enterrar os cabos diretamente no solo. Concluiu-se que com o orçamento de R\$ 6.000.000,00 seria possível enterrar todo o sistema de 13,8 kV que atende a cidade universitária, tal idéia foi reforçada principalmente pelo controle da Prefeitura do CUASO nas futuras obras e também ao grande número de áreas livres.

O projeto atual consta de cinco circuitos em 13,8 kV, com extensão total de aproximadamente 20 Km. Possui um traçado diferente ao antigo aéreo, alimentando 58 cabines de média tensão e 34 transformadores de distribuição tipo pedestal, num total de aproximadamente 20 MVA de demanda (vide anexo L). Os padrões de construção utilizados foram os seguintes:

- Diretamente enterrado;
- Instalação de eletrodutos corrugados de polietileno envelopados em concreto e
- Nas travessias, método de perfuratriz direcional não destrutivo com eletroduto liso de PEAD.

4.2.1 – Diretamente enterrado

Cerca de 17 km dos cabos foram enterrados diretamente no solo com valas de 1,20m de profundidade e 0,30 m de largura. Os circuitos estão sinalizados com duas fitas de aviso, enterrada a 40 e 80 cm de profundidade. Considerou-se que esta situação não é crítica, com relação à proteção dos cabos, pois a Universidade tem controle sobre as futuras obras no campus da CUASO.

4.2.2 – Instalação de eletroduto corrugado de polietileno

Na saída da subestação os cabos foram instalados em banco de eletrodutos corrugados de polietileno de 5 polegadas de diâmetro, envelopados em concreto. Cerca de 3 km de cabos pertencentes aos quatro circuitos de distribuição, correm paralelos ao longo da Av. Prof. Dr. Almeida Prado, desde a Subestação até a Praça Prof. Ramos de Azevedo.

4.2.3 - Método de perfuratriz direcional – método não destrutivo

Cerca de 2 km de circuitos foram instalados em eletrodutos lisos de polietileno de alta densidade (PEAD) de 5 polegadas de diâmetro, nos trechos de travessias de vias ou lugares onde houve dificuldades para fazer valas. O diâmetro dos tubos é de 140mm e 110mm dependendo do cabo a ser lançado, classe de pressão PN8 (8kgf/cm²), suficiente para suportar a pressão proveniente da passagem de veículos sobre o leito carroçável.

Os tubos de PEAD fornecem boa rigidez dielétrica (700kV/cm), alta resistência química e mecânica, baixa rugosidade, longa vida útil, são estanques, atóxicos e de excelente soldabilidade. Os tubos de 140 mm, fornecidos em barras de 12 metros foram soldados por método de solda denominado "Solda de topo por termofusão", (os tubos foram soldados de topo, face a face). A fusão do material é realizada com auxílio de uma placa de aquecimento a temperatura e pressão controlados, durante um período pré - especificado. Foram fornecidos em bobinas os tubos de 110 mm, não sendo necessário realizar as soldas.

Os tubos de PEAD foram instalados através de um método não destrutivo, com equipamento de perfuração direcional adquirido pela Universidade, cujo funcionamento é descrito a seguir:

Inicialmente, a perfuratriz executa um furo piloto com uma broca em forma de bisel, escavando o solo através de jatos de lama bentonítica (tipo de argila) em alta pressão. A perfuração é monitorada através de um transmissor acoplado na broca que se comunica constantemente com um receptor na superfície. Ao atingir o ponto final da escavação, a broca é substituída por um escarificador, que alarga o furo piloto para o diâmetro desejado. A tubulação é acoplada ao escarificador que percorre o caminho inverso ao da broca.

Razões de ordem econômica levaram a equipe do projeto a optar pela importação de duas máquinas, uma valetadeira (figura 4.2) e uma perfuratriz direcionada. Estudos econômicos comparativos entre o preço a ser pago de aluguel a empresas que possuem estas máquinas e conhecem o serviço e a importação direta das mesmas, levou a equipe do projeto a optar pela importação que custou a Universidade US\$ 220.000,00 cerca de R\$ 240.000,00 na época. Foram compradas da empresa Vermeer Manufacturing CO, IOWA - USA, uma valetadeira V5750 e uma perfuratriz D16X20 Navigator. A compra destas máquinas equivaleu a um custo de R\$ 10,00 por metro linear do sistema de distribuição, aproximadamente 5% do total do projeto. Com o término do projeto as duas máquinas estão sendo utilizadas na CUASO em vários outros trabalhos de instalações tais como gás, vapor, esgoto e telefonia.



Figura 4.2 – Valetadeira em operação

4.3 - Caixas de inspeção

As caixas de inspeção, onde ficam todas as derivações de circuito apresentavam um alto custo para a construção dos "bunkers" subterrâneos, feitos em concreto. Neste projeto estas caixas tradicionais foram substituídas por anéis cilíndricos de concreto pré-fabricados, usualmente utilizados em sumidouros ou fossas sépticas. A grande vantagem está no custo muito menor e na facilidade e rapidez de montagem. A outra

vantagem está no arranjo físico dos cabos dentro da caixa, uma vez que a forma cilíndrica das paredes não impõe um esforço mecânico para fazer as curvas. O diâmetro interno varia entre 2,10 a 2,40 metros.

Os cabos, emendas e acessórios desconectáveis são sustentados nas laterais internas mediante a colocação de suportes (conforme figura 4.4)

A altura varia entre 2,00 a 2,20 metros, visto que os trabalhos foram executados em quatro etapas distintas. Esta variação é devido ao tamanho dos anéis. Para cada caixa foram utilizados quatro anéis. No fundo da caixa existe um dreno para escoamento e o devido aterramento conforme mostrado na figura 4.3. Aproveitando as obras houve uma adequação das caixas para a instalação de fibra ótica (figura 4.5) para futura utilização na CUASO.



Figura 4.3 – Detalhe do aterramento na caixa de inspeção

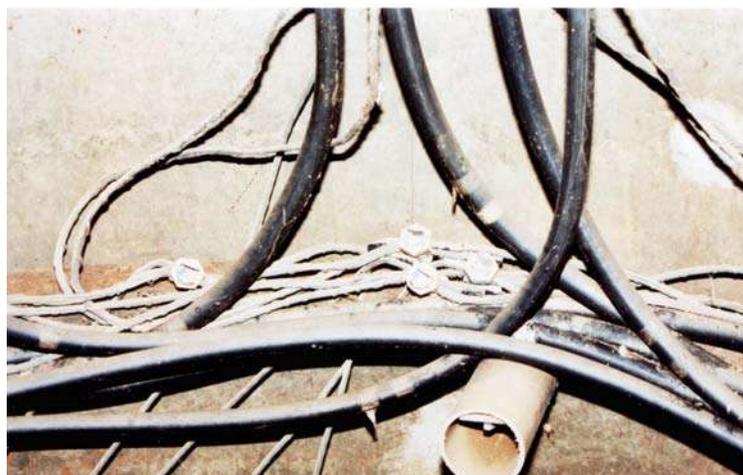


Figura 4.4 – Detalhe da fixação dos cabos na caixa de inspeção



Figura 4.5 – Detalhe da instalação da fibra ótica

4.4 - Sistema de distribuição enterrado

O novo sistema de distribuição foi projetado com cinco circuitos enterrados respectivamente de USP- 102 a USP-106 , não possuindo circuito de emergência na subestação e como já dito, com trajeto diferente do aéreo. Os cabos da linha tronco são de bitola 240 mm^2 , os ramais são de 70 mm^2 e a ligação dos ramais para as cabines primárias e transformadores são de 35 mm^2 .

O carregamento dos novos circuitos foi projetado com base nas leituras realizadas na subestação dos circuitos aéreos. Na ocasião as leituras apresentavam a seguinte situação:

USP - 102 - 60 A - barra 2 do transformador 2 de 7,5/ 9,4 MVA ;

USP - 103 - 50 A - barra 3 do transformador 3 de 10 / 12,5 MVA ;

USP - 104 - 340 A - barra 1 do transformador 1 de 7,5/ 9,375 MVA e

USP - 105 - 220 A - barra 3 do transformador 3 de 10 / 12,5 MVA .

O carregamento dos novos circuitos foi implantado da seguinte maneira :

- USP - 102 (enterrado) mantém a mesma carga do USP – 102 aéreo, ou seja é exclusivo para os Laboratórios de Altas Correntes do IEE e o Tokamac do Instituto de Física, tendo características impulsivas , este circuito poderá ser utilizado para socorro dos outros circuitos em caso de emergência.
- USP - 103 (enterrado): Demanda total de 4.059 kW sendo que:
 - 82 % da carga USP - 103 aéreo;
 - 20,8 % da carga USP - 104 aéreo;
 - 4 % da carga USP - 105 aéreo.
- USP - 104 (enterrado): Demanda total de 3.045 kW sendo que:
 - 18 % da carga USP - 103 aéreo;
 - 18,2 % da carga USP - 104 aéreo;
 - 11 % da carga USP - 105 aéreo.
- USP - 105 (enterrado): Demanda total de 5.165 kW sendo que:
 - 85 % da carga USP - 105 aéreo.
- USP - 106 (enterrado): Demanda total de 6.226 kW sendo que :
 - 61 % da carga USP - 104 aéreo.

Observação: Para o cálculo das demandas do circuito USP -105 foram consideradas as cargas do IPEN e da CTMSP I e II.

Após inúmeras reuniões entre os membros de equipe, discussão com especialistas das empresas concessionárias e com os consultores dos fabricantes, optou –se por importar, além do equipamento já citado, os seccionadores em SF6, os desconectáveis e as emendas. Foram adquiridos no Brasil os cabos elétricos, os transformadores e alguns acessórios de segurança.

4.5 - Equipamentos e materiais:

4.5.1 - Cabos elétricos:

Os cabos utilizados são tripolares, em cobre, bloqueados, multiplexados, sem capa de proteção ou armadura, 8,7/15 kV, isolamento em XLPE, com blindagem reforçada e de fabricação da Alcoa (Phelps Dodge), conforme figura 4.6 e descrito abaixo:

- 1 -Condutor
- 2 -Blindagem do condutor
- 3 -Isolação
- 4 - Parte não metálica
(camada semicondutora)
- 5 - Parte Metálica(fios de
cobre)
- 6 - Cobertura em PVC

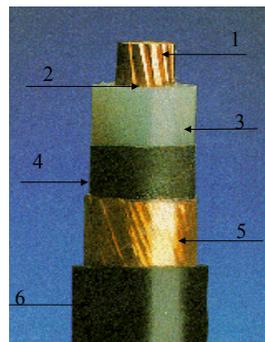


Figura 4.6 – Detalhe construtivo do cabo utilizado

1. Condutor: Cobre nu, têmpera mole, encordoamento classe 2, redondo compacto, é constituído de um fio longitudinal, em torno do qual são colocados, em forma de espiral, uma ou mais coroas de fios de mesmo diâmetro do fio central. Após esse

processo sofre um processo de compactação através da passagem da corda por um perfil que reduz seu diâmetro original com deformação dos fios elementares. As vantagens desse tipo de construção são: redução do diâmetro externo, eliminação dos espaços vazios no interior do condutor, porém apresentando uma menor flexibilidade em relação ao encordoamento normal. O cabo de 240 mm² apresenta 37 (1+6+12+18) fios e o de 70 mm² 14 (4+10) fios.

2. Blindagem do condutor: Camada semicondutora aplicada por extrusão com a espessura média de 0,67 mm (70 mm²) e 0,70 mm (240 mm²).
3. Isolação: É um composto termofixo (não amolecem com o aumento da temperatura) do tipo polietileno reticulado (XLPE), para uma temperatura normal de operação no condutor até 90°C. Em média três são os fatores fundamentais no desempenho de uma boa isolação: resistência à ionização, rigidez diéletrica e fator de perda. Apresenta uma espessura média de 4,87 e 4,67mm (240/70 mm²).
4. Blindagem de isolação: A blindagem de isolação é composta de duas partes, a primeira parte não metálica, que é uma camada semicondutora aplicada por extrusão, bloqueada a passagem de água ou umidade. A função desse bloqueio é minimizar o efeito “water treeing” na isolação.
5. Blindagem de isolação: A segunda parte, metálica que é constituída de cerca de 45 fios de cobre nu, tempera mole, com 1,0 mm de diâmetro para cabos de 240 e 70 mm² que tem como função fornecer um caminho de baixa impedância para condução das correntes induzidas no caso de curto-circuito, quando se deseja uma capacidade de corrente bem definida à construção. Os cabos apresentam blindagem reforçada, no intuito de suportar correntes elevadas em situações de curto - circuito até que sejam acionados os dispositivos de proteção. As blindagens são aterradas em todas as derivações (desconectáveis) e em transformadores e seccionadores.

Os cabos foram submetidos a ensaios e testes na fábrica e no término das obras de instalação que são :

- Stripping;
- Alongamento à quente;
- Fator de perdas no dielétrico (tangente delta);
- Dimensionais (valores máximos e mínimos);
- Mecânicos (tempo de envelhecimento, tração e alongamento);
- Resistência ôhmica;
- Resistência de isolamento;
- Tensão aplicada e descargas parciais.

Os relatórios dos ensaios dos cabos encontram-se nos anexos A e B.

