



GLT/006

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO III
GRUPO DE ESTUDOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)
LTS NORTE MIGUEL REALE : A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

João Quirino Pedrosa de Almeida (*)
Elisa Midori Yokomi
Oswaldo Lopes Moraes
José Aparecido Correa
Sergio S. Murakami
Agostinho da Cunha Duarte

Ivan Teixeira de Oliveira
Wagner Klein da Silva

EPTE – Empresa Paulista de Transmissão de
Energia Elétrica S/A

PIRELLI - Cabos S/A

RESUMO

Este trabalho relata a experiência da EPTE e da Pirelli na implantação do Sistema de Supervisão para monitoramento em tempo real do cabo OF da linha de transmissão subterrânea (LTS) Norte – Miguel Reale 345 kV, com 2 (dois) circuitos de 400 MVA cada um, extensão total de 14,5 km, atravessando uma região densamente povoada entre o município de Guarulhos e o centro da cidade São Paulo.

É apresentado o detalhamento da implantação do sistema de supervisão para monitoramento em tempo real, bem como as atividades desenvolvidas no comissionamento para a sua entrada em operação, da elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção , além da avaliação das propostas de melhoria contínua para eventuais “upgrade”.

PALAVRAS CHAVE

Monitoramento em tempo real – Linha de Transmissão Subterrânea - Manual de Operação e Manutenção

1.0 - INTRODUÇÃO

O sistema de supervisão tem por finalidade realizar o monitoramento das condições de temperatura, pressão de óleo e correntes dos cabos que constituem a linha subterrânea de 345 KV entre a ETT Norte e a ETT Miguel Reale, permitindo o conhecimento do carregamento instantâneo da linha, das condições térmicas associadas e a necessidade de manutenção preventiva.

O conhecimento das características da LTS e a verificação do sistema são fundamentais para a

otimização de transporte de energia e como ferramenta de verificação e prevenção de comportamentos futuros (sobrecargas ou falhas).

Para conhecer as funcionalidades do sistema e manter a confiabilidade da base de dados será apresentado a seguir os conceitos e as descrições dos equipamentos (hardware) e software relacionados ao Sistema de Supervisão de Cabos de Alta Tensão.

2.0 - CARACTERÍSTICAS DA LTS

A LTS Norte-Miguel Reale é uma linha com 14,5 km de extensão, sendo 9,1 km em vala e 5,4 km em túnel, constituída por dois circuitos trifásicos com capacidade de totalizar 400 MVA de potência firme, usando cabos OF operando a 345 KV. O cabo OF é construído conforme esquematizado na figura 1. Constituído por um condutor de cobre com orifício central para escoamento de óleo fluido, recoberto de papel impregnado em óleo, seguido da blindagem de alumínio corrugado e da cobertura de proteção de polietileno.

Os três cabos de cada circuito são dispostos na horizontal para melhor dissipação de calor. Esta disposição de cabos provoca indução de tensão significativa na blindagem, que por sua vez pode gerar correntes de circulação. O aquecimento provocado por estas correntes reduzem a capacidade de transmissão de energia.

Para equilibrar a impedância da linha, os cabos são montados em trechos com transposições. Para evitar correntes na blindagem, nas seções intermediárias do trecho a blindagem “volta” para a mesma posição física da seção anterior. Com isto cada blindagem sofre a indução de três fases, gerando f.c.e.m que anula

a tensão induzida no final do trecho. Pequenas correntes podem circular caso as seções tenham comprimentos diferentes, e em menor grau em função das variações nas distâncias dos cabos.

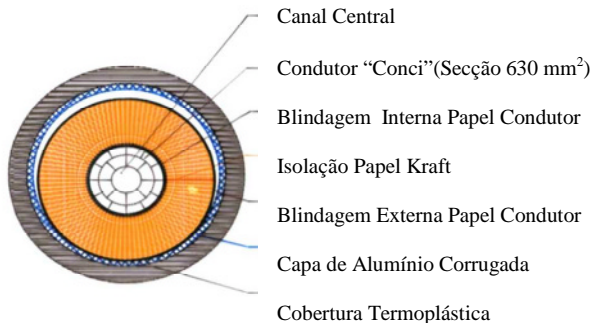


FIGURA 1- Seção do cabo OF

3.0 - GRANDEZAS MONITORADAS

As mais representativas do funcionamento das linhas de transmissão são:

-temperatura do condutor do cabo OF 345 KV – é obtida do modelamento térmico do cabo, partindo da temperatura da cobertura, temperaturas de emendas, temperaturas do solo e do ar.

