

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

SOLUÇÃO PARA AUTOMAÇÃO DE REDES RETICULADAS DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA

CEDRIC D'SA
CARLOS AUGUSTO BARRETO FRANCO
MARCELO DE CAMPOS FERRAZ

LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE SA

VICTOR G. MOHL (Presidente)

ELECTRONIC TECHNOLOGY INC.

Palavras-chave:

Rede Reticulada; Câmara Transformadora Subterrânea; Relé Protetor; Automação; LAN; WAN; Carrier Spread-Spectrum; Fibra Ótica.

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

I. INTRODUÇÃO.....	3
II. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
II.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS NAS CTR´S.....	3
II.2 A VIABILIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO	4
III. DESCRIÇÃO DO PROJETO SCCT	5
III.1 CONFIGURAÇÃO DO SCCT	5
III.2 FUNCIONALIDADE DO SCCT	5
III.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPAIS DO FORNECIMENTO	6
IV. IMPLANTAÇÃO DO SCCT	7
IV.1 ESTABELECIMENTO DA REDE DE CABOS DE FIBRA ÓTICA.....	7
IV.2 INSTALAÇÃO DE SENSORES, CABEAÇÃO E CONCENTRADORES	7
IV.3 INSTALAÇÃO DE MNPR´S	8
IV.4 INTEGRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE SUPERVISÃO E CONTROLE NAS CTR´S AO EQUIPAMENTO SUPERVISÓRIO CENTRAL.....	8
V. CONCLUSÕES.....	8
VI. ANEXOS.....	9
VII. BIBLIOGRAFIA	12

I. INTRODUÇÃO

A qualidade assim como a confiabilidade da energia suprida pela rede da distribuição subterrânea é determinada pelos cabos e equipamentos elétricos que a constituem, aliada às condições físicas e ambientais nas câmaras transformadoras subterrâneas (CTR's) cuja função é alojar esses equipamentos.

A parte preponderante da rede de distribuição subterrânea da LIGHT, composta de 552 linhas de distribuição subterrânea (LDS's) e 2700 CTR's, é situada na Regional Litorânea. Essa Regional é uma das quatro áreas distribuidoras da LIGHT e atende o Centro - Sul da Cidade do Rio de Janeiro e uma faixa que se estende ao longo de toda a extensão do litoral da Barra da Tijuca, até a Pedra de Guaratiba.

No Centro e Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro constituindo a região metropolitana, predomina o sistema reticulado, cuja tensão primária é de 13,8 kV e o secundário reticulado em 220 V. Nessa região há 25 (vinte e cinco) sistemas reticulados em operação associados à aproximadamente 1300 CTR's e 230 LDS's. As restantes LDS's e CTR's compõem os arranjos radiais da rede subterrânea da LIGHT.

O projeto SCCT (Sistema de Supervisão e Controle de Câmaras Transformadoras), objeto desse trabalho, culminou de ações visando solucionar as necessidades prementes de supervisão das condições ambientais de CTR's bem como do avanço tecnológico em sistemas de supervisão e controle concebidos para essa finalidade.

II. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

II.1 Condições ambientais nas CTR's

As CTR's da LIGHT são projetadas e construídas para impedir a entrada de água em função da existência de lençol freático alto na Cidade do Rio de Janeiro, conjugada à incidência de chuvas com elevado índice pluviométrico. Mesmo assim, as CTR's são suscetíveis à inundação, em função de imperfeições sejam essas imputáveis ao subsistema de ventilação, aos embuchamentos de cabos ou às vedações em geral das instalações.

O subsistema de ventilação forçada das CTR's é constituído de dutos de admissão e exaustão de 254 (duzentos e cinquenta e quatro) milímetros de diâmetro, que derivam de caixas de ventilação no nível da calçada (ou via pública), na área externa às CTR's. Como regra geral, para cada 1000 (um mil) kVA instalado na CTR, há 1 (um) exaustor de 1,5 H.P. colocado junto ao duto de exaustão enquanto o de entrada de ar fica livre. Referidos dutos terminam geralmente nas paredes laterais das CTR's, embora em algumas instalações terminam também no teto.