Foram adquiridos os seguintes cabos (nos circuitos troncos a seção do condutor é de 240 mm², nos ramais 70 mm² e nas derivações para as cabines e transformadores de 35 mm²):

- 16.000 metros de cabo de cobre selado triplexado, 3x1x240 mm², corrente máxima de 563 A, tensão de 8,7 /15 kV, classe de isolamento de 15 kV, seção de blindagem 35 mm².
- 13.970 metros de cabo de cobre selado triplexado, 3x1x70 mm², corrente máxima de 283 A, tensão de 8,7 /15 kV, classe de isolamento de 15 kV, seção de blindagem 35 mm².
- 6.100 metros de cabo de cobre selado triplexado, 3x1x35 mm², corrente máxima de 196 A, tensão de 8,7 /15 kV, classe de isolamento de 15 kV, seção de blindagem 35 mm².

4.5.2 - Transformadores:

Os transformadores adquiridos são da Cemec com fábrica em Fortaleza, no estado do Ceará. São do tipo pedestal, trifásicos de 75 kVA, 150 kVA e 225 kVA, imersos em óleo mineral.

Os transformadores em pedestal são selados para utilização ao tempo, montados em uma base de concreto, com compartimento blindado para conexão dos cabos de média e baixa tensão. A pintura externa na cor verde Petrobrás nº 3344, Munsell 2,5 G4/8 para melhor integração com o ambiente externo do campus. Todo o transformador tem a ligação do tipo triângulo / estrela aterrado e enrolamentos em cobre. A temperatura média dos enrolamentos é de 50/55°C o resfriamento é do tipo ONAN (meio/ óleo-resfriamento natural e meio/ ar-resfriamento natural). Os níveis de isolamento são de 15 kV para alta tensão e 1,2 kV para baixa tensão. Possuem três taps na alta tensão, ou seja, 13800V /13200 V e 12600 V e dois na baixa tensão 220V/127 V.

Os transformadores são dotados de visor do nível de óleo, dispositivo de aterramento, meios para suspensão do transformador, placa de identificação, válvula de drenagem, amostragem e filtragem do óleo, válvula de alívio de pressão, conjunto para enchimento e filtro de óleo, bucha com epóxi Elastimold, fusível baioneta e fusível limitador de corrente. Não foram utilizados transformadores submersíveis devido ao alto custo das obras civis para enterrá-los e dos equipamentos.

Foram utilizados para proteção dois tipos de fusíveis, os do tipo baioneta com acesso externo e com as capacidades de 5/12/15A respectivamente para os transformadores de 75/150 e 225 kVA e os fusíveis do tipo limitadores de corrente, sem acesso externo para proteção em caso de defeito interno, os limitadores são do tipo Hi Tech e com a capacidade de 35/35 e 65 A respectivamente para os transformadores de 75/150 e 225 kVA, a figura 4.7 apresenta um transformador de 150 kVA instalado na Av. Prof. Mello de Moraes com Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues.



Figura 4.7 - Detalhe interno do transformador de 150 kVA.

Foram realizados na fábrica os seguintes ensaios de rotina:

- Tensão aplicada AT e BT (60 Hz / 1 min);
- Tensão induzida: 120 Hz / 60 Seg. / 440V;
- Polaridade e deslocamento angular;
- Sequência de fase;
- Estanqueidade: Pressão 0,7 kgf/cm²/60 min;
- Rigidez dielétrica do óleo: 51,2 kV;
- Resistência de isolamento (MΩ);
- Resistência ôhmica;
- Ensaio em carga (em 13,8 kV, temperatura ambiente, tensão, W1, W2, W3, Wcobre, Vcc);
- Ensaio em vazio (em 220V, I1, I2, I3, W1, W2, W3, Wferro, Io% , W total) e
- Relação de transformação (13.800/ 13.200/ 12.600 V).

Observação: Os dados dos ensaios e os desenhos dimensionais e placas de identificações estão nos anexos C/ I/ J e K.

Quando do recebimento dos transformadores foram realizados os seguintes ensaios no Instituto de Eletrotécnica e Energia:

- Relação de transformação;
- Resistência de isolamento e
- Tensão aplicada;

Os transformadores foram instalados conforme tabela 4.2 abaixo:

Tabela 4.2 – Quantidade de transformadores instalados por circuito.

	USP -102	USP-103	USP-104	USP-105	USP-106	TOTAL
75 kVA	-	03	03	08	05	19
150 kVA	-	06	05	02	-	13
225 kVA	-	-	-	01	01	02
TOTAL	-	09	08	11	06	34

A carga majoritária dos transformadores é para atender a iluminação pública.

A baixa tensão é atendida através de um armário instalado ao lado do transformador, que possui a mesma cor do transformador. Próximo ao armário tem um pequeno poste, onde está instalado o relé fotocélula para acionamento da iluminação pública do Campus, a figura 4.8 mostra detalhes do interior do armário da baixa tensão.



Figura 4.8 – Detalhe do armário da baixa tensão

4.5.3 - Secionadores :

Os seccionadores utilizados são de 3, 4 e 5 vias para manobras, dispostos estrategicamente nos circuitos principais com o objetivo de diminuir trechos desenergizados nos casos de manutenção preventiva ou corretiva, além de aumentar a confiabilidade e a operação do sistema elétrico de distribuição, conforme figura 4.9



Figura 4.9- Detalhe do seccionador instalado próximo a Praça 4

Os seccionadores utilizados tem a isolação em SF6, dimensões e peso reduzido são do tipo submersível, porém instalados sobre base de alvenaria, acima do solo.

Possuem a possibilidade futura de colocação de motores de acionamento, baterias, recarregadores, painel de operação e interface RS - 232 para operação à distância. Esses detalhes são vistos nas figuras 4.10, 4.11 e 4.12. Somente o seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário possui atualmente esses acessórios. São disponíveis também acessórios para monitorar a situação dos seccionadores, tais como transformador de corrente, indicadores de tensão e situação do gás SF6.

Nos anexos G e H estão os desenhos dimensionais dos seccionadores de 5 e 4 vias.



Figura 4.10 – Seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário

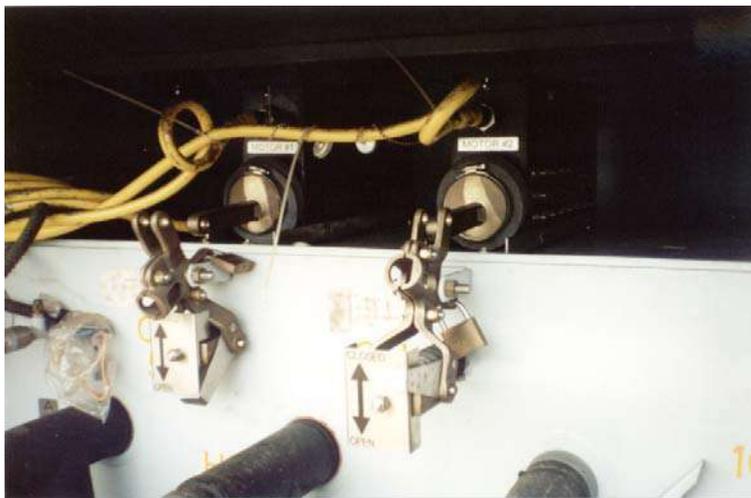


Figura 4.11 - Detalhe do seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário



Figura 4.12 - Detalhes do seccionador instalado em frente ao Hospital Universitário

Os seccionadores adquiridos estão discriminados na tabela 4.3 abaixo:

Tabela 4.3 – Quantidade e descrição dos seccionadores adquiridos.

Quantidade	Descrição
02	Secionadores, tipo pedestal, isolamento em SF6, 03 vias, 01 seccionamento, catálogo - PG6 -31-15, modelo 626/647, 15,5 kV, 600 A , 22,5kA , fabricante Canada Power Products Corp.
04	Secionadores, tipo pedestal, isolamento em SF6, 05 vias, 04 seccionamento, catálogo - PG6 -54 – 15, modelo 66626/647, 15,5 kV, 600 A, 22,5kA, fabricante Canada Power Products.
06	Secionadores, tipo pedestal, isolamento em SF6, 04 vias, 03 seccionamento, catálogo PG6 -43-15 , modelo 6626/647 , 15,5 kV, 600 A , 22,5kA, fabricante Canada Power Products
01	Secionador, tipo pedestal, isolamento em SF6, 04 vias,03 seccionamento, catálogo - PG6 -43-15 , modelo 6626/648 , 15,5 kV, 600 A, 22,5kA, com os respectivos insertes de operação em carga na via de 200A , gabinete de 52 polegadas e com um conjunto completo de transferencia automática incluindo sensor de tensão e de corrente, fabricante Canada Power Products Corp.
06	Secionador, tipo submersível, SF6, 600 A, 03 fases, 02 vias e 01 seccionamento, catálogo nº SG6-21-15, instalada no porão da subestação, servirá de seccionador de saída dos circuitos USP-102/103/104/105/106 e um de reserva, fabricante Canada Power Products.

4.5.4 - Acessórios desconectáveis

Nas derivações foram utilizados elementos da linha de acessórios desconectáveis de 600A e 200A, devido à maior versatilidade oferecida, à padronização das interfaces, projeto modular e pelo fato de serem reusáveis, isolados e submersíveis. A linha de desconectáveis escolhida é do tipo load-break (apenas para 200 A), passível de abertura e fechamento sob carga e fechamento em curto. Os desconectáveis são isolados em EPR pré moldado e totalmente blindados. Foram importados e são de fabricação da Elastimold. Os desconectáveis utilizados e suas quantidades estão na tabela 4.4 e no anexo D.

Tabela 4.4 – Tipo e quantidade de desconectáveis utilizados na rede enterrada

Item	Descrição	Quantidade total
1	Terminação para cabo	36
	Ref. PCTI - 250-5	
2	Terminação para cabo	234
	Ref. PCTI - 220-5	
3	Capa Isolante com aterramento	54
	Ref. 160 DRG	
4	Plugue de conexão	48
	Ref. K 650 CP	
5	Conector com ponto de teste	519
	Ref. 166 LRA 5220	
6	Conector com ponto de teste	345
	Ref. 166 LRB 5250	
7	Conector serie 600	26
	Ref. K 655 LRF 250	
8	Corpo de conector estirador c/ prisioneiro	144
	Ref. K 655 BVS	
9	Junção de 3 pontos c/ suporte	127
	Ref. 164 J3	
10	Junção de 4 pontos c/ suporte	39
	Ref. 164 J4	
11	Selo para capa	1242
	Ref. 200 ECS	
12	Chave de pino	5
	Ref. 600 SW	
13	"Terminal chato de um furo	93
	"Ref. 0110220	
14	Bucha isolada	6
	Ref. K650 SOP	
15	Terminal chato de um furo	21
	Ref. 0110250	
16	Indicador de defeito em circuito trifásico	47
	Ref. modelo EC 35 –3000615D200B1.0M15	

Item	Descrição	Quantidade total
17	Emenda para cabo de 15 kV	63
	Ref. 25 PCJIK2310	
18	Emenda para cabo de 15 kV	27
	Ref. 15 PCJIK2250	
19	Conector de compressão para	21
	emenda PCJ tamanho 310 - Ref. 03800231P	
20	Conector de compressão para	12
	emenda PCJ tamanho 250 - Ref. 0380225P	
21	Terminação para cabo referencia	21
	35MTG-HAB-450-4-3	
22	Suporte isolante para bucha	30
	Referencia 161 SOP	
23	Plugue de redução para operação	183
	sob carga refe. 650 ETP	
24	Conector serie 600	52
	Referencia K 655 LRK 310	
25	Plugue isolante com capa	105
	Ref. 650 K BIP	
26	Adapatador de cabo	294
	Ref. 655 CAK	
27	Terminal de compressão	318
	Ref. 03700310	
28	Inserte para bucha tipo em operação em carga	135
	Ref. 1601A4	
29	Prisioneiro para conector serie 600	27
	Ref. 650 AS	
30	Inserte com derivação	9
	Ref. 1602 A3R	
31	Adaptador de cabo	15
	Ref. 655 CAF	
32	Terminal de compressão Ref. 03700250	15
33	Corpo de conector serie 600 com prisioneiro	30
	Ref. K655 BLR	
34	Porta fusível 15 kV	38
	Ref. FH 15	

Item	Descrição	Quantidade total
35	Fusível de potência em SF 6 , 15 KV, 200 A , curva E	54
36	Ferramenta de montagem	3
	Ref. 200 AT	
37	Haste de Teste	3
	Ref. 370 TR	
38	Contato bimetálico longo	12
	Ref. 025005220	
39	Contato bimetálico longo	12
	Ref. 025005250	
40	Ferramenta para retirada do fusível	2
	Ref. FRT	
41	Tubo de silicone com 5 OZ	18
	Ref. SL - 5	
42	Terminal chato de dois furos	3
	Ref. 35 MTCGA - HAB - 450 -3	
43	Emenda para cabo	66
	Ref. 15 PCJ1F2220	
44	Conector de compressão para emenda PCJ-220	3
	Ref. 0380222P	
45	Conector série 600	36

4.5.4.1 - Emendas fixas

As emendas fixas utilizadas são do tipo conectores permanentemente "crimpados" isolados com acabamento em corpo sólido, dispensando a utilização de adesivos ou fitas. A qualidade da emenda neste caso, independe da perícia do instalador e pode ser executada um pouco mais rapidamente que as emendas retas convencionais. O custo desta emenda fixa é da mesma ordem de grandeza de uma emenda contrátil a frio ou termocontrátil e permite conexão com cabos de diferentes bitolas. Na figura 4.13 é mostrada a emenda dos cabos na caixa de inspeção n.º 25



Figura 4.13 – Emenda dos cabos na caixa de inspeção n.º 25

4.5.4.2 – Fusíveis

Foram utilizados fusíveis para a proteção de determinados ramais, conforme especificado, a isolação é feita em gás SF₆, o número do catálogo é F200E15, 15KV, AT-50/60, conforme anexo E. Foram utilizados somente fusíveis com a capacidade de 200 A. Abaixo a figura 4.14 mostra os fusíveis instalados no ramal que atende ao Instituto de Química.