-Pressão de óleo isolante no cabo OF 345 KV – sua monitoração permite prevenir eventuais vazamentos de óleo.

-Corrente de blindagem do cabo OF 345 KV – indica as condições de funcionamento do Cross-Bonding e seus aterramentos. Utilizada para prevenir sobreaquecimento e perfuração por eletroerosão da capa metálica.

-Corrente de condutor do cabo OF 345 KV – é utilizada para calcular a energia dissipada na linha de transmissão e é base para os cálculos térmicos.

Para este sistema foram incorporados detetores para sinalizar pontos de acesso e alagamento no túnel.

O sistema dispõe de 12 remotas para coleta de informações distribuídas ao longo dos 14,5 km da linha..

As grandezas medidas ao longo da linha são:

- Corrente no condutor 12
- Corrente na capa 42
- Temperatura 57
- Sensor de pressão 30
- Falta de energia 11
- Acesso 05
- Alagamento 04

Cada remota tem uma configuração de condicionadores e sensores conforme as características

do local e do tipo de caixa de emenda. Através de uma lista de tags que compõe o Manual do Usuário fornece a distribuição e o endereço dos pontos medidos por remota.

4.0 - ARQUITETURA DO SISTEMA

A Arquitetura do Sistema de Supervisão é representado de forma simplificada no diagrama da figura 2.

Três elementos se destacam:

- Remota
- Estação de Supervisão
- Estação de Monitoramento Remoto

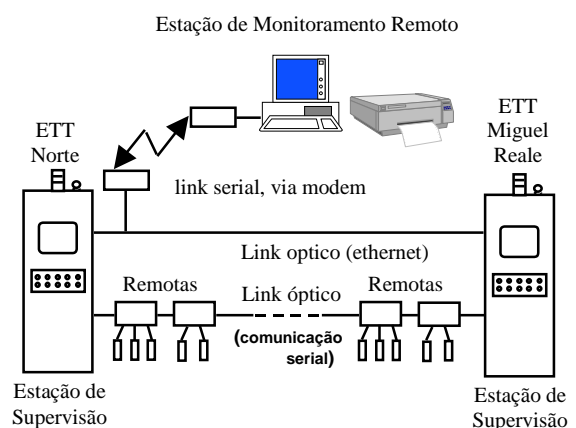


FIGURA 2 -Arquitetura do Sistema de Supervisão

4.1 Funções da Remota

- ✓ Condicionar os sinais dos sensores conforme características de cada um;
- ✓ Converter os sinais analógicos em digitais;
- ✓ Transmitir dados de campo para a Estação quando por esta solicitada, convertendo os sinais de luz nas fibras ópticas.

4.2 Funções da Estação de Supervisão:

- ✓ Coletar dados das remotas;
- ✓ Calcular temperatura do condutor;
- ✓ Armazenar dados históricos;
- ✓ Apresentar informações em tabelas sinópticos, gráficos e imprimir relatórios usando a botoeira na parte frontal do painel e o monitor de vídeo;
- ✓ Sinalizar ocorrências de falhas usando alarme visual e sonoro;
- ✓ Fornecer dados de operação e histórico para Estações de Monitoramento Remoto;
- ✓ Disponibilizar dados de operação e histórico para outros sistemas.

4.3 Funções de monitoramento remoto:

- ✓ Extrair dados das Estações de Supervisão;
- ✓ Apresentar informações em tabelas, sinópticos, gráficos e imprimir relatórios.

5.0 - COMISSIONAMENTO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO

As atividades de comissionamento do sistema de supervisão da LTS Norte – Miguel Reale, tiveram como objetivo verificar todas as instalações (hardware) e do software do referido sistema, bem como avaliar através de simulação em campo, para cada remota as correspondentes leituras nas Estações de Supervisão da ETT Norte e ETT Miguel Reale e na Estação de Monitoramento Remoto instalada no Centro de Manutenção de Cabos Subterrâneos da EPTE.