A ventilação forçada da CTR é afetada adversamente quando há defeito no exaustor, ou pôr fechamento indevido dos tampões basculantes instalados nas extremidades dos dutos de ar nas caixas de ventilação. Quando isso ocorre a CTR, e naturalmente os equipamentos nela contidos, ficam submetidos a sobrecarga térmica.

Se, com a área vizinha à CTR inundada, referidos tampões basculantes não fecharem pôr inoperância do mecanismo bóia / braço, a própria CTR poderá ser inundada, ao ponto de comprometer a operação dos equipamentos elétricos instalados. Nesse caso há necessidade de se esvaziar a CTR e desenergizar seus equipamentos. Em seguida retiram-se esses para serem recuperados em oficina, e no seu lugar, instala-se um conjunto de reposição, o que significa transtornos a todos.

Com o alargamento das ruas da Cidade ao longo dos anos, muitas das CTR's se encontram hoje sob via pública, em local de trânsito intenso. Portanto, a intervenção de turmas de emergência da LIGHT torna-se impraticável, a não ser em horário fora da jornada normal de expediente, o que poderá contribuir para o agravamento do problema.

Diante desse cenário, julgou-se necessário prevenir-se contra ocorrências desse tipo, através de sistema de supervisão e controle.

II.2 A viabilização da automação

O projeto contemplou a automação do sistema reticulado SAT II, o que deriva da SETD Santo Antônio 138 / 13, 8 kV, com as seguintes características e de elevada importância pela carga suprida no Centro da Cidade do Rio de Janeiro:

- 8 LDS's de 13,8 kV;
- 51 CTR's;
- 101 transformadores de 13,8 kV / 220 V e número igual de protetores;
- 56 MVA de capacidade instalada.

Das 51 CTR's, 3 CTR's são do tipo "spot" cuja finalidade é fornecer energia a consumidores exclusivos; as CTR's "spot", portanto, são desvinculadas do reticulado de baixa tensão (BT) formado pelas demais.

A solução técnica foi deixada à livre escolha, porém foi solicitado aos proponentes que na proposta apresentassem referências detalhadas de fornecimentos realizados.

Recebidas as propostas, notou-se que a funcionalidade requisitada pela LIGHT havia sido excedida por 3 (três) proponentes, no sentido desses terem incorporado nas suas propostas, 101 (cento e um) novos relés protetores microprocessados, em substituição àqueles em operação no SAT II. Os relés novos agregam facilidades de comunicação bidirecional além de possuírem recursos para entrada e saída de dados.

Dado à obsolescência dos relés protetores eletro-mecânicos e a dificuldade de se obter peças de reposição, a parcela do custo referente aos relés protetores microprocessados foi abatida do custo total do projeto e alocada à modernização das instalações do SAT II. Esse fator foi de importância fundamental para conferir viabilidade econômica ao projeto como um todo.

A proposta vencedora foi justamente aquela na qual o subsistema de comunicação apresentou o menor custo total de aquisição e implantação, neutralizando, portanto, o fator principal responsável para gerar alto custo na automação de redes subterrâneas.

Os benefícios contabilizados no projeto foram os seguintes:

- Eliminação de prejuízos anuais incorridos com a inundação;
- Redução na frequência da manutenção e vistoria periódica;
- Redução de investimento para ampliação do reticulado;
- Redução das perdas técnicas;
- Economia de energia despendida no subsistema de ventilação.

Do montante do SCCT, cerca de metade representa a aquisição de novos relés protetores microprocessados à preços de mercado. Do restante, estudos indicaram um TIR (taxa interna de retorno) de 18 % utilizando os benefícios acima.