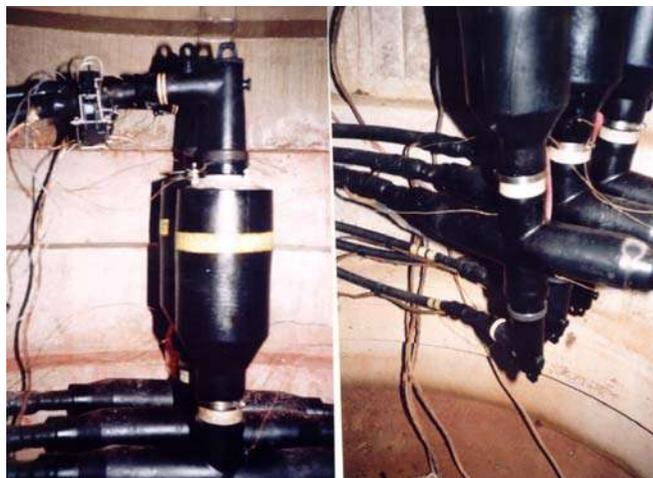


Figura 4.14 -Detalhe da instalação dos fusíveis do ramal do Instituto de Química

4.5.5 - Indicadores de defeito

Em pontos críticos dos circuitos foram colocados indicadores de defeito. No caso de falha é acionada uma bandeirola de sinalização. Podemos com esta informação e por exclusão de trechos, detectar o local do problema. Foram instalados 35 indicadores de defeito trifásico, em diversos pontos da rede.

Devido à falta de dados técnicos fornecidos pelo fabricante foi levantado no laboratório de Altas Correntes do IEE o ponto de saturação e as condições de reset. Conforme manual, o nível de reset é de 1A, o modo é automático e o tempo de retardo de reset é de 30 minutos, ou seja, o tempo em que retornará a indicação normal depois de sanado o defeito.

Deste ensaio pode-se observar que o ponto de atuação está entre 450 e 480 Ampères. A atuação é verificada através do acionamento de uma bandeirola alaranjada. Notou-se que o circuito foi desligado (simulada a situação de normalização) e não houve reset automático quando o circuito chegou ao nível de 1A aos trinta minutos como é dito no manual do fabricante. Observou-se, também em constatações no campo que há indicadores de defeito que continuam com a bandeirola alaranjada acionada, mesmo depois que foram sanados os problemas da rede primária. Na figura 4.15 é mostrado um indicador de defeito instalado na caixa de inspeção n.º 34 (ramal de 75 mm²) da Av. da Universidade.

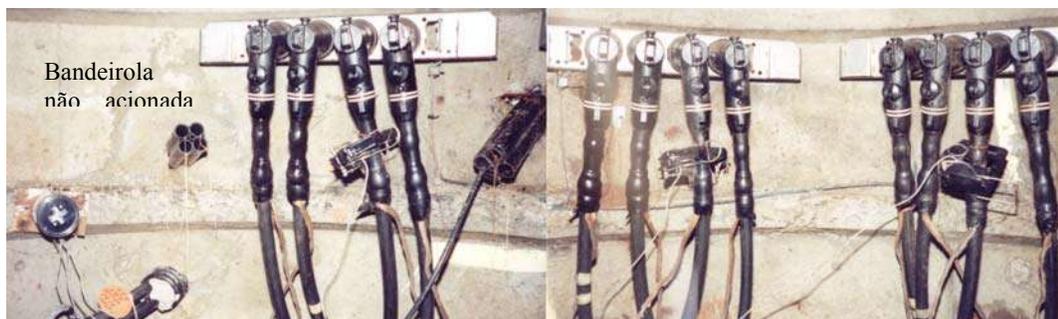


Figura 4.15 -Indicador de defeito instalado na caixa de inspeção n.º 34.

4.6 - Execução e Energização :

4.6.1 - A execução e energização

Os serviços de abertura de valetas, enterramento dos cabos, instalação dos transformadores e seccionadores, execução das derivações, emendas e terminações, lançamentos dos cabos de 240, 70 e 35 mm² bem como a preparação das cabines primárias para nova alimentação terminaram em agosto de 1999. Os serviços foram executados pelas turmas da firma Alusa e da Prefeitura do Campus.

As manobras foram realizadas pela Eletropaulo, obedecendo a um roteiro de energização elaborado pelo IEE/PCO, no anexo N.

Devido à configuração elétrica fez-se necessária a energização a partir da subestação. Os circuitos quando energizados foram colocados em carga.

Em 20/09/99, após manobras foi energizado o primeiro trecho do circuito enterrado do Campus, pertencente ao circuito enterrado USP-103 que passou a alimentar as cargas do USP – 104 (enterrado). No dia 07/10/1999 foi energizado o circuito USP - 106 (enterrado). Em 22/11 /2000 foi desenergizado o circuito USP -101 aéreo, normalizando a situação dos seccionadores do porão .

Desde fevereiro de 2000 o Campus está sendo alimentado pelo novo sistema de distribuição de energia elétrica.

4.6.1.1 – Descrição dos novos circuitos primários enterrados:

Como já foi dito os novos circuitos apresentam um trajeto diferente do aéreo, os novos circuitos enterrados foram denominados USP-102/USP-103/USP-104/USP-105 e USP-106 e poderemos descrever os seus trajetos através da localização das caixas de inspeções.

4.6.1.1.1 – Circuito enterrado USP-102

Este circuito é o único que continuou com as mesmas características de carga do aéreo, considerado especial por atender apenas duas unidades o Laboratório de Altas Correntes do IEE e o Tokamak do Instituto de Física. Estes laboratórios realizam determinados ensaios que geram valores altíssimos de pico (cerca de 14 MVA em 8 segundos), que reflete em distúrbios na rede elétrica. Para se eliminar os distúrbios na rede de 13,2 kV, fez-se necessário a exclusividade da alimentação, ou seja, existe na subestação um transformador de 7,5/9,4 MVA que alimenta exclusivamente esse circuito.

Como o sistema enterrado não possui circuito de emergência ou socorro, o circuito USP –102 passou a ter esta função, porém somente em situações de extrema necessidade. Como já foi visto o circuito possui uma carga instalada de 17000 kVA e uma demanda de 190 kW.

O seu trajeto é após a saída dos cabos ($3 \times 240 \text{mm}^2$) da subestação através do seccionador descrito no item 4.6.2:

- Caixas de inspeção n.º 1, 2,3,4,5,6,7e 8 na Av. Prof. Almeida Prado(lado da subestação),
- Travessia para caixa n.º 9 situada na Av. Prof. Luciano Gualberto prox. Praça Prof. Ramos Azevedo,
- Caixas n.º 10 e 11 situadas na Av. Prof. Luciano Gualberto (lado Poli-Biênio),
- Travessia em frente ao IEE até a caixa de inspeção n.º 12 situada na Rua V, desta caixa temos a derivação(cabo $3 \times 35 \text{mm}^2$) para a cabine primária do Laboratório de Altas Correntes,
- Caixa de inspeção n.º 13 situada na Rua V com a Rua do Matão,

- Até a caixa de inspeção n.º 14 na área do Instituto de Física, desta caixa temos a derivação para a cabine do Tokomak (cabo 3x 35mm²).

4.6.1.1.2 – Circuito enterrado USP-103.

O circuito USP-103 atende as unidades situadas nas Avenidas Prof. Mello de Moraes e Prof. Lúcio Martins Rodrigues e Rua do Anfiteatro, possui uma carga instalada de 10.900 kVA e uma demanda de 4059 kW o seu trajeto é:

- Após a saída da subestação na caixa de inspeção n.º 1,
- Travessia para a caixa de inspeção n.º 41 na Av. Prof. Mello de Moraes,
- Caixa de inspeção n.º 41, 15, 16, 17, 18, 44, 19, 20,21(até a caixa 21 o cabo é de 240 mm², após o cabo utilizado é de 70 mm²), 22, 23, 24, 25,26 e 27 todas situadas na Av. Prof. Mello de Moraes (lado oposto a Raia Olímpica) até a Praça Reinaldo Porchat,
- Ramal de 70 mm² na Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues (caixas de inspeção n.º 85, 86, 87,88 e 89) e.
- Ramal de 240 mm² na Rua do Anfiteatro (caixas de inspeção n.º 90, 91, 92 e 93).

O circuito USP-103 em caso de emergência poderá ser socorrido pelo circuito USP-104 e USP-102. As unidades que recebem alimentação do circuito USP –103 estão descritas tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Consumidores instalados no circuito USP-103 - ENTERRADO

UNIDADE/ PRÉDIO	CARGA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)
ADMIN. CTH	750	350
BANESPA	300	150
BL. CRUSP A-BC ANF.	500	275
BLOCOS D-E-F –REST.	500	400
CAMPO DE FUTEBOL	112,5	50

UNIDADE/ PRÉDIO	CARGA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)
CIC	75	20
DEPTO MINAS METALURGIA	612,5	250
ECA	225	90
EP –MEC. NAVAL	750	300
FAC. ECON. ADMIN.	600	420
GALPÕES PROV.	1125	440
GARAGEM BARCOS	150	35
INST. DE PSICOLOGIA	300	120
IRRIGAÇÃO DO CAMPO	45	18
JUIZ DE CHEGADA	75	5
LABORAT. CTH	2300	230
MUSEU DE ARTE - MAC	1000	170
RECALQUE PIPA	10	5
REITORIA	750	440
SABESP	75	75
VELODROMO	300	150
TOTAL	10.900	4059

4.6.1.1.3 – Circuito enterrado USP-104.

O circuito USP-104 atende as unidades situadas na Avs. Prof. Almeida Prado(lado oposto ao IPT), Prof. Luciano Gualberto (lado da Poli-Biênio), Prof. Lineu Prestes e da Universidade, Travessas “J” e “3”. Possui uma carga instalada de 7.577,5 kVA e uma demanda de 3045 kW.

O seu trajeto é após a saída dos cabos (3x240mm²) da subestação através do seccionador descrito no item 4.6.2:

- Caixas de inspeção n.º 1, 2,3,4,5,6,7e 8 na Av. Prof. Almeida Prado(lado da subestação),
- Travessia para caixa n.º 9 situada na Av. Prof. Luciano Gualberto prox. Praça Prof. Ramos Azevedo,
- Caixas de inspeção n.º 10,11,28,29,30 e 31 na Av. Prof. Luciano Gualberto, após a caixa n.º 31 o cabo utilizado é 70mm²,

- Travessia na Praça Prof. Jorge Americano para a caixa de inspeção n.º 32 que atende a Casa de Cultura Japonesa,
- Após caixa 32 na Av. Prof. Lineu Prestes, travessia na Praça Prof. Rubião Meira (CEPEUSP) onde se encontram as caixas n.º 33 e 37,
- Na Av. da Universidade caixas n.º 34, 35 e 36 no área da Faculdade de Educação.

O circuito USP-104 em caso de emergência poderá ser socorrido pelo circuito USP-103, USP-102 e USP-106. As unidades que recebem alimentação do circuito USP-104 estão descritas tabela 4.6

Tabela 4.6 - Consumidores instalados no circuito USP-104 - ENTERRADO

UNIDADE/ PRÉDIO	CARGA INSTALADA(kVA)	DEMANDA(kW)
ALMOXARIFADO CENTRAL	75	15
ANTIGA REITORIA	725	350
BANCO DO BRASIL		150
CASA CULT. JAPONESA	225	40
CENTRO COMP. ELET.(CCE)	600	400
CEPEUSP - ADMINISTRAÇÃO	450	260
CEPEUSP - PISCINAS	150	100
CRECHE CENTRAL	150	55
ECA - TEATRO	1000	250
EP - BIENIO	712,5	120
EP - ADMINISTRAÇÃO	225	150
EP. ELETRICA	1800	500
EP. CIVIL	500	400
FACULDADE DE EDUCAÇÃO	225	40
FAZESP	500	150
POSTO DE GASOLINA	75	33
TELEFONIA	150	25
TOTAL	7577,5	3045

4.6.1.1.4 – Circuito enterrado USP-105.

O circuito USP-105 atende as unidades situadas nas Avenidas. Prof. Almeida Prado (lado oposto ao IPT), Prof. Lineu Prestes (até o Hospital Universitário), Ruas do Matão e “R”. Possui uma carga instalada de 12.817,5 kVA e uma demanda de 5165 kW.

O seu trajeto é após a saída dos cabos (3x240mm²) da subestação através do seccionador descrito no item 4.6.2:

- Caixas de inspeção n.º 1, 2,3,4,5,6,7,8,40,56,57 e58 situadas na Av. Prof. Almeida Prado(lado da subestação) até a Av. Prof. Lineu Prestes;
- Caixas de inspeção n.º 50,51,52 e 53 situadas na Rua do Matão até o Prédio do IME
- Caixas de inspeção n.º 59 e 60 situadas na Av. Prof. Lineu Prestes até o caixa de inspeção n.º 60 em frente ao Hospital Universitário.
- Caixas de inspeção situadas na Rua “R” n.º 54 e 55.