A equipe de comissionamento foi composta por representantes das áreas técnicas da EPTE tais como:

- Engenharia de Manutenção (Coordenação da equipe de Comissionamento)
- Manutenção Regional de Cabos Subterrâneos
- Manutenção de Supervisão e Telecontrole (responsável pela manutenção das remotas, Estação de Supervisão e Software)
- Projetos de Linhas de Transmissão
- Construção de Linhas de Transmissão

Todas as atividades foram desenvolvidas em conjunto com os representantes da Pirelli, empresa contratada para a execução do projeto e instalação do hardware e software do Sistema de Supervisão.

A sinergia do relacionamento dos participantes da equipe de comissionamento, foi de grande importância para buscar a resolução dos problemas, superação de restrições e de interferências encontradas no andamento das atividades de comissionamento e regularização de suas pendências. Tais dificuldades encontradas foram originadas pelas características da implantação deste sistema, as quais não atendiam plenamente as necessidades atuais de manutenção / operação, pois não estavam contempladas no desenvolvimento do projeto ,anterior ao ano de 1997, e contratação da obra as quais relacionamos a seguir:

- Perda parcial ou total do sistema de supervisão por anomalias no sistema de alimentação, transmissão de dados ou defeitos nas remotas, indisponibilizando a obtenção dos valores dos parâmetros de controle;
- Necessidade de manutenção constante em algum dos componentes do sistema a fim de evitar a sua indisponibilidade;
- as remotas estão instaladas ao longo da LTS, em lugares sujeito a vandalismo (faixa de domínio de Rodovia, proximidade de margem de Rio, canteiro central de avenida, passeios); dentro de

caixas de tanque de óleo sujeita a inundação ; dentro do túnel com profundidade de 10 a 30 metros ;

- a alimentação das remotas ao longo da linha (220 volts bifásica) apresenta variações significativas de tensão, acarretando a atuação freqüente do Nobreak externo e/ou queima do mesmo e conseqüentemente falha no sistema de comunicação das remotas ;
- os sensores de alagamento estão instalados somente em 4 (quatro) pontos de maior incidência ao longo túnel ;
- os sensores de acesso ao túnel estão instalados somente em 3 (três) locais , onde existem portas de acesso, não sendo previsto nos demais poços de acesso onde estão instaladas escotilhas;
- Limitação de manutenção da fibra óptica dentro da remota, que se encontra sob a placa dos dispositivos eletrônicos ;
- Sistema de telefonia, através de pares telefônicos do cabo piloto da LTS, apresentam níveis de ruídos que muitas vezes dificultavam a própria comunicação;
- Comunicação unidirecional para as leituras das remotas pela Estação de Supervisão, a qual é característica da interface óptica;
- Necessidade do reconhecimento dos alarmes ser independente nas duas estações de supervisão;
- Não considerado link's de corrente nas remotas, referente aos TC's das correntes de blindagem;
- Necessidade de aferição em todos os dispositivos de medição analógicos, composto por até oito condicionadores que convertem os diferentes tipos de sinais dos sensores de campo;
- Limitação do software acarretando a impossibilidade de aumentar na tela de alarmes outros valores, além do inicialmente previsto ;
- Limitação do software impossibilitando a utilização de botoeiras para paginação na tela de alarmes ;
- Necessidade da definição dos processos de atendimento por parte da Pirelli, durante a fase de garantia;
- Fornecimento da licença do “software” do Sistema de Supervisão.

6.0 – MANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

Visando o atendimento das necessidades do cliente, no caso específico da implantação do Sistema de Supervisão, são as áreas de manutenção e operação da LTS Norte – Miguel Reale, foram elaborados os seguintes documentos que compõem o Manual do Usuário:

- Manual de Manutenção do Sistema de Supervisão
- Manual de Operação do Sistema de Supervisão

- Lista de Tags
- Procedimento para aferição dos Conversores Analógicos (Dispositivos de Medição)
- Procedimento para Inicialização e Finalização da Estação do Monitoramento Remoto
- Instrumento de Licença de uso do Software
- Licença dos Programas Aplicativos Utilizados no Sistema de Supervisão
- Procedimento da Atualização de horário / data

Durante as atividades de comissionamento, foi efetuada a verificação, simulação e aprovação de todos os procedimentos que compõem o Manual de Garantia do Usuário, para subsidiar a elaboração e execução do programa de gerenciamento de manutenção do Sistema de Supervisão da LTS Norte – Miguel Reale.