Os outros benefícios não contabilizados são:

- Menor taxa de falha e maior vida útil de equipamentos, por eliminação de sobrecargas térmicas;
- Viabilidade de se instalar e manobrar à distância LDS's reserva em CTR's, para assumirem a carga em caso de defeito em LDS's principais do reticulado;

- Potencial para reduzir significativamente o tempo para recolocar em serviço as LDS's com defeito, mediante manobra à distância das chaves que conectam as LDS's aos transformadores das CTR's;
- Os dados de carregamento de transformadores e outras informações disponibilizadas em tempo real constituem ferramenta para operação do reticulado em situações de contingência;
- Maior segurança para o pessoal de campo, pela facilidade de se manobrar à distância os equipamentos elétricos das CTR's.

III. DESCRIÇÃO DO PROJETO SCCT

Após colocação do pedido, foi elaborado o detalhamento do projeto (“Work Statement”) incluindo o escopo do fornecimento na modalidade “turn-key”, o cronograma da obra e todos os itens desse, identificando as responsabilidades imputáveis à LIGHT e ao fornecedor.

III.1 Configuração do SCCT

A configuração do SCCT é apresentada na Fig. 1.

Os relés protetores microprocessados (MNPR's) instalados em CTR's cumprem o papel de relé protetor, dispositivo para entrada e saída de dados e ainda transceptor de comunicação bidirecional “carrier spread-spectrum”.

A comunicação dos MNPR's é via a rede de BT com o respectivo concentrador de dados, dispositivo esse que contém transceptor idêntico de “carrier spread-spectrum” e ainda transceptor eletro-ótico. Um microprocessador gerencia o fluxo de dados entre as duas modalidades de comunicação presentes dentro do concentrador.

A viabilização de rede de comunicação bidirecional entre as CTR's e o centro de controle se deve à:

Rede LAN (“local area network”) empregando “carrier spread-spectrum” entre os MNPR's - e portanto CTR's - e seus respectivos concentradores através da rede de BT;

Rede WAN (“wide area network”) empregando cabos de fibra ótica multi-modo entre os concentradores e a SETD Santa Luzia, e daí até a Sala de Operação em Frei Caneca via modems e circuitos telefônicos redundantes.

Quanto as 3 (três) CTR's tipo “spot”, o barramento de BT nessas CTR's é conectada à BT do reticulado do SAT II através de equipamento CIU (“Communication Interface Unit”). A função desse equipamento é manter o barramento de BT das CTR's “spot” isolado do reticulado SAT II para efeito do sistema elétrico, ao mesmo tempo em que torna os mesmos transparentes para fins de sinais “carrier spread-spectrum”.

III.2 Funcionalidade do SCCT

A funcionalidade do SCCT é disponibilizada em 3 (três) níveis, conforme descrito a seguir

- Nível de CTR: controle de exaustor em modo “manual” ou “automático” (sob controle do MNPR); ajuste de parâmetros do MNPR em nível local, sem prejuízo à execução remota dessa função, a partir do equipamento supervisorio central; sem restrição às operações mormente disponíveis no protetor;
- Nível de concentrador: permite reconfiguração completa do concentrador e conseqüentemente, a rede “LAN”, de acordo com os requisitos do subsistema de comunicação; fornece acesso à ferramentas para depurar eventual mau funcionamento da comunicação;

➤ Nível de equipamento supervisório central:

- supervisão de nível de água, fluxo de ventilação, estado do exaustor (desligado / ligado) e respectivo controle (manual / automático) e temperatura ambiental nas CTR's; tempo de resposta de 30 (trinta) segundos à 5 (cinco) minutos, em função da severidade;
- supervisão de tensão do barramento BT, corrente e ângulo de fase de cada transformador, estado de cada protetor (aberto / fechado); supervisão da temperatura de funcionamento do MNPR e status desse (em flutuação / comandando abertura ou fechamento de protetor); supervisão de temperatura de 2 (dois) transformadores (à título de experiência); tempo de resposta de 30 (trinta) segundos à 3 (três) minutos, dependendo da entidade;
- controle remoto de protetor, incluindo abertura, bloqueio e desbloqueio; tempo de resposta de 10 (dez) segundos;
- previsão para controle remoto e supervisão de chaves à gás SF6 em todas as CTR's; tempo de resposta de 10 (dez) segundos;
- interface homem-máquina, de acordo com as necessidades da LIGHT e práticas adotadas em sistemas modernos de automação de redes;
- recursos para gerenciamento do SCCT, incluindo cadastramento de usuários e edição de dados do SAT II, como por exemplo, estabelecer senhas de acesso para usuários, e adicionar / deletar transformadores, protetores, CTR's etc.