O circuito USP-105 em caso de emergência poderá ser socorrido pelo circuito USP-102 e USP-106. As unidades que recebem alimentação do circuito USP –105 estão descritas tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Consumidores instalados no circuito USP-105 - ENTERRADO

UNIDADE/ PRÉDIO	CARGA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)
CLUBE DOS FUNC.	75	20
CRECHE OESTE.	112.5	40
<i>CTM – MARINHA</i>		500
GARAGEM ATELIER	25	25
HOSPITAL UNIVERS.	8000	1400
I.E.E	300	150
I.E.E –LAB. AFER.	625	200
I.F - PELLETRON	1200	230
I.F. – ED. PRINCIPAL	1000	330
I.F. -BASILIO JAFET	955	300
INST ASTRON GEOF.	225	70
<i>IPEN</i>		1800
PREF. CUASO	600	250
TOTAL	12.817,5	5.165

Observação: As unidades do IPEN e CTM- Marinha não são alimentadas pela rede enterrada devido as restrições de carga da subestação USP.

4.6.1.1.5 – Circuito enterrado USP-106.

O circuito USP-105 atende as unidades situadas nas Avenidas. Prof. Lineu Prestes (até o Hospital Universitário), Ruas do Matão, do Lago e “V” e Travessa “12” Possui uma carga instalada de 19.237,5 kVA e uma demanda de 6.026 kW.

O seu trajeto é após a saída dos cabos (3x240mm²) da subestação através do seccionador descrito no item 4.6.2:

- Caixas de inspeção n.º 1, 2,3,4,5,6,7e 8 na Av. Prof. Almeida Prado(lado da subestação),
- Travessia para caixa n.º 9 situada na Av. Prof. Luciano Gualberto prox. Praça Prof. Ramos Azevedo,
- Caixas n.º 10 e 11 situadas na Av. Prof. Luciano Gualberto (lado Poli-Biênio),
- Travessia em frente ao IEE até a caixa de inspeção n.º 12 situada na Rua V, ,
- Caixa de inspeção n.º 13 situada na Rua V com a Rua do Matão,
- Caixas de inspeção n.º 62, 63 e 64 situadas na Rua do Matão,
- Caixas de inspeção n.º 65, 66, 70,71 e 72 e 64 situadas na Rua do Lago,
- Caixas de inspeção n.º 81 e 82 situadas na Travessa da Veterinária.
- Caixas de inspeção n.º 67,68 e 69 (ramal de 75mm²) situadas na Travessa “12” e
- Caixas de inspeção n.º 74,73,76,77,79,80, 83, e 84 situadas na Av. Prof. Lineu Prestes até a caixa n.º 60 em frente ao Hospital Universitário.

O circuito USP-106 em caso de emergência poderá ser socorrido pelo circuito USP-102, USP-103 e USP-105. As unidades que recebem alimentação do circuito USP-106 estão descritas tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Consumidores instalados no circuito USP-106 - ENTERRADO

UNIDADE/ PRÉDIO	CARGA INSTALADA (kVA)	DEMANDA (kW)
ADM. F.F.L.C.H.	150	70
BIBLIOTECA DAS QUIMICAS	225	40
CEPAM	500	350
CLUBE DOS PROF.	225	74
ENGENHARIA QUIMICA	500	140
FAC FIL. LETRAS C.H.	725	260
FAC. CIEN. FARM.	300	150
FAC. FARMACIA	500	300
FAC. ODONTOLOGIA	1000	250
FAC. VETERINARIA	1612,5	300
FAC.ARQ.E URBAN.	500	300
FFCLH. - GEO.HISTORIA	225	180
I.E.E	1600	300
I.F. – LAB. FIS. PLASMAS	300	100
INST. BIOCENCIAS	1000	400
INST. BIOMEDICAS I	1000	330
INST. BIOMEDICAS II	750	320
INST. BIOMEDICAS IV	2000	400
INST. GEOCIÊNCIA	450	270
INST. MAT. ESTATIST.	750	180
INST. QUIM. BIOTERIO	1550	150
INST. QUIMICA	2250	820
INST.OCEANOGRÁFIC.	300	170
SEMI INDUSTRIAL	750	100
VIVEIRO DE PLANTAS	75	72
TOTAL	19.237,5	6026

4.6.2 – Secionadores de circuitos enterrado no porão da Subestação

Devido à nova configuração elétrica, fez-se necessária a retirada das chaves de saída da S/E, dos circuitos primários aéreos e interligação dos circuitos. Essas foram substituídas por secionadores à SF-6 montadas no porão da subestação em uma bancada, as figuras 4.16 e 4.17 mostram o secionador na bancada do porão com e sem o cabo conectado. Antes da sua energização foi verificado o faseamento dos cabos dos novos circuitos pelas turmas da Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo.

Os seccionadores instalados no porão, que substituem as chaves faca de saída de circuito aéreo, possui isolamento SF6, gabinete em aço inox e podem ser manobradas em carga. Suas dimensões são largura 42 cm, profundidade 25 cm e altura 63,5 cm e peso de cerca de 45 quilos. Foram instaladas em uma bancada a um metro do solo, possuindo um seccionador que servirá de reserva para qualquer um dos cinco circuitos. Em caso de falha é só conectarem os desconectáveis.

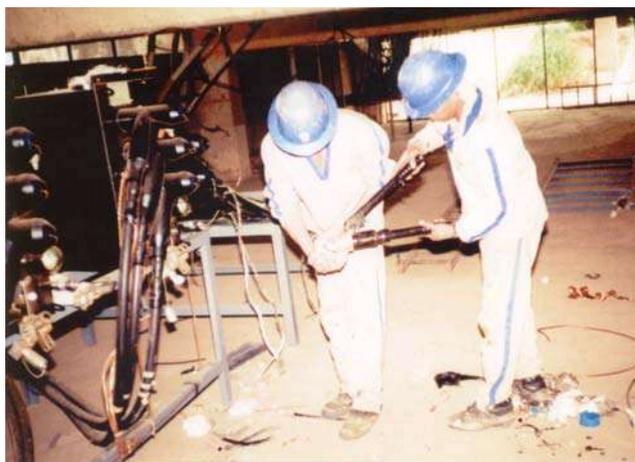


Figura 4.16 – Detalhe da instalação na bancada do porão

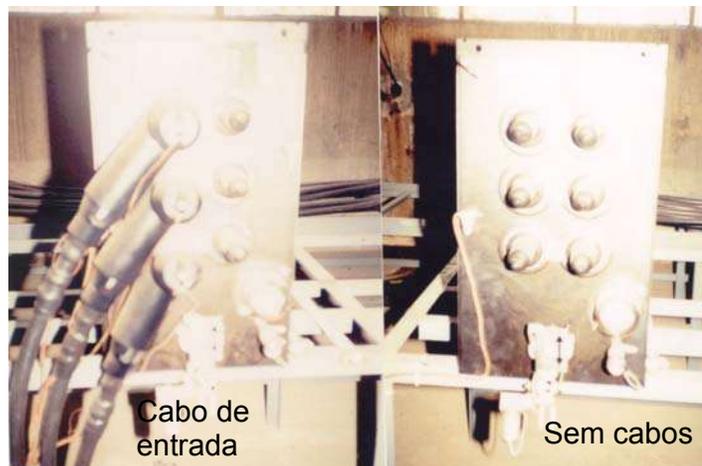


Figura 4.17- Detalhe da instalação (conexão dos cabos)

4.7 – Serviços de melhoria da rede enterrada

4.7.1 - IPEN e outras melhorias

O Ipen possui uma rede de distribuição interna de 13,8 kV composta principalmente por cabines primárias, cerca de 30. Atualmente, o IPEN possui uma demanda na ordem de 2.100 kW. Devido ao interesse do IPEN em reformar as suas instalações, foi feita uma complementação ao projeto USP.

O projeto previa a instalação da rede de distribuição do IPEN-CNEN/SP em 13,8kV, totalmente enterrada. Esta rede tem uma extensão aproximadamente de 10 km, incluindo os ramais de derivação.

A rede enterrada projetada é constituída de 03 linhas, sendo que duas com cabo de bitola de 70 mm², na configuração de anel aberto, interligados através de um seccionador que possibilitará o socorro em caso de emergência, aumentando a confiabilidade e a flexibilidade do sistema e uma terceira linha de 240mm² que vai da Portaria Sul até a Portaria Geral. Esta linha possibilitará o socorro, em caso de emergência ou manobras, à alimentação do circuito que alimenta o Hospital Universitário e demais cargas ligadas na Av. Prof. Dr. Lineu Prestes.

Para possibilitar a execução desde projeto foi contratada a firma Alcoa Fios e Cabos Elétricos. Os serviços foram divididos nas seguintes etapas, que se iniciaram no dia 23/03/2000.

- Abertura de valas ;
- Abertura de passagem para os cabos dos ramais das cabines primárias;
- Lançamento dos cabos diretamente enterrados no solo, reaterro e compactação do solo;
- Instalação de 02 quadros de média tensão e um de distribuição;

- Adaptação das instalações das cabines primárias a nova entrada do sistema de distribuição enterrado e
- Testes finais e energização

Para possibilitar a execução dos serviços acima, se fez necessário a aquisição dos seguintes materiais e equipamentos, conforme tabela 4.9.

Tabela 4.9- Equipamentos e acessórios adquiridos para o IPEN

Item	Qtde	Descrição
1	6200 m	Cabo XLPE, cobre triplex, 3x70 mm ² , 8,7/15 kV, bloqueado, sem armadura e blindagem reforçada.
2	800m	Cabo XLPE, cobre triplex, 3x240 mm ² , 8,7/15 kV, bloqueado, sem armadura e blindagem reforçada.
3	104m	Cabo XLPE, cobre triplex, 3x35 mm ² , 8,7/15 kV, bloqueado, sem armadura e blindagem reforçada.
4	01	Secionador em pedestal, isolamento SF6, 04 vias e 01 secionamento 15,5 kV,660 A , 22,5 kA, Canada Power Products .
5	02	Transformadores, 150 kVA, 13,8 kV/220 –127 V a serem instalados em 02 cubiculos blindados
6	02	Cubículos blindados para transformador de 150 kVA com secionador e disjuntor
7	01	Cubículo com quadro de distribuição para ser instalado junto a cabine de medição
8	24	Indicador de defeito
9	diversos	Desconectáveis, terminações, conectores da Elastimold e materiais para baixa tensão

Após o lançamento dos cabos, a empreiteira executou os serviços de adequação das cabines para a nova entrada enterrada, além de ensaios nos cabos a fim de verificar qualquer problema referente às conexões. Após essas verificações deu-se o início em 02/11 até 05/11/2000 a energização das cabines. Além da energização foram executados a identificação dos cabos de entrada (fases) e o faseamento .

Junto com as obras do IPEN foram realizados pelas turmas da Prefeitura da CUASO vários serviços que permite maior confiabilidade e flexibilidade do sistema da rede de distribuição enterrada:

- Travessia de 240 mm² em frente a FAU que possibilitará a alimentação dos circuitos USP -105 e USP - 106, ou vice versa, no caso de uma emergência no circuito enterrado da Av . Prof. Dr Mello Moraes,
- Instalação de um seccionador na Rua do Lago que possibilitara a redução de unidades desligadas em caso de desligamentos e maior flexibilidade do sistema e
- Instalação de um seccionador na Av. Prof. Lineu Prestes, em frente ao Hospital Universitário, que juntamente com a linha projetada de 240 mm² que atravessa as dependências do IPEN possibilitará um novo socorro para os circuitos USP-105 e USP – 106.

4.8 – Ensaio do campo eletromagnético

Para verificar as influências da rede no meio ambiente foram realizadas medições do campo eletromagnético, em pontos considerados críticos, como a saída dos cabos da subestação.

Os resultados obtidos, como demonstra na tabela 4.10, indica que o campo formado pelas linhas enterradas varia entre 4,77 e 15,46 mG, valores de pico, e em RMS o valor varia entre 1,68 e 11,98, portanto encontram-se abaixo dos valores de referência de normas exigente que é de 20 mG. O valor do campo elétrico não foi medido, porque os seus valores são desprezíveis.

Tabela 4.10 – Dados das medições do campo eletromagnético da rede enterrada.

Localização do ponto	Horário	Localização geográfica		Densidade de fluxo	
		Latitude	Longitude	RMS	PICO
Caixa de inspeção nº 1	10h08	23°33,0825'	46°43,866'	3,63	7,82
Caixa de inspeção nº 2	10h11	23°33,0900'	46°43,870'	4,04	11,69
Caixa de inspeção nº 3	10h25	23°33,1530'	46°43,904'	11,98	15,46
Caixa de inspeção nº 6	10h33	23°33,1760'	46°43,919'	3,9	5,83
Avs Prof. Almeida Prado c/ Prof. Mello de Moraes	10h53	23°33,0890'	46°43,815'	3,79	6,6
Caixa de inspeção nº 41	10:58	23°33,1030'	46°43,794'	1,68	4,77
Caixa de inspeção nº 13	11:00	23°33,1230'	46°43,760'	4,62	6,19

4.9 - Considerações sobre o custo do projeto

Abaixo estão discriminados todos os custos e verbas recebidas para a execução do projeto da rede USP, bem como as melhorias executadas na rede e a modernização da rede interna do IPEN, é bom frisar que os valores estão em Reais e são relativos ao período de 1997 a 1999, e a variação do dólar foi de R\$1,00 a R\$ 1,20.