7.0 - MELHORIA CONTÍNUA PARA O SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Considerando que na concepção original do projeto do sistema de Supervisão, foi definida que a transmissão de dados sendo unidirecional, no qual a perda de uma das remotas implica em perda de todas as informações enviadas pelas outras, imediatamente anteriores.

Tal concepção foi baseada na comunicação à distância em rede óptica com interface elétrica RS 485, considerando-se somente os aspectos da comunicação livre de ruídos eletromagnéticos e da isolamento elétrica entre as remotas, pois era a tecnologia adequada para rede distribuída a distância junto da LTS.

A configuração do Sistema atual emprega as características e componentes apresentados nos protótipos anteriores com algumas melhorias no escopo do contrato como: par de fibras reservas nas remotas, leitura das correntes de condutores na ETT Norte e a comunicação Ethernet a 2 Mbps entre Estações de Supervisão.

A característica unidirecional da comunicação é decorrente do tipo de interface eletro-óptica utilizada e da tecnologia do controlador (serial RS485 tipo Mestre/Escravo).

Hoje encontra-se em fase de estudos de viabilidade técnico- comercial, duas propostas para obter a bidirecionalidade do Sistema. A primeira seria avaliar outras interfaces ópticas no mercado mundial que poderiam ser adaptadas ao sistema de supervisão (é requerido um prazo maior para ensaios) e adequar os softwares. As interfaces também têm de atender as seguintes condições:

- utilização de fibras ópticas multimodo 62,5/125 μm ;
- distância entre equipamentos adjacentes de até 2,3 km e de até 4,4 km quando alternadas (a distância máxima padrão para interface óptica multimodo é 2 km);
- interface elétrica serial multiponto RS-485 (2 fios)

e compatível ao hardware OPT022;

- compatibilidade com controle realizado pelas Estações de Supervisão nas ETT's com remotas distribuídas ao longo da LTS;
- condições de operação sob temperaturas de 0 a 70° C (ambiente não controlado e instalada em caixas fechadas sob as vias públicas) e dimensões compatíveis ao espaço interno nas caixas remotas;
- alimentação 220 V/60 Hz (local e sujeito a ruídos de LTS de 345 kV).

A segunda alternativa (mais rápida) seria minimizar o número de remotas sem comunicação durante a interrupção em uma delas, através da divisão em duas redes, tendo em cada rede um hub e um controlador externo (com Ethernet e RS485) instalados em cada Estação e comunicando-se a 6 remotas (RS485). Por estar os controladores e microcomputadores na rede Ethernet, eles poderão ser acessados entre si a uma taxa de comunicação rápida (via canal de 2Mbps existente), originando bases de dados completas das remotas e com sinalizações independentes.

Seriam necessários os equipamentos e serviços a seguir:

- trocar o sentido das fibras em metade das remotas;
- compra e instalação de hub Ethernet Fonte 24/5 Vcc, controlador externo com placa Ethernet e interface RS485 (OPTO 22) em cada Estação de Supervisão ;
- readequar e testar os softwares para a nova configuração do Sistema.

8.0 - A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO EM TEMPO REAL

Podemos destacar que as Concessionárias de Energia Elétrica que operam linhas de transmissão desejam:

- Transmitir o máximo de energia que a linha suporta, principalmente em condições de emergência;
- Reduzir custos, reduzir tempo de interrupção, aumentar eficiência da manutenção nas LTS .

O fator limitante para a capacidade de transmissão de potência numa linha de transmissão é a temperatura do condutor.

Para Linhas de Transmissão Subterrâneas (LTS) as normas usadas para definir a ampacidade somadas às considerações de projeto , para o pior caso da instalação e operação , podem levar a um dimensionamento do cabo mais restritivo que as condições reais da instalação . O resultado é que a linha instalada pode ser capaz de transmitir mais energia do que o especificado no projeto original.

O Módulo de Cálculo (RTTR, Real Time Thermal Rating) , obtém os dados do software de supervisão, executa o modelamento matemático do sistema térmico e determina:

- A temperatura do condutor para os vários pontos em que a temperatura é lida do campo;
- A máxima ampacidade para uma série de tempos pré-determinados;
- O tempo para se atingir a temperatura máxima no condutor se a corrente no condutor no momento permanecer constante;
- O cálculo realizado para determinar a temperatura do condutor recebe como entrada a temperatura da cobertura, a temperatura do solo e a corrente .

O modelamento térmico do cabo e do solo é realizado usando-se as normas IEC 60287 (ampacidade em regime a plena carga) e IEC 60853 (ampacidade em regime de emergência considerando o transitório térmico).

Além da temperatura do condutor, o sistema fornece uma tabela de sobrecorrentes admissíveis versus tempo, como a apresentada na figura 3.

A Estação de Monitoramento Remoto instalada no Centro de Manutenção de Cabos Subterrâneos, permite visualizar diariamente as informações do sistema de Supervisão e avaliar as condições reais da LTS , como por exemplo através de uma das telas disponíveis, conforme apresentada na figura 4 ; bem como de alagamento e acesso ao túnel e conseqüentemente subsidiar a programação de manutenção preventiva / corretiva.

O sistema de supervisão implantado na Linha de Transmissão Subterrânea Norte-Miguel Reale, apresenta vantagens extremamente interessantes do ponto de vista da área de manutenção, em relação ao sistema convencional

A obtenção dos valores dos parâmetros de controle, tais como pressões de óleo, correntes no sistema cross-bonding, temperaturas nos cabos, acessórios e backfill e carga em tempo real, o que permite o acompanhamento e a ocorrência de anomalias de imediato, proporcionando a otimização de tomada de decisões por parte da manutenção, no sentido de preservar a condição operacional dos cabos, bem como a evolução para anomalias de maiores proporções.

Registro dos valores dos parâmetros de controle, para análise posterior, ou acompanhamento de anomalias de pequenas ou grandes proporções.

Na operação de uma linha é importante identificar problemas o quanto antes. Uma falha não identificada a tempo pode resultar em lesões sérias no cabo, elevando muito os custos para a concessionária, tanto pelo reparo como pelo tempo de interrupção elétrica no condutor.

O Controle da potência transmitida , na LTS Norte-Miguel Reale, pelo Centro de Operação Regional da EPTE, possibilita o acompanhamento das condições

emergenciais e conseqüentemente a preservação da vida útil da instalação.

9.0 – CONCLUSÃO

Conforme apresentado o Sistema de Supervisão da LTS Norte - Miguel Reale de 345Kv em cabo OF, ressaltamos a sua importância para EPTE para o monitoramento das grandezas físicas ao longo de toda a extensão da LTS ,baseado nos seguintes objetivos:

- fornecer informações “on line” sobre o carregamento elétrico da LTS, permitindo explorar sua real capacidade de transmissão;
- fornecer um completo diagnóstico sobre o desempenho da LTS, através das grandezas térmicas, elétricas e hidráulicas, possibilitando uma criteriosa manutenção preventiva;
- fornecer as condições de acesso e alagamento do túnel, para minimizar os problemas de segurança de trabalho dos operacionais e patrimoniais das instalações da LTS;
- caracterizar alguns dos principais parâmetros empíricos que influenciam as condições de contorno dos projetos de linhas de transmissão subterrânea, tais como: elevação de temperatura no terreno vizinho ao cabo, resistividade térmica do cabo.

Tais informações permitirão evoluir na otimização técnica e econômica de futuros projetos.

Diante das novas exigências da ANEEL e ONS, quanto à remuneração e penalização das Empresas de Transmissão, o sistema de monitoramento em tempo real implantado na LTS Norte Miguel Reale, representa uma ferramenta de grande utilidade, nas eventuais ocorrências, para detecção de danos ao cabo e ajuda na localização de falhas, acarretando conseqüentemente:

- aumento da eficiência da manutenção;
- redução de custos e tempo de interrupção.

10.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) EPTE - Manual de Operação e Manutenção do Sistema de Supervisão
- (2) EPTE - Relatórios de Comissionamento
- (3) IEC - International Electrotechnical Commission . Calculation of the current rating – IEC60287
- (4) IEC - International Electrotechnical Commission . Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – IEC60853

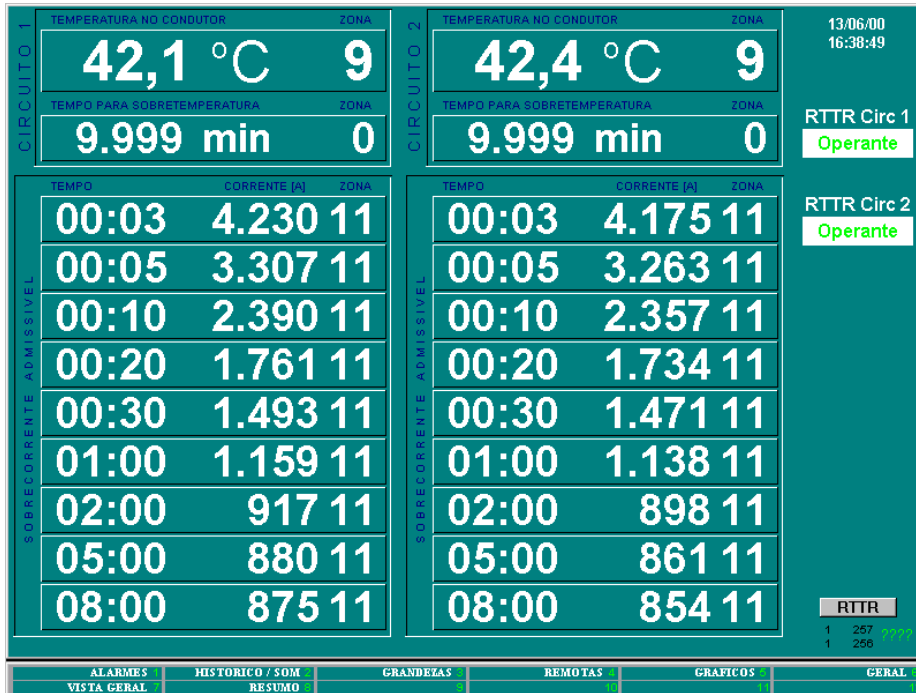


Figura 3– Corrente de sobrecarga em função do tempo

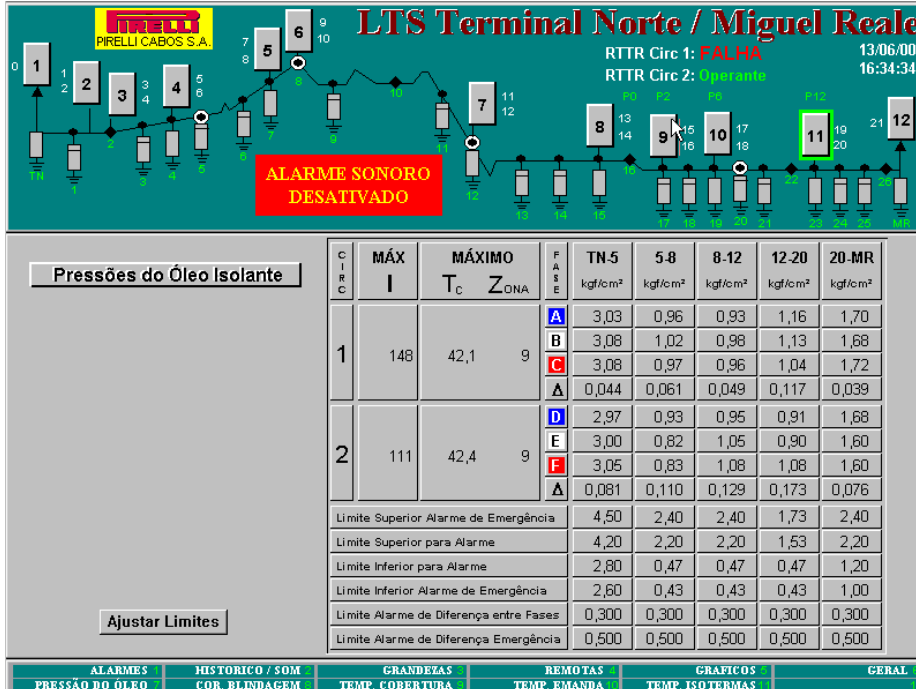


Figura 4 – Pressão do óleo isolante para cada trecho hidráulico