III.3 Características técnicas principais do fornecimento

HARDWARE

MNPR's: atendem as especificações da LIGHT (Ref. 1) e da CONSOLIDATED EDISON (Ref. 2); empregam componentes eletrônicos padrão "MIL" propiciando grande robustez e baixa taxa de falhas; a comunicação "carrier spread-spectrum" emprega tecnologia da INTELLON (Ref. 3).

Sensores para CTR's: todos os sensores são apropriados para ambientes severos como das CTR's; o nível de água utiliza sensor tipo bóia e o fluxo de ventilação, palheta móvel associado à contatos elétricos selados; o sensor de temperatura de CTR emprega sensor eletrônico.

Transceptores eletro-óticos: também de grande robustez, utilizados nos concentradores e no SCIU ("Substation Communication Interface Unit") da SETD Santa Luzia.

Modems: com velocidade até 9600 bps.

Equipamento supervisório central: arranjo de Servidor e Cliente, completo com discos rígidos, memória dinâmica e "hubs" adequados à aplicação em pauta.

Cabos de fibra ótica: geleado, do tipo multi-modo.

SOFTWARE

Protocolo de comunicação: proprietário do fornecedor, porém a ser disponibilizado na íntegra à LIGHT, objetivando viabilizar integração do SCCT ao COD.

SCADA: em plataforma Windows NT, usando produtos de software da Microsoft como Visual Basic, Access e SQL Server, configurados e customizados para essa aplicação.

IV. IMPLANTAÇÃO DO SCCT

Pela localização do reticulado SAT II, todos os serviços de instalação e comissionamento do SCCT foram concebidos para serem executados durante a jornada noturna e em fins de semana.

Em se tratando de “turn-key”, a elaboração do projeto de instalação de todos os equipamentos objeto do fornecimento, assim como dos respectivos procedimentos de instalação e testes de aceitação, completo com a execução desses, são da responsabilidade do fornecedor.

À LIGHT cabe analisar e aprovar os documentos citados além de realizar as vistorias das obras e acompanhar os testes de aceitação.

Isso posto, a implantação do SCCT foi iniciada em Dezembro de 1998, consistindo de 4 (quatro) fases distintas, a saber:

IV.1 Estabelecimento da rede de cabos de fibra ótica

Foi iniciado após consolidação do “Work Statement” e contou primeiramente com levantamento de disponibilidade de dutos subterrâneos recém instalados e tidos com vagos no cadastro da LIGHT. Terminado o levantamento citado, foi detalhado o projeto de instalação.

A partir da SETD Santa Luzia no Centro da Cidade, foram lançados 3 (três) subdutos, de 1 polegada de dia. cada, em duto vago ao longo do “backbone” constituído pôr essa SETD e as CTR’s 282 e 1015; a primeira dessas fica na esquina de Av. Nilo Peçanha com Av. Pres. Antônio Carlos e a segunda na esquina da Rua 7 de Setembro com a Av. Rio Branco.

Similarmente da CTR 282 até CTR 192 (Av. Graça Aranha c/ Alm. Barroso) e da CTR 1015 até CTR 1043 (Av. Rio Branco, frente ao Edif. Av. Central) foram também lançados 3 (três) subdutos.