ORÇAMENTO GERAL DO PROJETO

R\$ 5.600.000,00

Financiamento:	FAPESP	2.600.000,00
	USP	1.250.000,00
	PROJETO	900.000,00
	CED	250.000,00
	IPEN	600.000,00
		R\$ 5.600.000,00

Despesas : Equipamentos e materiais

cabos	1.525.623,34	27,62%
transformadores	330.149,00	5,98%

Valetadeira + perfuratriz	254.000,00	4,60%
Peças p/ valetadeira/perfuratriz	28.646,35	0,52%
seccionadores	229.522,34	4,16%
desconectáveis	217.522,44	3,94%
fusíveis	74.209,47	1,34%
Tubos de polietileno	82.579,67	1,50%
emendas	15.646,39	0,28%
Indicadores de defeito	21.896,62	0,40%
Hastes de aterramento	7.317,50	0,13%
Fitas de sinalização	11.062,00	0,20%
microcomputador	2.920,00	0,05%
kanaflex	2.754,00	0,05%
Ligação dos cabos à subestação (saída dos circuitos primários)	52.119,25	0,94%
diversos	12.220,67	0,22%
ferramentas	2.292,05	0,04%
areia	1.562,00	0,03%
Suportes de fixação	12.266,10	0,22%
Painel monobloco / material para as Cabines primárias	239.641,04	4,34%
TOTAL 1	3.123.950,23	56,57%

Principais serviços contratados:

Dutos concretados	140.289,32	2,54%
Poços de inspeção	148.983,53	2,70%
Mini poços e caixas de passagem	67.879,08	1,23%
Serviços diversos	21.341,67	0,39%
Instalação da rede primária (Alusa)	309.379,23	5,60%
Recomposição dos pavimentos	148.983,53	2,70%
Instalação alta tensão	104.722,09	1,90%
Instalação baixa tensão	182.215,84	3,30%
Serviços gerais	36.869,17	0,67%
Rede IPEN	226.000,00	4,09%
Serviços de terceiros	112.120,00	2,03%
TOTAL 2	1.498.783,46	27,14%

Total 1	3.123.950,23	56,57%
Total 2	1.498.783,46	27,14%
Projeto	900.000,00	16,29%

CUSTO TOTAL 5.522.733,69

Considerando que foram instalados cerca de 25 km de rede enterrada, é possível calcular o valor do km/instalado a R\$ 220.909,34, com este valor pode-se calcular o km/instalado em dólar, tendo com base a cotação de início de janeiro de 1999 que era de R\$ 1,20 aproximadamente, portanto o valor do km/instalado é de US\$ 184.091,00.

Na figura 4.17 é visualizado o valor dos tipos de construção de rede, considerando os fatores custos x benefício tem-se uma rede com maior índice de confiabilidade e com o custo reduzido.

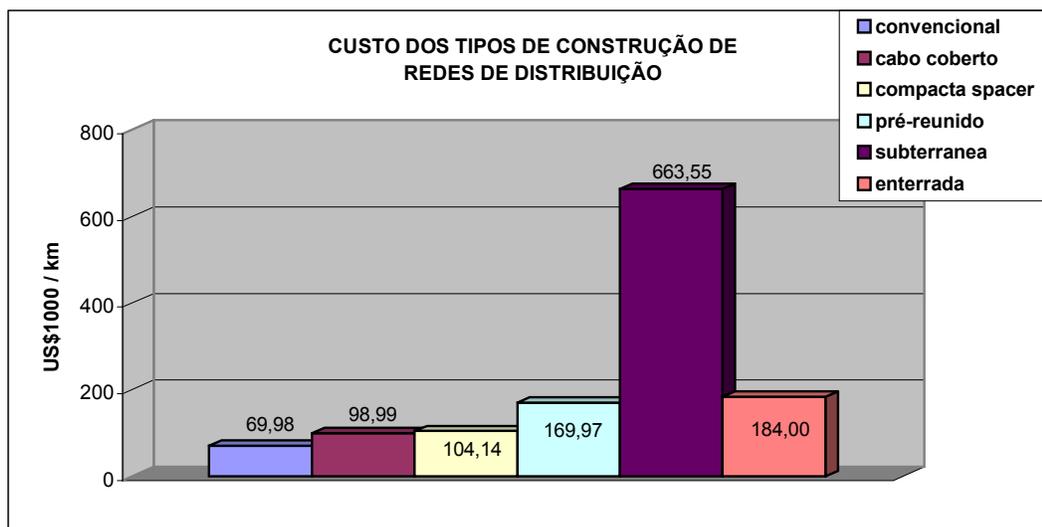


Figura 4.18 – Custo dos tipos de construção de redes de distribuição

5 – Monitoração das redes de distribuição enterrada

5.1 – Rotina de testes e ensaios

Quando da energização da rede primária foram efetuados ensaios nos cabos, pela empreiteira Alusa que executou os serviços e com o acompanhamento dos técnicos da Prefeitura da CUASO. Os ensaios executados foram:

- Leitura da resistência ôhmica das caixas de passagens;
- Medição da resistência de isolamento e
- Tensão aplicada entre trechos.

Os ensaios de tensão aplicada e medição da resistência de isolamento foram efetuados entre caixas de inspeção.

Para efetuar a medição da resistência de isolamento foi utilizado um megger, tipo YEM 2024, tensão 1kV. Foram efetuadas leituras nas três fases antes e após o teste de tensão aplicada em Mohms, e os resultados foram leituras inferiores a 2.000 Mohms.

Para o ensaio de tensão aplicada foi efetuado o método de tensão contínua aplicada, nos valores de 7, 14, 21, 28 e 35 kVcc com a duração de 1 minuto para os primeiros valores de tensão e cinco minutos para a tensão de 35 kVcc. No anexo B estão as folhas dos ensaios, bem como os gráficos de dispersão de corrente.

5.2 Metodologia atual

Para se verificar o comportamento dos cabos e acessórios, atualmente, a cada seis meses a um ano, cada caixa de passagem é vistoriada. Nesta manutenção são executados os seguintes itens:

- Limpeza das caixas e em alguns casos a retirada de água;
- Limpeza dos cabos e desconectáveis;

- Verificações gerais do estado de conservação dos suportes dos cabos, calafetação das entradas e saídas dos cabos nas caixas, estado das tampas e aterramentos das caixas;
- Verificação visual do estado de conservação dos cabos e desconectáveis e
- Leituras das correntes e temperaturas de entrada e saída dos cabos e desconectáveis.

5.3 Proposta de implantação do monitoramento das redes enterradas

Atualmente a intervenção na rede é feita através da manutenção corretiva, apesar da manutenção periódica nas caixas de inspeção. Visando o aumento da confiabilidade do sistema e o aumento da vida útil dos cabos e acessórios é proposto abaixo um sistema de monitoramento das redes de distribuição enterrada.

5.3.1 – Introdução à implantação do monitoramento

Pretende-se criar um sistema de monitoramento à distância que propicie informações de quando deverá ser feita a intervenção para a manutenção dos cabos ou seus acessórios, evitando interrupções não programadas no fornecimento de energia.

Após estudos e verificações do comportamento da rede de distribuição enterrada concluiu-se que as grandezas, a serem monitoradas nas caixas de inspeção, em princípio, seriam: temperatura e corrente nas conexões e entradas/saída dos cabos.

O objetivo do monitoramento das redes enterradas será:

- Redução dos custos de manutenção dos cabos e acessórios;
- Aumento da confiabilidade do sistema elétrico;
- Aumento da vida útil dos cabos e acessórios;
- Visualização do comportamento em tempo real dos cabos e acessórios;

- Implantação da manutenção preditiva e
- Criação de um banco de dados que possibilitará a criação do histórico dos componentes da rede de distribuição enterrada (cabos e acessórios).

Para a aquisição dos sinais serão utilizados sensores instalados nas caixas de inspeção, ou seja, nas entradas e saídas dos cabos e os dados serão transmitidos a um microcomputador localizado

As grandezas serão medidas 24 horas por dia, através de um equipamento de aquisição de dados, sendo adquirida periodicamente em intervalos pré-programados, ou no caso de anomalias, durante sua ocorrência. Estas informações serão transmitidas para um computador instalado em local remoto a ser definido (Subestação ou na Prefeitura da CUASO) onde serão armazenadas em um banco de dados, e colocadas à disposição dos responsáveis pela operação e manutenção da rede primária enterrada, para as devidas providências.

As informações obtidas e armazenadas no banco de dados, possibilitarão a análise do comportamento dos cabos e acessórios, através de algoritmos de cálculo, para determinação do carregamento, da vida útil dos cabos, etc.

Atualmente, graças ao avanço da tecnologia eletrônica e digital, já se encontram disponíveis transdutores que fornecem a informação da leitura de uma forma adequada para a digitalização por um aquisitor de dados. Existem, inclusive, transdutores que já fornecem a leitura digitalizada, através de um canal de comunicação.

Desta forma será possível duas configurações para a leitura das grandezas de corrente e temperatura. A configuração a ser utilizada dependerá da análise custo x benefício, considerando como benefício a confiabilidade e a estabilidade do sistema.

- Sensores com interface RS485, de baixo custo, porém com a limitação do número de sensores e problemas com a estabilidade do sistema (armazenamento de dados).
- Sensores analógicos com saída de 4 a 20 mA e uma unidade de aquisição por caixa de inspeção, que pode ser compartilhado por vários sensores. Neste caso teremos custo maior porém maior confiabilidade a possibilidade de armazenamento local.

A alimentação dos sensores poderá ser feita através dos transformadores de pedestal instalados, ou da instalação de células fotovoltaicas, visto que o consumo dos sensores é mínimo, porém o sistema de alimentação deverá ser de alta confiabilidade.

No projeto da rede de distribuição enterrada, foi previsto o lançamento de pares de fibras-ópticas, que permitirá criar uma rede de comunicação de dados de alta confiabilidade, facilitando a implementação do sistema de monitoramento.

5.3.2 - Outras possibilidades de monitoramento.

Além dos sensores de temperatura e de corrente poderá ser instalado, onde for necessário, sensor de presença e de alagamento. No caso do sensor de alagamento, o sistema acionaria o comando de uma bomba do tipo “sapo” até a normalização do nível de água.

Outra possibilidade seria instalar alarmes, que poderão ter primeiro e segundo estágio. O primeiro estágio seria de observação ou atenção e o segundo de intervenção das turmas de operação ou manutenção. Isso permitirá o monitoramento dos seguintes estados: elevação dos níveis de temperatura, pressão do gás SF₆ dos seccionadores e atuação dos fusíveis nos transformadores.

5.4 – Estudo de casos

Serão relatados dois casos que ocorreram durante a manutenção das caixas de inspeções e que visam a reforçar a idéia da necessidade da monitoração das grandezas de corrente e temperatura. Verificou-se que independente do valor da corrente de entrada e saída, a diferença da temperatura dentro da caixa de inspeção, entre os cabos e conexões existentes, não ultrapassa a 2° C.

5.4.1 – Caso da caixa de inspeção n° 11

Na manutenção da caixa de inspeção n°. 11, situada na Avenida Prof. Luciano Gualberto em frente ao CCE no dia 14/05/2002, verificou-se que a temperatura dos cabos de entrada do circuito USP-106 era superior a temperatura dos outros, a diferença era de aproximadamente 10° C, como poderá ser visto na figura 5.1 e na folha de inspeção (anexo P). Decorridos alguns dias houve uma avaria provocada por terceiros no ramal de ligação da cabine primária do Instituto de Biociência II pertencente ao circuito USP-106.

Retornamos a caixa de inspeção em 03/12/02 e verificamos que a variação da temperatura dos cabos de entrada e saída não era superior a 2 °C.

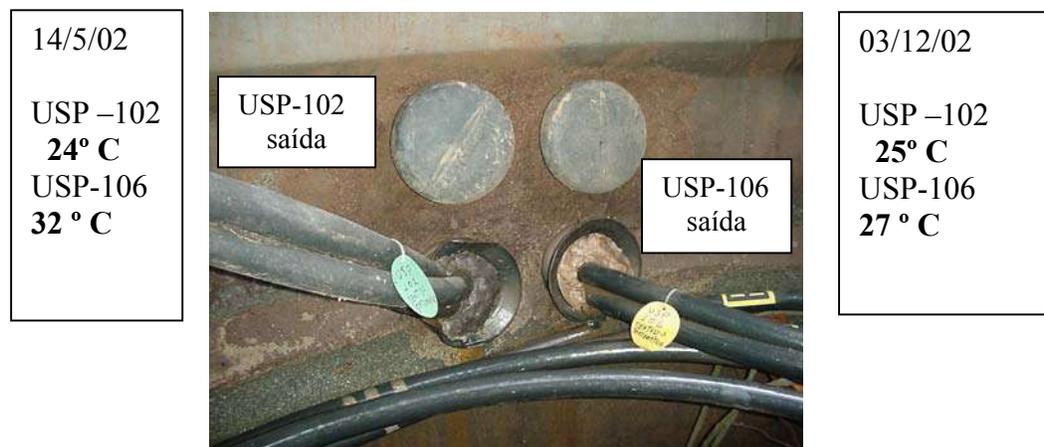


Figura 5.1 – Detalhe da caixa n° 11

5.4.2 - Caso da caixa de inspeção n° 56

A caixa n° 56 localiza-se em frente à Prefeitura, no passeio do lado oposto. Trata-se de uma caixa onde há uma emenda do cabo através de desconectáveis, porém observou-se que a temperatura de uma das fases no topo do desconectável era de 29° C, em quanto na outras era de 23° C. A corrente de entrada não era igual à de saída.

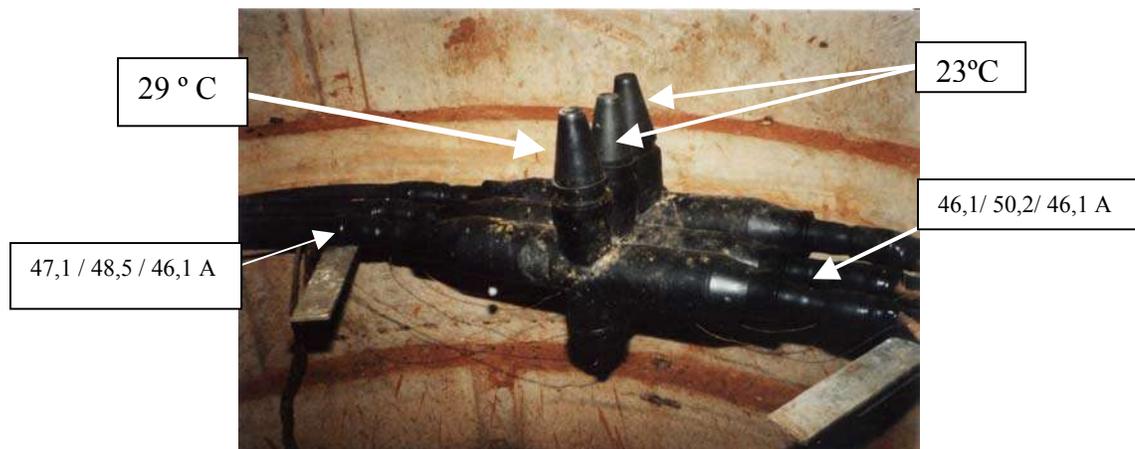


Figura 5.2 - Caixa de inspeção n° 56 antes da intervenção

Após verificações constatou-se a existência de corrente de fuga, sendo providenciado a instalação do desconectável do tipo 180DRG –Loadbuster 200 A, que corrigiu o defeito conforme figura 5.2 abaixo.



Figura 5.3 - Caixa de inspeção n° 56 após intervenção.

6 – Automação do SEDE

6.1 Filosofia do projeto de automação do SEDE

Os seccionadores instalados na rede enterrada possuem dispositivo que tornam viável o seu acionamento à distância.

No caso dos circuitos enterrados do Campus, os seccionadores são os únicos pontos possíveis de manobras. Foram feitos vários traçados de linhas primárias, a fim de possibilitar, em casos de emergência, a alimentação ou socorro de todos os circuitos. As alternativas operacionais ficam atualmente limitadas e dependentes do fator de carga, visto que, os transformadores da subestação estão trabalhando com sobrecarga, além de estarem em final de vida útil .

Tanto a automação como o monitoramento serão supervisionados juntamente, serão onze seccionadores acionados pela mesma central.

Na figura 6.1 é mostrada a localização dos onze seccionadores instalados na rede de distribuição enterrada.

Os seccionadores instalados na rede de distribuição enterrada possuem as seguintes funções conforme discriminado abaixo:

- Secionador nº 1, localizado na Av. Prof. Mello Moraes com Av. Prof. Lúcio M. Rodrigues; cuja função é seccionar o circuito USP-103 com o cabo de 240/ 240 mm² na altura da Av. Prof. Mello Moraes com Av. Lúcio M. Rodrigues e o ramal em 70 mm² que atende as unidades da Av. Prof. Lúcio M. Rodrigues.
- Secionador nº 2, localizado na Av. Prof. Mello Moraes com Rua do Anfiteatro; cuja função é seccionar o circuito USP-103 com o cabo de 240/ 70 mm² na altura da Av.

Prof. Mello Moraes com Rua do Anfiteatro e o ramal em 70 mm² que atende as unidades da Rua do Anfiteatro.

- Secionador nº 3, localizado na Praça Reinaldo Porchat; cuja função é interligar os circuitos USP-103 e USP-104 com o cabo de 70/ 70 mm².
- Secionador nº 4, localizado na Av. Prof. Luciano Gualberto com Av. Prof. Lucio M. Rodrigues; cuja função é interligar os circuitos USP-103 e USP-104 via ramal da Rua do Anfiteatro com o cabo de 240/ 240 mm² e secionar o circuito USP-104 com o cabo de 240/ 70 mm² na altura da Av. Prof. Luciano Gualberto com a Rua do Anfiteatro.
- Secionador nº 5, localizado na Av. Prof. Luciano Gualberto com Av. Prof. Lucio M. Rodrigues; cuja função é interligar os circuitos USP-103 e USP-104 via ramal da Av. Prof. Lucio Martins Rodrigues com o cabo de 240/ 70 mm² e secionar o circuito USP-104 com o cabo de 240/ 240 mm² na altura da Av. Prof. Luciano Gualberto com a Av. Prof. Lucio M Rodrigues.
- Secionador nº 6, localizado Praça da Prefeitura; cuja função é secionar o circuito USP-105 com o cabo de 240/ 240 mm² na altura da Praça da Prefeitura e o ramal em 240 mm² que atende as unidades da Rua Matão, Travessa R e futuramente o IPEN.
- Secionador nº 7, localizado na Av. Prof. Lineu Prestes em frente ao Hospital Universitário; sua função é interligar os circuitos USP-105 e USP-106 com o cabo de 240/ 240 mm². Possui transferência automática devido à importância da unidade.
- Secionador nº 8, localizado Av. Prof. Lineu Prestes próximo à entrada do IPEN sua função será secionar o circuito USP-106 com o cabo de (240/ 240 mm²) na altura da

Av. Prof. Lineu Prestes próximo à entrada do IPEN e os ramais futuros de 240 mm² do IPEN e de 70 mm² das unidades do ramal da PáraMédicas.

- Secionador nº 9, localizado na Praça 4; cuja função é secionar o circuito USP-106 com o cabo de 240/ 240 mm².
- Secionador nº 10, localizado na Rua do Lago em frente à Travessa 12; cuja função é secionar o circuito USP-106 com o cabo de 240/ 240 mm² na altura da Rua do Lago em frente à Travessa 12 e o ramal em 70 mm² que atende as unidades da Travessa 12.
- Secionador nº 11, localizado na Rua do Matão com a Travessa V; cuja função é interligar os circuitos USP-102, USP-105 e USP-106 via ramal da Travessa “V” com cabos de 240/ 240 mm² na altura da Rua do Matão próximo a Travessa “V”.

6.2 - Automação para seletividade de cargas

A seletividade da carga será feita de acordo com a prioridade. As unidades receberão uma classificação de acordo com a sua atividade, conforme descrito abaixo:

- Prioridade 0 – Hospitais, unidades de pesquisa com processos irreversíveis e que não possuem gerador próprio;
- Prioridade 1 – Áreas de segurança patrimonial, unidade de pesquisa com processos perecíveis e que não possuem gerador próprio;
- Prioridade 2 – Áreas de segurança, unidades de pesquisa com processos irreversíveis e que possuem gerador próprio;
- Prioridade 3 – Áreas de segurança individual e unidades de pesquisa com processos perecíveis e que possuem gerador próprio e
- Prioridade 4 – Áreas de administração e unidades de ensino e pesquisa.

Observação: No caso de uma ocorrência noturna as unidades de ensino que funcionam à noite terão prioridade 1.

No anexo O está a tabela com as unidades instaladas no Campus e os dados necessários para a execução de um programa de manobras com seletividade de carga conforme o grau de prioridade recebido da unidade, no caso de sinistro nas redes de distribuição enterrada.

6.3 Atividades futuras

6.3.1 Fator de potência

Na rede aérea de distribuição existiam bancos de capacitores instalados nos postes. O circuito aéreo USP –104 possuía dois bancos de 600 kVar; o primeiro estava instalado na Av. Prof. Lineu Prestes próximo à Biomédicas II e o segundo na Rua do Lago próximo à Semi Industrial.

O circuito aéreo USP –105 possuía um banco de 600 kVAr instalado na Rua do Matão entre a Praça da Prefeitura e a Travessa “R” e o outro de 1200 kVAr instalado na Travessa “R” próximo ao Instituto de Física – Prédio Basílio Jafet.

Com a execução dos serviços da rede de distribuição enterrada esses quatro bancos foram desativados. Fica como uma proposta de trabalho futura a verificação da potência reativa atribuída aos novos cabos instalados e a necessidade ou não de correção do fator de potência.

6.3.2 Ferro-ressonância

De acordo com as definições encontradas nos livros podemos definir ferro-ressonância como um fenômeno abrupto causado por um salto da corrente que está associado com uma ressonância desencadeada por valores críticos da tensão aplicada, onde

uma indutância não linear, função variável, alcança determinado valor que entra em ressonância com uma capacitância fixa.

Quando da elaboração do projeto das redes enterradas foram tomados os devidos cuidados com a separação de circuitos ou equipamentos aéreos dos enterrados, a fim de se evitar a ocorrência de tal fenômeno.

Conforme informações das Concessionárias seriam os pára-raios existentes nas cabines primárias, um ponto suscetível a ocorrência do fenômeno, portanto as cabines alimentadas pela rede enterrada não possuem pára-raios de entrada.

O estudo de ferro-ressonância com a simplificação da rede de distribuição enterrada em seus principais e influentes elementos o transformador e o cabo enterrado, constituíram o essencial para a simulação futura, conforme Regina Lucia Lamy na dissertação de Mestrado “Ferro –Ressonância em redes subterrâneas de distribuição ”.

O tipo de ligação do primário do transformador, a curva de saturação e as capacitâncias do cabo enterrado serão os parâmetros principais na análise futura do fenômeno.

Cabe como uma proposta futura, o desenvolvimento dessa metodologia para a simulação e a constatação do fenômeno.

Conclusão

À partir de fevereiro/2000, quando do término da revisão do sistema de proteção dos transformadores da ETD USP Metropolitana, até janeiro de 2003 o número de falhas ou desligamentos ocasionadas devido a problemas na rede de distribuição enterrada foi **zero**.

Portanto uma das metas que o projeto da rede enterrada objetivava foi cumprida, ou seja, a redução dos valores de DEC e FEC.,além de não provocar agressões ou avarias ao meio ambiente, conforme visto nas leituras do campo eletromagnético, que se encontram com valores abaixo das normas mais exigente que é de 20 mG.

Durante esses anos os técnicos da Prefeitura da CUASO foram procurados por técnicos de concessionárias de outros estados para demonstração e explicações sobre o projeto e serviços aqui executados.

Através da manutenção periódica das caixas de inspeção, transformadores e seccionadores está sendo possível avaliar o comportamento dos cabos, acessórios e equipamentos instalados, bem como, criar subsídios para a monitoração e a automação da rede enterrada.

Portanto as principais metas que o projeto da rede enterrada objetivava foram cumpridas, além dessas metas o presente trabalho pretende atender as seguintes prioridades:

- Desenvolver e propagar no país o conhecimento de técnicas de projeto de sistemas de distribuição;
- Criar, dentro do campus da USP, um laboratório capaz de monitorar e avaliar o desempenho da rede de distribuição enterrada;

- Estudar o desempenho dos cabos XLPE no enterramento direto;
- Estudar o comportamento e a vida dos desconectáveis e terminações instalados na rede de distribuição
- Estabelecer processos e rotinas para reduzir os custos de implementação de redes enterradas ;
- Fornecer critérios para a decisão das concessionárias quanto ao uso de dutos de concreto, valas simples e perfurações direcionadas protegidas por tubos de PEAD ;
- Difundir os conhecimentos para a realização de perfurações direcionadas onde a abertura de valas torna os custos muito elevados;
- Permitir uma significativa redução nos custos de manutenção da rede de distribuição;
- A criação de um documento que possa servir de fonte de consulta, no futuro para a pesquisa sobre a construção da rede de distribuição enterrada;
- Fornecer subsídios para a futura monitoração e,automação

Dessa forma conclui-se a fase inicial do processo de mudança tecnológica da rede de distribuição da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, ou seja: o projeto, a implantação da rede enterrada, os experimentos iniciais para diagnóstico de falhas, os preparativos para a instalação dos sensores, a previsão dos meios de comunicação. Para a segunda fase deste trabalho estão previstos: o projeto, implementação e observações de desempenho de um sistema de supervisão e controle, para o que a primeira fase criou a infra-estrutura necessária.