Com os subdutos lançados, foi a vez do lançamento dos cabos de fibra ótica, a partir da SETD Santa Luzia até as CTR’s 282 e 1015, e a partir desses, até as CTR’s 192 e 1043, respectivamente. Teve com meta a utilização de não mais do que 1 (um) subduto para alojar os cabos de fibra ótica nos trechos citados acima, o que exigiu trabalhos especiais e cuidados durante a instalação. Essa medida visou garantir capacidade ociosa para expansão futura da rede WAN.

Terminados os trabalhos, as vistorias realizadas e testes de aceitação de campo confirmaram conclusão satisfatória das metas estabelecidas.

IV.2 Instalação de sensores, cabeção e concentradores

Terminado o “Work Statement”, o fornecedor realizou levantamento detalhado nas 51 CTR’s a partir do qual foi elaborado o anteprojeto para instalação de todos os equipamentos das CTR’s.

Consoante o prazo de fabricação e entrega dos sensores, cabeção, concentradores e MNPR’s, decidiu-se postergar a instalação dos MNPR’s para a etapa seguinte. Isso contribuiu para atenuar o problema maior de se instalar todos os equipamentos de uma só vez, como será observado a seguir.

A Fig. 2 apresenta projeto de instalação típica em CTR de apenas 1 (um) transformador.

Coube a LIGHT vistoriar essas obras após a sua conclusão e verificar a correta operação dos diversos sensores.

IV.3 Instalação de MNPR's

Essa etapa exigiu da equipe de instalação cuidados redobrados, não tanto pelo serviço em si de reposição de relé protetor eletro-mecânico e sua substituição pôr MNPR, mas principalmente pelo fato de que a abertura de um protetor implica em tirar o mesmo fora de serviço. Se dita reposição não for bem sucedida, haverá necessidade de se impedir novamente o protetor, com as implicações atinentes.

A instalação do cabo que interliga o MNPR no interior do protetor ao SIU ("Sensor Interconnect Unit") do lado de fora na CTR, requer ainda que se fure a carcaça do protetor.

Dado a espessura dessa chapa e a exigência de que a gaxeta e conector fornecidos assentem-se perfeitamente sem comprometerem a estanqueidade do conjunto, fica evidente que esses serviços devam ser executados com a maior cuidado. Outros cuidados dizem respeito à contenção do local sendo furado e o recolhimento da limalha, o que poderia trazer sérias conseqüências caso atingisse as partes internas do protetor.

Novamente, através de vistorias e testes de aceitação realizados junto aos MNPR's e respectivos protetores, foi dado o aceite a essa fase.

IV.4 Integração dos equipamentos de supervisão e controle nas CTR's ao equipamento supervisório central

Atualmente o fornecedor está realizando a integração das CTR's ao equipamento supervisório central. Essa fase está exigindo concentração de esforços no que tange à configuração dos concentradores bem como ajustes de software nas redes LAN e WAN.

A base de dados central está também sendo editada para retratar fielmente a conexão entre sensores e MNPR's instalados nas CTR's.

Prevê-se que os testes de aceitação de campo do SCCT sejam concluídos no mês de Setembro 2000, o que permitirá o início de operação assistida do SCCT.

V. CONCLUSÕES

O projeto SCCT irá seguramente introduzir novas perspectivas para operar, manter e gerir os sistemas reticulados da LIGHT. Nessa primeira fase, caberá acompanhar detalhadamente seu desempenho, visando comprovar os ganhos e benefícios previstos em projeto, para que haja uma avaliação completa da sua utilidade à rede da distribuição subterrânea.