Bibliografia

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cabos de Potências com isolamento extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de isolamento de 1kV a 35 kV: especificação – EB-1275. Rio de Janeiro, dez./1991.
- [2] BURANI, G.F.;HASHIMOTO,K.;BUSSOLINI,M. Modernização do Sistema de Distribuição do Campus da Universidade de São Paulo: 3º Congresso Latino Americano de Distribuição de Energia Elétrica (8 a 10 de set./98), EPUSP,São Paulo.
- [3] CAMPOS, Ernesto de Souza. História da Universidade de São Paulo, 1ª edição São Paulo, abr./1954.
- [4] CED, DIAGNOSTICO DE UTILIZAÇÃO DE CABOS COBERTOS E PRÉ-REUNIDOS, CED.05/MATR 001/RL 001/ out./92.
- [5] CED.Comunicação de dados em sistemas de automação da Distribuição (DAS), CED 152/SUPC A01/RL 001/OR, Jan./95.
- [6] CED.Medição de Energia Elétrica-Estado da Arte, CED 153/SUPC A01/RL 002/OR,jan./95.
- [7] JARDINI, J. A . Sistemas Digitais para automação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, 1996.
- [8] JEAN, L.P. The development and use of the Hendrix aerial cable system, Hendrix, maio/80, revisão/86.
- [9] LAMY, R. L. Ferro-ressonância em redes subterrâneas de distribuição. São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [10] LEÃO, Isabel. Da fazenda Butantan à Cidade Universitária,um caminho sempre luminoso. Jornal da USP, São Paulo, 2001,caderno especial 03.

- [11] NISHIMURA, F. Cálculo de parâmetros elétricos de cabos subterrâneos. São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [12] NISHIMURA,F.;CICARELLI,L.D.;BITTENCOURT,M.;SOARES,M.R.; BERNIS,R. Cabos e Acessórios para rede isolada e protegida, XI Seminário de Distribuição de Energia Elétrica, Blumenau, 13 a 18/set./92.
- [13] Catálogo PHELPS DODGE- Fios e Cabos Brasil- “ Cabos de média tensão”
- [14] REALE, Miguel. Minhas memórias da USP. Revista de Estudos Avançados, nº 22, Universidade de São Paulo,set./dez./94.
- [15] REVISTA ELETRICIDADE MODERNA. Guia de fornecedores de fios e cabos de potência, n.219, jun./92.
- [16] SILVA, Clovis Pereira. As tentativas de fundação de Universidades no Brasil, publicação acadêmica, Academia Colombiana de Ciências Exactas,Físicas y Naturales,1998,cap.4.
- [17] SIMÕES, J.R. L. Cálculo de Arquitetura na Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira” O espaço construído. São Paulo, 1984. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- [18] SOARES, C.G. A instalação de cabos pré-reunidos, Revista Mundo Elétrico, jun./78,p.22/23/24.
- [19] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Prefeitura da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira. O espaço da USP: Presente e Futuro, 1ª ed. São Paulo, 1985
- [20] EVISTA ELETRICIDADE MODERNA. Implantação de redes subterrâneas em condomínio residencial, n.275, fev./97.

Anexo A**Folhas dos ensaios de recebimento realizados na fábrica de cabos ALCOA.**Cabo Forex,bcc triplex 3 x 70 mm², 8,7/15 kV

Relatório de stripping -teste	fl.1
Relatório de ensaios especiais elétricos;	fl.2
Relatório de ensaio de alongamento a quente	fl.3 a 5
Relatório de ensaios dimensionais;	fl.6
Relatório de ensaios mecânicos (cobertura);	fl.7 a 9
Relatório de s mecânicos (isolação)e	fl.10 a 12
Relatório de testes elétricos.	fl.13.

Cabo Forex,bcc triplex 3 x 240 mm², 8,7/15 kV

Relatório de stripping -teste	fl.14/15
Relatório de ensaios especiais elétricos;	fl.16/17
Relatório de ensaio de alongamento a quente	fl.18 a 23
Relatório de ensaios dimensionais;	fl.24
Relatório de ensaios mecânicos (capa);	fl.25 a 30
Relatório de ensaios mecânicos (isolamento) e	fl.31 a 36
Relatório de testes elétricos.	fl.37/38.

Anexo B

Relatório dos testes e ensaios realizados na rede de distribuição enterrada.

Medidas do aterramento das caixas de passagem e	fl.1
Relatório de testes de isolação em cabos subterrâneos de média tensão	fl.2 a 37

Anexo C

Relatório de ensaios de rotina dos transformadores de 75 e 150 kVA fl.1 e 2

Anexo D

Catálogos dos desconectáveis da Elastimold fl.1 a 4

Anexo E

Catálogos dos fusíveis da Elstimold- MPF molded power fuse fl.1 a 6

Anexo F

Catálogos do seccionador do porão da subestação Power Products fl.1

Anexo G

Desenho dimensional da seccionador 5 vias –Canada Power fl.1

Anexo H

Desenho dimensional da seccionador 4 vias –Canada Power fl.1

Anexo I

Desenho dimensional do transformador de 75 kVA- CEMEC fl.1

Anexo J

Desenho dimensional do transformador de 150 kVA-CEMEC fl.1

Anexo K

Desenho dimensional do transformador de 225 kVA-CEMEC fl.1

Anexo L

Planta dos circuitos enterrados fl.1

Anexo M

Esquema elétrico da ETD USP, após energização da rede enterrada fl.1

Anexo N

Roteiro utilizado para a energização da rede enterrada fl.1 a 9

Anexo O

Tabela de prioridades – Unidades do Campus fl 1 a 5

Anexo P

Folhas de inspeção das caixas de inspeção fl. 1 a 4

Anexo Q

Plano de zoneamento e urbanização da Cidade Universitária – 1945 fl.1

Anexo R

Plano Geral da Cidade Universitária – 1945 fl.1

Anexo S

Sistemas de vias principais e zoneamento – 1949 fl.1

Anexo T

Projeção do organograma sobre o terreno – 1945 fl.1

Anexo U

Plano de obras da Cidade Universitária – 1960 fl.1

Anexo V

Situação das obras da Cidade Universitária – 1973 fl.1

TRABALHO PARA ENERGIZAÇÃO DOS CIRCUITOS ENTERRADOS DA ETD USP

Situação atual dos circuitos aéreos :

USP – 102 (60 A) Barra 2 do Trafo 2 de 7,5 / 9,4 MVA .
USP – 104 (340 A) Barra 1 do Trafo 1 de 7,5 / 9,375 MVA
USP - 103 (50 A) Barra 3 do Trafo 3 de 10/12,5 MVA
USP - 105 (220 A) Barra 3 do Trafo 3 de 10/12,5 MVA .

PROGRAMAÇÃO EM 20/9/99 .

- 1º Desligar USP –103 (aéreo) IMPEDIR ;
- 2º Abrir chave faca nº 12.698 no pátio da S/E ;
- 3º Abrir chave faca nº 11.863 em frente à S/E ;
- 4º Desligar USP – 101 (aéreo)
- 5º Fechar chave faca nº 11.861 em frente à S / E ;
- 6º Ligar USP –101 (aéreo).

OBSERVAÇÕES :

O circuito USP –101 alimentará a carga do USP – 103 (aéreo).
Conectar os cabos da saída do cubículo do disjuntor de circuito USP-103 ao seccionador existente no porão da S/E correspondente ao circuito USP –103 (enterrado).
O seccionador deverá permanecer **aberto e impedido**.

1º Trecho - USP -103 (enterrado) – Av. Prof. Mello Moraes

EP	UNIDADE/PREDIO	Circuito aéreo	PROGRAMAÇÃO
27.283	EP – MINAS METAL.	105	20/9/99
27.123	EP- MECÂNICA NAV	104	
8.570	CTH – ADMINST.	104	
TOTAL =3			
BT	1 X 75KVA		

OBSERVAÇÕES :

1º) No porão da ETD USP FECHAR / DESIMPEDIR SECCIONADOR referente ao circuito USP -103 ENTERRADO.

2º) Energizado Usp -103 (enterrado) até chave de três vias nº 01 da Av. Prof. Mello Moraes com Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues , esta chave deverá permanecer **Aberta/Impedida.**

2º TRECHO - USP -103 (enterrado) (Trecho de 70 mm² da Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues) .

EP	UNIDADE/PRÉDIO	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
27.154	CTH LABORATÓRIO	104	22/09/99
27.152	PSICOLOGIA	103	
27.421	GALPÕES	104	
27.217	FEA	104	
27.387	ECA	104	
8.556	BANESPA	104	25/09/99
TOTAL = 6			
BT	1X 150 kVA		

Observação :1º) Ligar ramal de 70 mm² ao circuito enterrado USP -103 ,através da chave de três vias nº 01 (Av. Prof. Mello Moraes com Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues).

3º TRECHO - USP -103 (enterrado) - Após chave de três vias nº 01 da Av . Prof. Mello Moraes com Av. Prof. Lúcio Martins).

EP	UNIDADE/ PREDIO	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
27.155	CRUSP –BL.A,B,C,	103	25/09/99
27.416	CRUSP –BL D,E,F	103	
27.485	MUSEU ARTE	103	
27.613	REITORIA	103	
TOTAL =4			
BT	GARAG. BARCOS		25/09/99
	1X 150 KVA		
	1X 75KVA		

Observações:1º) Ligar ramal da Rua do Anfiteatro ao circuito enterrado USP –103 através da chave de três vias nº 02 (Av. Prof. Mello Moraes com Rua do Anfiteatro), manter **aberta** uma via desta chave ,referente ao ramal de 70 mm² da Av. Prof. Mello Moraes .

4º TRECHO - USP – 103 (enterrado) - Ramal de 70 mm² -Av. Prof. Mello Moraes

EP	UNIDADE/PRÉDIO	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
9.649	ESTÁDIO	103	28/9/99
27.125	VELODROMO	103	
27.153	E.E.F.E.	103	
TOTAL = 3			
BT	1X 75 KVA		
	2X150 KVA		

OBSERVAÇÕES :

- 1º) FECHAR a via referente ao ramal de 70 mm² da Av. Prof. Mello Moraes da chave de três vias nº 02 (Av. Prof. Mello Moraes com Rua do Anfiteatro);
 2º) ABRIR chave nº 03 da Praça Reinaldo Porchat ;
 3º) ENERGIZADO USP - 103 (enterrado) totalmente .

ENERGIZAÇÃO USP - 104 (enterrado)

5º TRECHO - USP - 104 (enterrado) - Av. Universidade

EP	UNIDADE/PRÉDIO	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
27.464	USP - CRECHE	BUT -102	30/09/99
8.472	FAC. EDUCAÇÃO	BUT -102	
27.124	CENTRO ESPORT.	BUT -102	
27.388	CEPEUSP-PISC.	BUT -102	
27.436	CASA JAPONESA	BUT -102	
TOTAL = 5			
BT	1X 75 KVA		
	1X 150 KVA		

OBSERVAÇÕES :

- 1º) ABRIR /IMPEDIR chave de três vias nº 04 (rua do Anfiteatro com a Av. Prof. Luciano Gualberto);
 2º FECHAR chave nº 03 na Praça Reinaldo Porchat .

MANOBRAS : Em 07/10/99 - INÍCIO ÀS 07H00 - TÉRMINO ÀS 12H00

- 1) Desligar USP –101 aéreo - (IMPEDIR);
- 2) Abrir chave faca 11.861 (em frente a S/E);
- 3) Desligar USP-104 aéreo (IMPEDIR);
- 4) Abrir chave faca 11.883 (Av. Prof. Mello Moraes c/ Av. Prof. Almeida Prado);
- 5) Fechar chave faca 11.864 (em frente a S/E na Av . Prof. Almeida Prado);
- 6) Fechar chave faca 8.888 (interligação USP –104/103)na Av. Prof.Lúcio M. Rodrigues com Av Prof. Mello Moraes . Será utilizado para Iluminação Pública ,reminiscente do circuito USP – 103 (aéreo) ;
- 7) Ligar USP – 101 aéreo ;
- 8) Conectar os cabos de saída do cubículo de disjuntor de circuito USP -104 aéreo ao seccionador existente no porão da S/E correspondente ao circuito USP -106 enterrado;
- 9) Regularizar a situação da cabine do IEE (n° 8.587 ou 27.835) ;
- 10)Abrir chave de quatro vias n° 06 na Rua do Matão ;
- 11)Fechar seccionador correspondente ao circuito USP -106 ENTERRADO no porão da S/E .

OBSERVAÇÃO : O CIRCUITO ENTERRADO USP - 106 ESTÁ **ENERGIZADO** DA S/E ATÉ CHAVE DE QUATRO VIAS N° 06 NA RUA MATÃO .

Energização USP 104 (enterrado) .

6° TRECHO - USP –104 (enterrado) - AV. Prof. Almeida Prado

<u>EP</u>	<u>PREDIO/UNIDADE</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.218	EP – CIVIL	105	05/10/99
8.560	POLI – BIÊNIO	105	
27.545	EP – ELÉTRICA	104	
27.443	C . C. ELETRON.	104	
11.383/27.829	EP – ADMINIST.	105	
27.543	FAZESP	104	
Total = 6			
BT	1X 75KVA		
	3X150 KVA		

Observações :

- 1° - ABRIR ramal do circuito enterrado da Antiga Reitoria ;
- 2° - FECHAR uma das vias da chave n° 04 (Rua do Anfiteatro com Av . Prof. Luciano Gualberto) do circuito enterrado .