VI. ANEXOS

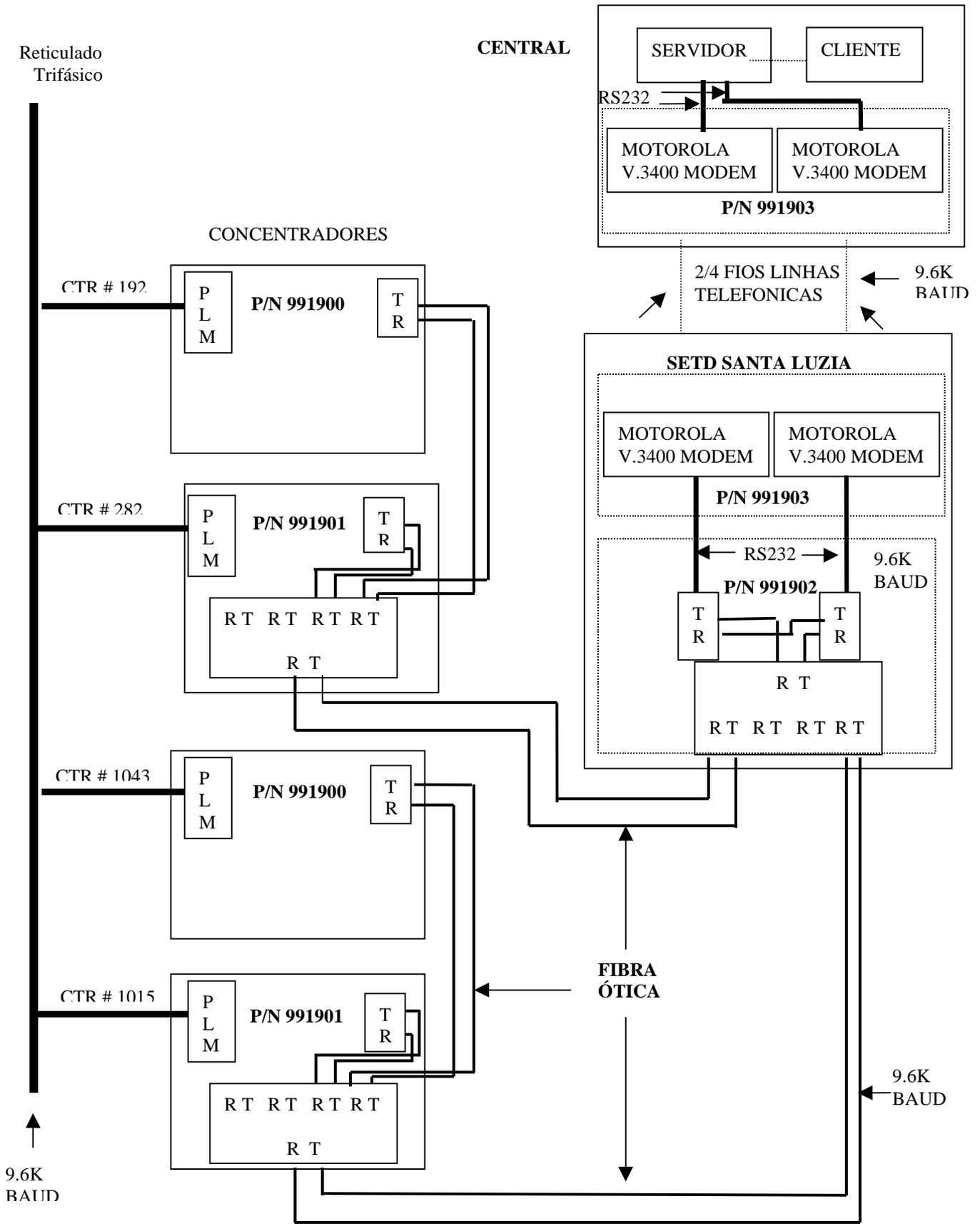


FIG. 1 – Configuração do SCCT

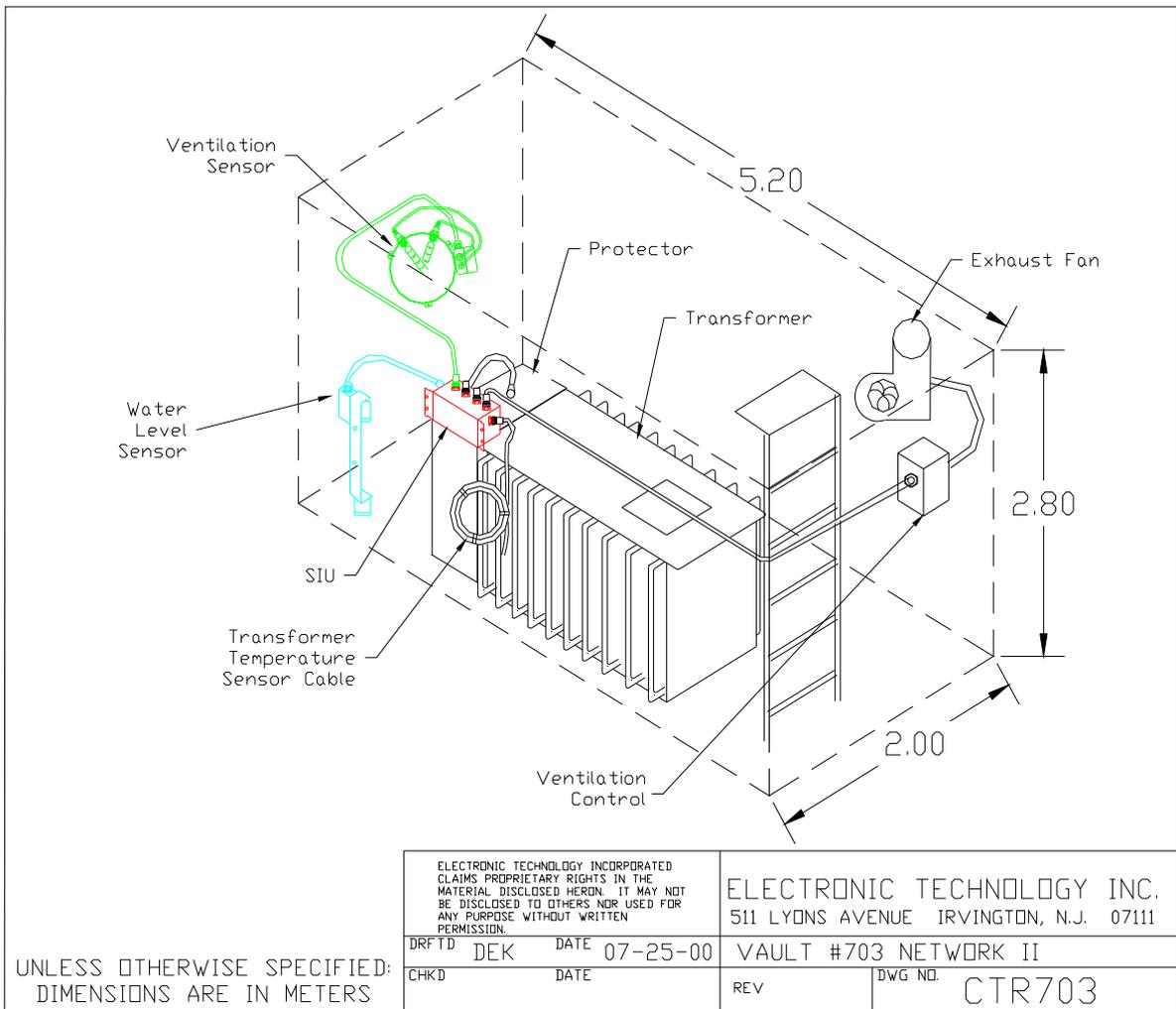


FIG. 2 – Projeto de instalação em CTR

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.** Norma Técnica NTL 113-JAN / 89 da LIGHT “PROTETOR DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA”;
- 2.** Specification EO-5123, Revision 3, June 1997, “MICROPROCESSOR BASED NETWORK PROTECTOR RELAY”, Distribution Engineering Department, Equipment Section, CONSOLIDATED EDISON CO.OF NEW YORK INC., USA
- 3.** Technical Data Sheets “SSC P400 PL Network Interface Controller”, & “SSC P111 PL Media Interface IC”, INTELLON, Ocala, Florida, USA