7º TRECHO - USP - 104 (enterrado) - (Ramal da Antiga Reitoria)

EP	PRÉDIO /UNIDADE	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
27.633	ECA - TEATRO	104	07 /10/99
27.122 /8.572	ANTIGA REITORIA	104	
TOTAL =2			
BT	BANCO DO BRASIL		
	TELEFONICA		
	NOSSA CAIXA		

OBSERVAÇÕES :

- 1º) ABRIR chave de três vias nº 04 (Rua do Anfiteatro com Av. Prof Luciano Gualberto);
- 2º) FECHAR ramal da Antiga Reitoria ;
- 3º) FECHAR uma das vias da chave de três vias nº 04 ;
- 4º) ABRIR CHAVE nº 03 na Praça Reinaldo Porchat .
- 5º) - Após esse trecho o circuito USP –104 (enterrado) estará energizado através do circuito USP –103 (enterrado) até a S/E.
O seccionador referente a USP –104 (enterrado) deverá permanecer **aberto e impedido** no porão da S/E.

ENERGIZAÇÃO USP –106 (ENTERRADO)

8º TRECHO - USP -106 (enterrado) - Ramal da travessa "E " .

EP	UNIDADE/PRÉDIO	CIRCUITO AÉREO	PROGRAMAÇÃO
27.619	LAB.FISICA	104	09/10/99
BT	1X75kVA		

OBSERVAÇÕES :

- 1º) ABRIR OS RAMAIS DE 70 mm² da Rua do Lago ;
- 2º) ABRIR /IMPEDIR chave de quatro vias nº 06 da Rua do Matão ;
- 3º) ABRIR /IMPEDIR chave nº 07 na Praça "4 " .

9º TRECHO - USP - 106 (enterrado)

<u>EP</u>	<u>UNIDADE/PREDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.284	IME	104	09/10/99
27.316	INST.OCEANOGR.	104	
27.328	FAU	104	
27.157	FFCLH –ADM.	104	
9.934	INST.GEOCIENCIAS	104	
27.385	BIBLIOT.QUIMICA	104	
S/Nº	INST. BIOCÊNCIAS	104	
TOTAL = 8			
BT	CLUBE DOS PROF.		
	VIVEIRO PLANTAS		
	1X75		

Observações :

1º) FECHAR chave de quatro vias nº 06 na Rua do Matão.

10º TRECHO - USP – 106 (ramais de 70 mm² da Rua do Lago) – Total de 03 --

10.1- 1º RAMAL

<u>EP</u>	<u>UNIDADE/PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.317	FFCLH	104	11/10/99
25.558	FAC.CIENCIAS FAR	104	
27.559	FAC.CIENCIAS FAR	104	
27.415	FFCLH-GEO E HIST	104	
TOTAL =4			
BT	1X 75KVA		

10.2 – 2º RAMAL

<u>EP</u>	<u>UNIDADE/PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.648	ENG. QUIMICA	104	14/10/99
27.323	SEMI IND. LAB.	104	
27.285	CONJ. QUIMICA	104	
TOTAL = 3			
BT	1X 75 KVA		

10.3 - 3º RAMAL

<u>EP</u>	<u>UNIDADE / PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.156	INST. Q.BIOTERIO	104	19/10/99
27.655	CEPAM	104	
TOTAL = 2			
BT	1X 75 KVA		

Observação :

- 1º) ABRIR chave de quatro vias (Rua do Anfiteatro com Av. Prof. Luciano Gualberto)
- 2º) Conectar os 03 ramais ao circuito enterrado USP -106 ;
- 3º) FECHAR chave de quatro vias (Rua do Anfiteatro com Av. Prof.Luciano Gualberto).

11º TRECHO - USP-106 (enterrado) - Av. Prof. Lineu Prestes .

<u>EP</u>	<u>UNIDADE /PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.286	INST.BIOMED. I	104	21/10/99
27.216	INST. BIOMED. II	104	21/10/99
27.551	INST. BIOMED.III	104	21/10/99
27.231	FAC. VETERINARIA	104	21/10/99
11.350	FAC. ODONTOLOG.	104	21/10/99
Total = 5			
BT	4X 75 KVA		

OBSERVAÇÕES :

- 1º) FECHAR chave nº 07 na Praça 4 ;
- 2º) ABRIR/IMPEDIR chave de três vias nº 08 em frente ao Hospital Universitário.

O circuito USP -106 (enterrado) está **energizado** .

ENERGIZAÇÃO DO CIRCUITO USP – 105 (enterrado)

MANOBRAS em 25/10/99 - INÍCIO às 07H00 - TÉRMINO ÀS 11H00

- 1º DESLIGAR USP –105 (aéreo) IMPEDIR ;
- 2º Abrir chave faca nº 12.699 no pátio da S/E ;
- 3º Abrir chave faca nº 11.862 na Av Prof. Almeida Prado ;
- 4º DESLIGAR USP – 101 (aéreo) ;
- 5º FECHAR chave faca nº 11.865 (Av. Prof. Almeida Prado em frente à S/E) ;
- 6º LIGAR USP –101 (aéreo) ;
- 7º Conectar os cabos de saída do cubículo do disjuntor de circuito USP – 105 ao seccionador existente no porão da S/E correspondente ao circuito USP - 105 enterrado.
- 8º Abrir chave nº 09 de quatro vias na Rua do Matão com Av Prof. Almeida Prado ;
- 9º Regularizar a situação da cabine do I.E.E (nº 27.944) ;
- 10º Fechar chave faca nº 12.699 no pátio da S/E ;
- 11º Fechar e Desimpedir seccionador no porão da S/E referente ao circuito USP-105 (enterrado).

OBSERVAÇÃO : O circuito USP –105 está energizado da S/E até a chave de quatro vias nº 09 na Rua do Matão com Av. Prof. Almeida Prado.

12º TRECHO - USP – 105 (enterrado) - Av. Prof. Almeida Prado

<u>EP</u>	<u>UNIDADE /PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.118	C.T.M *	105	À DEFINIR
27.322	CRECHE OESTE	105	27/10/99
27.324	PREFEITURA	105	27/10/99
9.648	MARINHA *	105	À DEFINIR
8.595	HOSPITAL UNIV.	105	À DEFINIR
TOTAL = 6			
BT	2 X 75KVA		
	2X150 KVA		

OBSERVAÇÃO :

- 1º ABRIR VIA REFERENTE AO RAMAL ACIMA DA CHAVE DE QUATRO VIAS Nº 09 na Rua do Matão com Av. Prof. Almeida Prado;
- 2º ABRIR VIA REFERENTE AO H.U. DA CHAVE DE TRÊS VIAS Nº 08 (Av. Prof. Lineu Prestes em frente ao H.U) . O H.U PERMANECERÁ ALIMENTADO PELO AÉREO ;
- 3º FECHAR CHAVE DE TRÊS VIAS EM FRENTE AO H.U ..

13º TRECHO - USP - 105 (enterrado) -

<u>EP</u>	<u>UNIDADE/ PRÉDIO</u>	<u>CIRCUITO AÉREO</u>	<u>PROGRAMAÇÃO</u>
27.298	IAG	105	29/10/99
27.556	IEE –LAB. AFER.	105	
27.302	INST. FISICA	105	
27.146	INST. FISICA	105	
27.148	INST. FISICA	105	
27.944	I.E.E	105	
(VÁRIAS)	IPEN *	105	À DEFINIR
TOTAL = 7			
BT	CLUBE DOS FUNC.		

OBSERVAÇÕES :

- 1º FECHAR chave de quatro vias na Rua Matão com a Av. Prof. Almeida Prado ;
- 2º O circuito USP – 105 (enterrado) está energizado até o seccionador no porão da ETD USP que deverá permanecer ABERTA /IMPEDIDA
- 3º O circuito USP –101 (aéreo) continuará alimentando os circuitos aéreos USP – 103/104 /105 para a Iluminação Pública , alguns casos de baixa tensão , Hospital Universitário , IPEN e Marinha .

ENERGIZAÇÃO DO CIRCUITO USP – 102 (ENTERRADO) .

Manobras : Em 03/11/99

- 1º DESLIGAR USP – 102 (aéreo) (IMPEDIR) ;
- 2º ABRIR chave faca nº 11.879 (Av. Prof. Almeida Prado em frente à S/E) ;
- 3º Executar serviços nas cabines :
27.909 - TOKAMAK e 8.568 - LABORATÓRIO DE ALTAS CORRENTES.
- 4º Conectar os cabos da saída do cubículo do disjuntor de circuito USP –102 (aéreo) ao seccionador existente no porão da S/E correspondente ao circuito USP – 102 (enterrado)
O circuito **USP –102 (enterrado)** está **energizando** .
- 5º Após o término de todos os serviços em baixa tensão e iluminação pública;
- 6º DESLIGAR USP - 101 aéreo (IMPEDIR) ;
- 7º ABRIR chave faca nº 11.865 (Av. Prof. Almeida Prado em frente à S/E) ;
- 8º ABRIR chave faca nº 11.864 (Av Prof. Mello Moraes prox. S/E) ;
- 9º ABRIR chave faca nº 8.888 na Av. Prof. Lucio M. Rodrigues com Av .Prof. Mello Moraes) e
- 10º Conectar os cabos de saída do cubículo do disjuntor de circuito USP –101 (aéreo) ao seccionador existente no porão da S/E correspondente ao circuito USP –104 (enterrado) .

TODOS OS CIRCUITOS ENTERRADOS ESTÃO ENERGIZADOS.



Localização – Av. Professor Mello Moraes próximo à Poli Naval

Circuito – USP – 103

Resistência ôhmica.

Indicador de defeito: Não tem

Nº de conexões: 01

Tipo: Saída para cabine Naval

Desconectáveis – 03 (três) 650 ETP e

03 (três) 165/6LR – 200 A – 8,8/14,4 kV.

Cabo: 240 /35 mm²

Datas das inspeções		25/04/02					
Corrente Cabo 240mm²	Fase A	132 A					
	Fase B	132 A					
	Fase C	130 A					
Corrente cabo 35 mm²	Fase A	9,67 A					
	Fase B	11,31 A					
	Fase C	10,20 A					
Temperatura terminações	240mm²	27 °C					
	35mm²	27 °C					
Temperatura cabos	240mm²	24 °C					
	70mm²	24 °C					

Observações:

Localização – Av. Professor Mello Moraes prox. Poli Hidráulica

Circuito – USP – 103

Resistência ôhmica.

Indicador de defeito: Não tem

Nº de conexões: 01

Tipo: Saída para cabine Hidráulica

Desconectáveis – 03 (três) 650 ETP e

03 (três) 165/6LR – 200 A – 8,8/14,4 kV.

Cabo: 240 /35 mm²

Tensão: 13,8 kV

Data de inspeção		25/04/02							
Corrente Cabo 240mm²	Fase A	144 A							
	Fase B	141 A							
	Fase C	140 A							
Corrente cabo 35 mm²	Fase A	9,1 A							
	Fase B	8,3 A							
	Fase C	8,8 A							
Temperatura terminações	240mm²	25 °C							
	35mm²	25 °C							
Temperatura cabos	240mm²	26 °C							
	70mm²	26 °C							

Observações:

Localização – Av. Professor Mello Moraes prox. Poli Hidráulica

Circuito – USP – 103

Resistência ôhmica.

Indicador de defeito: Não tem

Nº de conexões: 01

Tipo: Saída para Transformador – PT-303 de 150 kVA

Desconectáveis – 03 (três) 650 ETP e

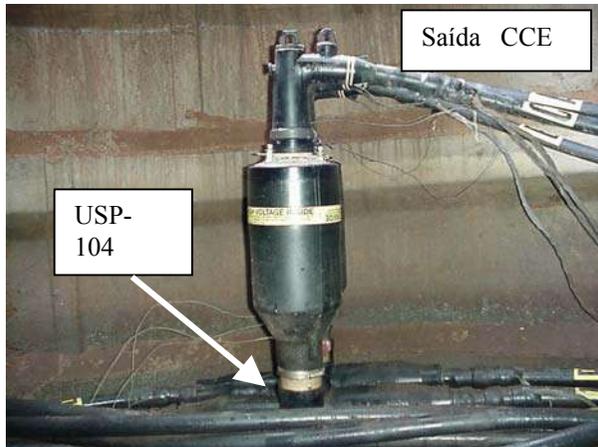
03 (três) 166LR – 200 A – 8,8/14,4 kV.

Cabo: 240 /35 mm²

Tensão: 13,8 kV

Data de inspeção		25/04/02							
Corrente Cabo 240mm²	Fase A								
	Fase B								
	Fase C								
Corrente cabo 35 mm²	Fase A								
	Fase B								
	Fase C								
Temperatura terminações	240mm²	26 °C							
	35mm²	25 °C							
Temperatura cabos	240mm²	25 °C							
	35mm²	24 °C							

Observações:



CCE

Circuito – USP – 102/104/106

Resistência ôhmica.

Indicador de defeito: Não tem

Nº de conexões por circuito e desconectáveis

USP –102- (nenhuma) -Direto

USP –104 – (1) – 3x165/GLR e 3xFusíveis (F200E15),SF₆,
200 A

USP-106 – (1) – 3x 25_PCJ

Cabo: 240 e 35 mm²

Datas das inspeções		14/05/02	3/12/02					
Corrente 240mm² USP-106	Fase A	274A	160A					
	Fase B	270A	164A					
	Fase C	282A	160A					
Corrente(E/S) 240 mm² USP-104	Fase A	39,1/2,4 A	34,6/ 0,8 A					
	Fase B	37,8/3,7 A	32,8/ 1,6 A					
	Fase C	40,1/2,05A	34,7/ 2,7 A					

terminações	USP-104	Saída 26 °C	Saida 26 °C					
Temperatura cabos	240mm²	Ent 28 °C	Ent 26 °C					
	USP-106	Saída 28 °C	Saida 26 °C					

Observações:

