

## XXIII Encontro Técnico AESABESP

### GRUPO - GMI

# ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO – GMI SISTEMA DE TESSUORTE (STS)

#### **José Luiz Bozzetto**<sup>(1)</sup>

Graduado em Engenharia Elétrica na UFRGS, Diretor técnico da BCM Engenharia desde 1980. Coordenador dos trabalhos de desenvolvimento do primeiro CLP projetado e produzido no Brasil, Palestrante em diversos congressos e eventos tais como VIII SIMPASE, Simpósio de pequenas e médias hidrelétricas, Congresso internacional de inteligência competitiva, entre outros. Recebeu Premio Distinção indústria 1992, 2008 e 2010, Premio Pesquisa e Desenvolvimento 2009 e 2010, Premio Destaque Indústria Nacional 2009 entre outros.

#### **Flávio Costa Bianchi**

Graduado em Engenharia Elétrica na UFRGS. Gerente de P&D na BCM Engenharia Ltda. desde 198. Recebeu Premio Distinção indústria 1992, 2008 e 2010, Premio Pesquisa e Desenvolvimento 2009 e 2010, Premio Destaque Indústria Nacional 2009 entre outros.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Ernesto Neugebauer, 220 – Bairro Navegantes – Porto Alegre - RS - CEP: 90250-140 - Brasil - Tel: +55 (51) 3374-3899 - Fax: +55 (51) 3374-4141 - e-mail: [jlbozzetto@bcmautomacao.com.br](mailto:jlbozzetto@bcmautomacao.com.br).

#### **RESUMO**

Este trabalho apresenta um sistema de telessuporte (STS) que tem como principal objetivo facilitar a manutenção de sistemas complexos de controle em subestações, usinas de geração e outras instalações automatizadas.

O auxílio às manutenções é obtido pela disponibilização de informações selecionadas acerca destes sistemas, pela disponibilização das documentações e pela possibilidade de enviar alguns comandos de teste a distância.

O STS é composto por equipamentos para a aquisição das informações de campo, por uma rede de comunicação, por servidores de dados e por programas computacionais de interface com os agentes de manutenção.

#### **PALAVRAS-CHAVE:**

Manutenção, telediagnóstico, automação.

#### **INTRODUÇÃO**

Os requisitos crescentes impostos aos sistemas de geração e distribuição de energia, no sentido de aumento da disponibilidade, da qualidade de energia e da redução de custos, apontam na direção da necessidade cada vez maior da automação tanto nas subestações quanto nas redes de distribuição e do gerenciamento e supervisões mais eficientes. É, esta automação tem evoluído rapidamente, atribuindo cada vez mais aos equipamentos de controle atividades e processos de automação e decisão independentes da intervenção do operador. Mas, se por um lado esse processo tem o potencial de incrementar muito a eficiência das instalações, por outro, a

dependência cada vez maior destes sistemas de automação cria complexidades adicionais para a operação e manutenção destas, em função da quantidade de informações que são tratadas e das tecnologias envolvidas. Isto é um problema quando se busca minimizar os tempos de recomposição destes sistemas em caso de falhas. Nestas recomposições ou nos consertos, as dificuldades de localizar os defeitos, especialmente em situações de grande pressão podem gerar um elevado estresse nos profissionais envolvidos e até mesmo ocasionar erros em intervenções. Para auxiliar a resolver estes problemas foi desenvolvido o STS.

## OBJETIVO

O presente trabalho apresenta um sistema de telessuporte (STS) que tem como principal objetivo fornecer informações e permitir a execuções de ações para tentar a recomposição dos sistemas e outras ações de manutenção à distância, seja de forma direta ou de forma assistida. Ou seja, o maior objetivo do STS é transportar, virtualmente, o ambiente onde estão instalados os sistemas automatizados para o local onde está o técnico de manutenção. Deste modo, o técnico poderá verificar a situação e decidir quais procedimentos adotar.

## DEFINIÇÕES E CONCEITOS

A definição de alguns conceitos é importante para a melhor compreensão deste trabalho:

**Recomposição dos sistemas** - São as atividades coordenadas (automáticas ou manuais) responsáveis pela normalização dos sistemas automatizados após ter ocorrido alguma falha.

**Manutenção preventiva** – São as intervenções planejadas para prevenir a ocorrência de problemas. Estas ações podem ser motivadas por um agendamento temporal onde a periodicidade é estabelecida tendo como base critérios de históricos de comportamento dos elementos ou por uma manutenção preditiva onde as ações são ativadas pelo acompanhamento do estado dos elementos e subordinadas a equações de comportamento destes elementos ao longo de sua vida útil que estabelecem os momentos de intervenção em cada elemento.

**Manutenção corretiva:** É a intervenção provocada por falha ou erro. Tem como objetivo a correção destes.

**Contingência** – A palavra “acontecer” que deriva do verbo latino “*contingescere*”, e que tem a mesma raiz de contingência ajuda a esclarecer o significado deste termo. Ele é aqui empregado como a ocorrência de um fato imprevisto ou anormalidade, que acontece por acaso ou acidente.

**Estado de normalidade** – é a situação onde os sistemas estão no modo previsto e operando na forma programada.

**Estado ou situação de contingência** – é a situação onde está ocorrendo ou ocorreu uma determinada “contingência”. Este estado é uma situação de anormalidade que foi provocada por um acontecimento ou evento.

**Variáveis relevantes de controle (VRC)** – são as informações importantes para se conhecer a situação dos sistemas sob controle. Estas variáveis serão balizadoras nos processos de automação e especialmente nos processos decisórios e de manutenção.

**Projeto de automação** – é o conjunto de atividades responsável pelo desenvolvimento das especificações funcionais e pelas soluções a serem adotadas nos diversos elementos que serão responsáveis pelo funcionamento em modo automático dos sistemas automatizados. É nesta atividade que são estabelecidas as variáveis relevantes de contingência e controle, as chamadas VRCs. (Ver Figura 1).

**Processo de decisão** – É o processo que irá escolher quais ações deverão ser adotadas em determinada situação para atingir os objetivos desejados. É composto por diversas fases e componentes – entre outros os citados abaixo. Podemos dizer de modo simplificado, que a decisão é o resultado da aplicação de informações em algoritmos apropriados.

**Algoritmo de análise de opções** – é o conjunto de regras e equações responsável pelo processamento das

informações e de acordo com os parâmetros recebidos que resulta nas opções de decisão. A este algoritmo de opções segue o algoritmo de decisão.

**Algoritmo de decisão** – é o conjunto de regras e equações – contendo componentes objetivos e muitos não objetivos – responsáveis pela adoção de uma determinada decisão e que resultará num conjunto de ações. Diferencia-se do algoritmo de opções pela necessidade da escolha da(s) opção (ões) que resultarão em ações objetivas.

**Parâmetros de análise e decisão** – é o conjunto de valores que será atribuído às variáveis ou às constantes nas equações e algoritmos de opção e decisão.

**Procedimentos** – conjunto de regras e normas que devem ser seguidas nos diversos estados dos sistemas.

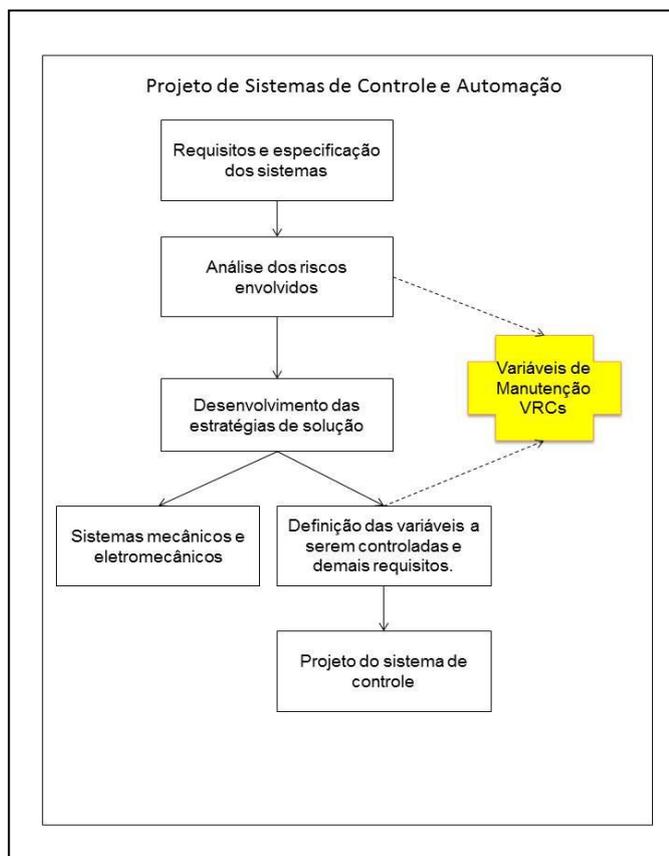
**Perigo** - situação com o potencial de criar danos ou prejuízos.

**Risco** - combinação da probabilidade de ocorrência de uma situação potencialmente perigosa e da sua gravidade.

**Sistema de informações e telessuporte** - conjunto de equipamentos interligados responsável pela percepção da situação dos elementos essenciais das subestações e a disponibilização destas informações para os personagens decisórios. Este sistema fornece as informações relevantes de modo redundante ou exclusivo. Ver descrição no item a seguir.

**Sistema de apoio à tomada de decisão (ATD)** – componente dos sistemas de automação projetada para auxiliar os operadores a tomarem decisões adequadas em cada situação. Estes podem ser desde simples IHM (interfaces humano-máquina) com visualizações das informações internas dos elementos de controle, até sofisticados sistemas que agregam inteligência artificial para a orientação quando necessária.

**Figura 1: Projeto de Sistemas de Controle e Automação.**



## DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TELESSUORTE (STS)

O Sistema de Telessuporte (STS) é composto da seguinte forma:

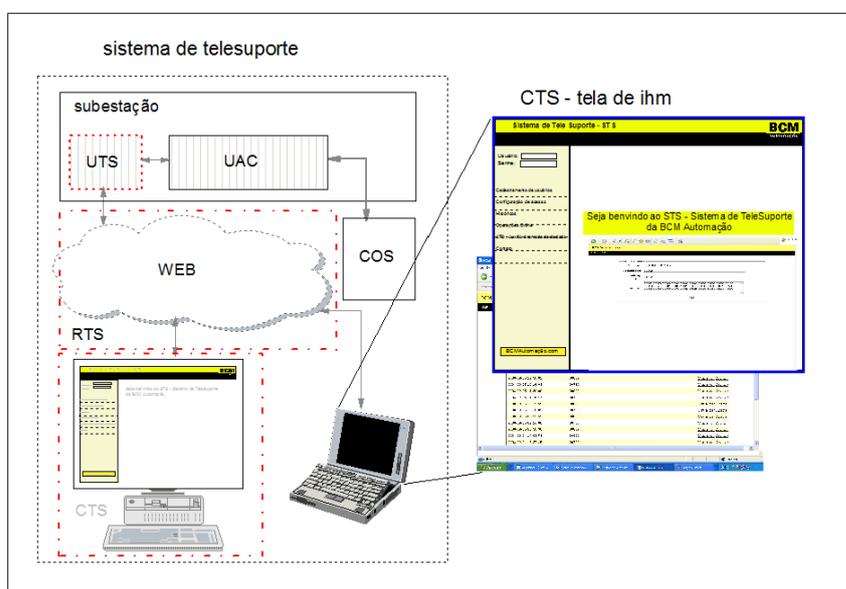
**Unidade de aquisição de informações (UTS)** – constituída por uma unidade terminal remota – com hardware e software adequados para coletar as informações relevantes (VRC). Estas informações são definidas a partir de critérios objetivos de projeto que levam em conta as prioridades e matrizes de risco do sistema.

**Rede de comunicações (RTS)** – Existem diversas arquiteturas e formas de comunicação. Cada caso requer uma análise detalhada. As redes devem atender às necessidades de interação. Temos empregado – onde possível – sistema de rádio GPRS pelas vantagens do custo. Nestas aplicações, a unidade de aquisição estabelece conexão com o webserver através da combinação da rede celular com a estrutura de internet.

**Data server ou depósito inteligente de informações (CTS)** – é um banco de dados disponibilizado através de um webserver. Este servidor adquire as informações coletadas pela Unidade de Aquisição e monta um histórico dessas leituras com estampa de tempo.

**Interfaces humano-máquina (IHM)** – São equipamentos e programas que permitem aos operadores entender as informações disponibilizadas. Nestes interfaces são desenvolvidos os programas interativos e visuais para o apoio as tomadas de decisões. As estações dos usuários podem estar em qualquer lugar - acessam o sistema via Web usando um navegador padrão em conjunto com os softwares específicos de apoio orientadas para auxiliar o processo de decisão sobre a manutenção.

Figura 2: Arquitetura básica: Diagrama de blocos.



## MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de implantação de um sistema de telessuporte é um processo gradual e que deve ser cauteloso. Deve ser iniciado com a implantação de um reduzido número de funcionalidades e, aos poucos, com a experiência operacional adquirida, estas podem ser incrementadas. Apesar de a dinâmica ser um pouco diferente para os sistemas de automação já existentes e para aqueles em projeto, a sequência de passos é bem semelhante e envolve essencialmente três etapas: a determinação das variáveis relevantes de controle (VRCs), a disponibilização destas variáveis ao STS e a sua utilização para gerar as informações necessárias.

Na etapa de determinação das variáveis relevantes de controle (VRCs), iremos descobrir quais variáveis são importantes para o monitoramento do sistema automatizado. Uma boa metodologia para esta determinação é a utilização da matriz de análise de riscos. O mapeamento detalhado dos riscos de operação de um sistema e a sua ponderação de acordo com a probabilidade de ocorrência e dimensão de danos potenciais permite, já no projeto, prevenir ou minimizar a ocorrência de prejuízos em caso de falhas ou de operações inadequadas dos sistemas automatizados. Ao final de todo este processo, que pode ser bastante extenso e trabalhoso, temos a formalização e o conhecimento mais detalhado sobre a maioria dos riscos do sistema. Isto permite desenvolver as estratégias de controle e automação e as ações de contingenciamento com maior segurança através do desenvolvimento de algoritmos e procedimentos para as manutenções e recomposições.

Existem diversas metodologias para a análise de risco - elas devem atender as normas técnicas pertinentes e os aspectos legais dos países e regiões onde as automações são implementadas. Aqui mostramos um exemplo baseado na Análise de riscos, conforme a norma MIL-STD-882D - *Standard Practice for System Safety*.

Consideramos a seguinte ponderação da matriz de risco, descrevendo os níveis de frequência (probabilidade) e impacto (consequência) das falhas em elementos de uma subestação de energia.

**Tabela 1: Classificação dos Riscos.**

Matriz de Risco					
Impacto (consequência)	Probabilidade - frequência				
	A: extremamente remota	B: Remota	C: Improvável	D: Provável	E: Frequente
IV: Catastrófica	2	3	4	5	5
III: Crítica	1	2	3	4	5
II: Marginal	1	1	2	3	4
I: Desprezível	1	1	1	2	3

Interpretação dos elementos de classificação:

Quanto ao risco:

- 1-desprezível
- 2-menor
- 3-moderado
- 4-sério
- 5-crítico

Quanto ao Impacto:

**IV-Catastrófica:** Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível); Pode provocar mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em terceiros).

**III-Crítica:** Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Lesões de gravidade moderada em funcionários, e/ou em terceiros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.

**II-Marginal:** Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo);

**I-Desprezível :** Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente;

Quanto à probabilidade (frequência):

**A - Extremamente Remota:** Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação.

**B - Remota:** Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação

**C - Improvável:** Pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação

**D - Provável:** Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação

**E - Frequente:** Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do Processo/instalação

A análise de risco vai elencar uma série de pontos para acompanhamento, justificados através da ponderação dada a cada um na matriz de risco. Deve haver uma flexibilidade nessa seleção, pois a ponderação dos elementos pode vir a ser alterada frequentemente, em função do acompanhamento histórico do desempenho do sistema e também de modificações que sejam implementadas. O sistema de telessuporte deve ter capacidade de acomodar estas mudanças interferindo o mínimo possível com o projeto de automação da subestação.

As variáveis elencadas (VRCs) que são obtidas pelos UTS (unidade de telessuporte) através de comunicação com os equipamentos de controle (UTRs, UACs, IEDs) e pela aquisição direta das grandezas físicas necessárias (tensão, corrente, estado) nos ambientes e sistemas automatizados por meio de sensores são enviadas a um servidor de dados, usando uma rede de comunicação (RTS - rede do telessuporte). Com estas variáveis disponíveis via web é possível acompanhar à distância o funcionamento dos equipamentos selecionados, percebendo situações de anormalidade ou de potencial risco. Elas permitem também o acompanhamento das operações de manutenção e recomposição dos sistemas quando da ocorrência de problemas.

Como exemplo, mostramos abaixo algumas que permitem monitorar o funcionamento adequado dos equipamentos de controle, a temperatura de transformadores, o estado de disjuntores e a intrusão em subestações desassistidas.

Veja na tabela abaixo a lista de algumas variáveis internas de uma UTR correspondente a informações deste teor:

**Tabela 2: Extrato parcial de uma lista de elementos para acompanhamento – VRC.**

Descrição do elemento	Posição na matriz de risco	Índice de risco	Pontos para acompanhamento
Falha nos módulos de entrada e saída da UTR - deixam de ser reconhecidos pela CPU.	II-D	3	Variáveis de autodiagnostico da UTR, informativas do reconhecimento de cada um dos tipos de módulos instalados.
Perda da operacionalidade de algum dos canais de comunicação da UTR	II-C	2	Variáveis de autodiagnostico da UTR, informativas do status de cada canal de comunicação.
Posição com informação incorreta e/ou mudança de estado indevida dos disjuntores	III-B	2	Leitura redundante do estado dos disjuntores.
Execução indevida, incompleta ou falta de execução da lógica de automatismo - troca de <i>taps</i>	I-E	3	Variável interna da UTR que indica o status do automatismo; valores analógicos de entrada usados para o algoritmo.
Leituras incorretas de grandezas físicas (tensões, potências, etc.) sem causa aparente.	II-E	4	Leitura redundante das grandezas mais importantes

A lista destes pontos (VRCs), contendo nomes das variáveis, descrição e com os endereços para aquisição na UTR irá compor um arquivo de configuração do STS (sistema de telessuporte). Estas informações ficam disponíveis na web – permitindo a consulta simultânea por diversas pessoas através de um “browser” comum.

Isto viabiliza o trabalho em equipe nas análises e recomposições de sistemas, fato de grande relevância, pois permite aos especialistas, em lugares distintos, acessar as informações e auxiliar o processo de recomposição.

Com as informações necessárias disponíveis nos data-servers, programas no servidor de dados (CTS – centro de telessuporte) ou nas máquinas dos técnicos de manutenção processam estas informações, registrando-as e efetuando a apresentação adequada, enfocando a facilitação dos processos decisórios nas recomposições e manutenções dos sistemas de controle. Os responsáveis pela manutenção podem ser avisados de problemas e também utilizar estas informações para antever situações de grande probabilidade de problemas. Os interfaces humano-máquina empregados são, desde planilhas - onde tabelas pré-configuradas permitem o acompanhamento de cada lugar monitorado - até sofisticados programas com grafismos e alarmes para aumentar a abrangência das análises.

A configuração do sistema STS para que adquira, armazene e disponibilize as leituras das variáveis selecionadas (VRCs) é feita diretamente na Unidade de Telessuporte (UTS). Quando o ambiente a ser controlado utiliza UTRs da BCM Engenharia Ltda, estão disponíveis ferramentas simples e integradas para o projetista preparar essa configuração:

Ao compilar o programa aplicativo da UTR, o software de desenvolvimento de aplicações (PROCP) gera um arquivo especial (.mvr) contendo um mapa com as variáveis relevantes e prepara as legendas que referenciarão as variáveis na página Web. Este arquivo MVR gerado é usado para configurar a UTS.

## **CASOS PRÁTICOS E RESULTADOS OBTIDOS**

As primeiras implantações realizadas do Sistema de Telessuporte já apresentaram resultados, quer seja na detecção e solução de problemas, quer seja na obtenção de uma melhor compreensão do funcionamento e dinâmico dos sistemas nos quais está instalado. Apresentamos aqui, de forma resumida, alguns casos de aplicação.

Nos vários casos implantados, observamos que após a análise e instalação inicial, frequentemente se mostra importante o reestudo do sistema, uma nova rodada da metodologia de análise de risco e de determinação das VRCs. Isso acontece porque ao longo do tempo vai sendo obtida uma melhor compreensão do sistema e dos pontos críticos e as falhas detetadas provocaram mudanças no sistema, alterando a ponderação de risco e a frequência de ocorrência destas falhas.

Enfatizamos nesse aspecto as vantagens da flexibilidade e independência do STS com relação ao sistema de controle – É fácil reprogramar as variáveis relevantes no UTS, é também simples alterar ou criar novas visualizações e algoritmos de análise, o que permite experimentar todo um conjunto de configurações para telessuporte. Tudo isso sem fazer nenhuma intervenção nos sistemas principais de automação (UTRs, controladores, softwares supervisórios, etc.), o que naturalmente seria dispendioso, arriscado e comprometeria a disponibilidade e até mesmo a estabilidade do sistema de controle.

### **CASO 1 - AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: CONTROLE DE AQUECIMENTO DE PISCINA**

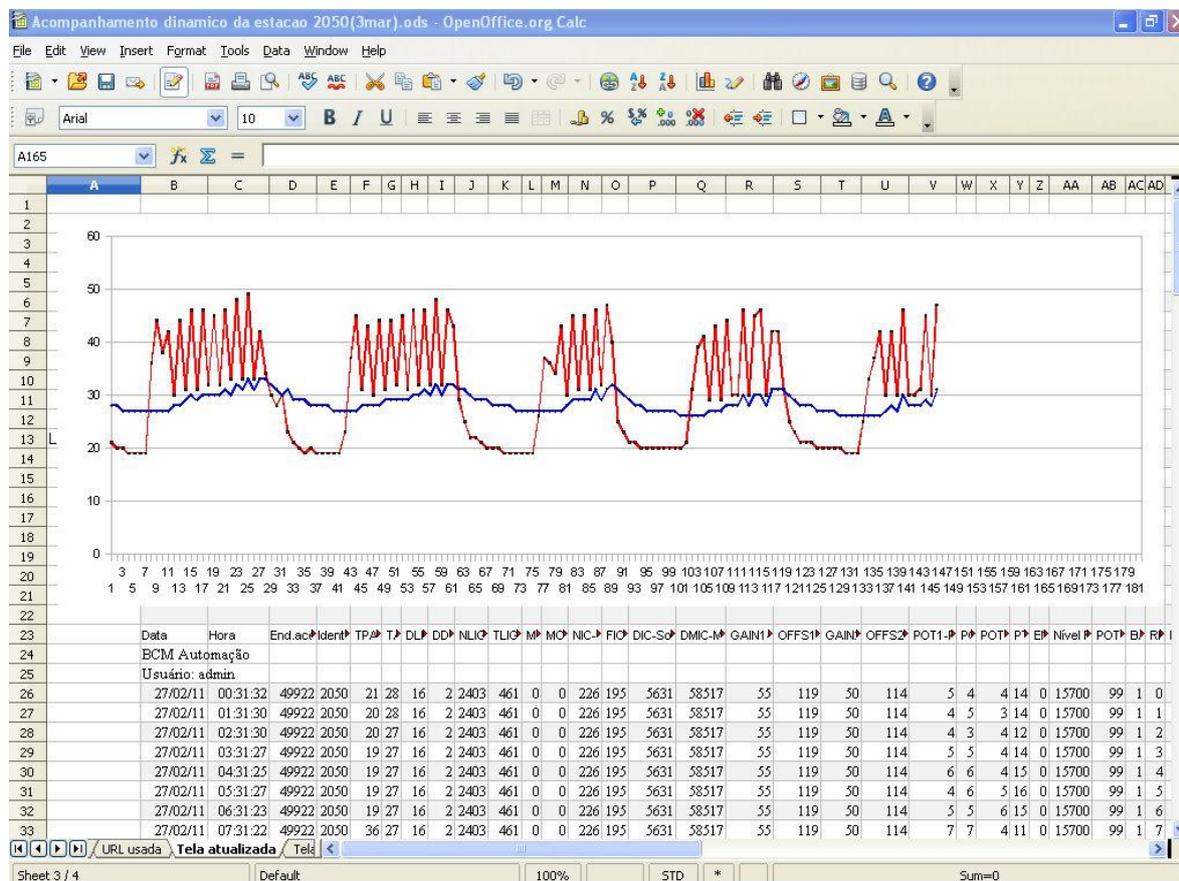
Esse é um sistema bastante simples, de fácil entendimento, e por isso é citado para demonstrar os principais elementos do sistema de telessuporte. Consiste em um painel solar, uma bomba de água e uma Unidade terminal remota de pequeno porte (UTR). A mini-UTR é responsável por medir as temperaturas da água e do painel solar, ligando e desligando a bomba conforme o diferencial de temperatura, temperaturas extremas e hora do dia. Neste caso, a mesma mini-UTR faz a medição do consumo de energia da bomba e calcula uma série de estatísticas relativas ao processo (tempo ligado, energia solar equivalente, duração de faltas de energia, etc.)

A unidade de telessuporte (STS), ligada a esta mini-UTR, adquire as informações (VRCs) via canal serial e transmite-as ao servidor. Os registros gerados estão disponíveis na página Web do serviço e também consolidados numa planilha com atualização dinâmica.

A figura 3 a seguir, mostra um gráfico das temperaturas do painel e da água ao longo de 5 dias. Usando uma

planilha comercial, o gráfico pode ser livremente configurado pelo usuário e é atualizado dinamicamente, em tempo real, na medida em que os dados são adquiridos pelo servidor.

**Figura 3: Planilha com gráfico atualizado dinamicamente.**

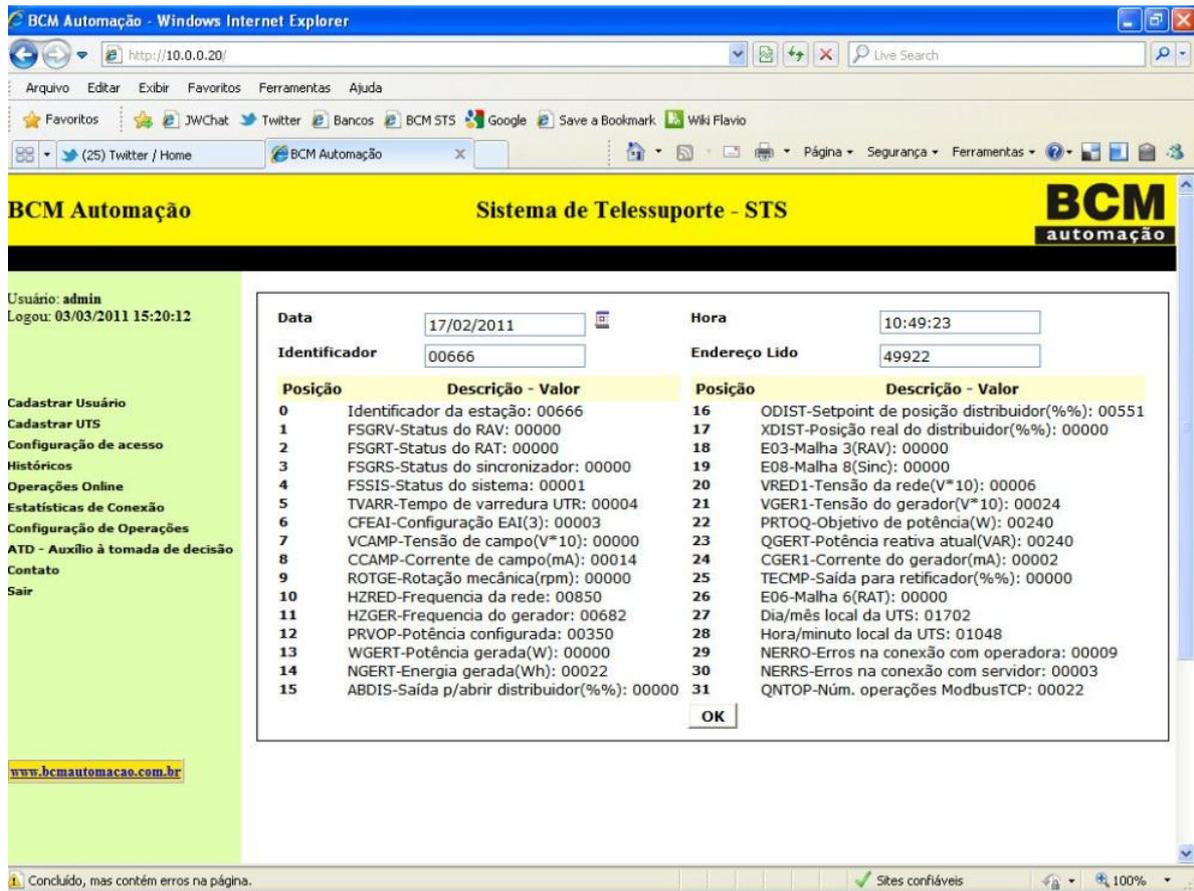


Mesmo em um sistema extremamente simples como esse, que tem sido usado para fins didáticos, a análise dos registros do sistema de telessuporte já permitiu evidenciar uma série de falhas: Defeito (rompimento) num sensor de temperatura; entupimento da bomba de água; queima do relé de acionamento da bomba e outros.

## CASO 2 - MONITORAMENTO DE PEQUENAS VENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs)

Uma unidade de telessuporte (UTS) instalada em uma pequena central hidrelétrica (PCH) adquire informações da UTR e reguladores do sistema. As variáveis relevantes escolhidas permitem acompanhar o status dos subsistemas (usina parada, em partida, em produção), medidas elétricas de tensão, corrente, potência ativa e reativa, outras medidas físicas (nível da barragem, temperaturas de mancais, enrolamentos, etc). A figura 4 mostra a tela com um registro das VRCs, conforme apresentado na página Web.

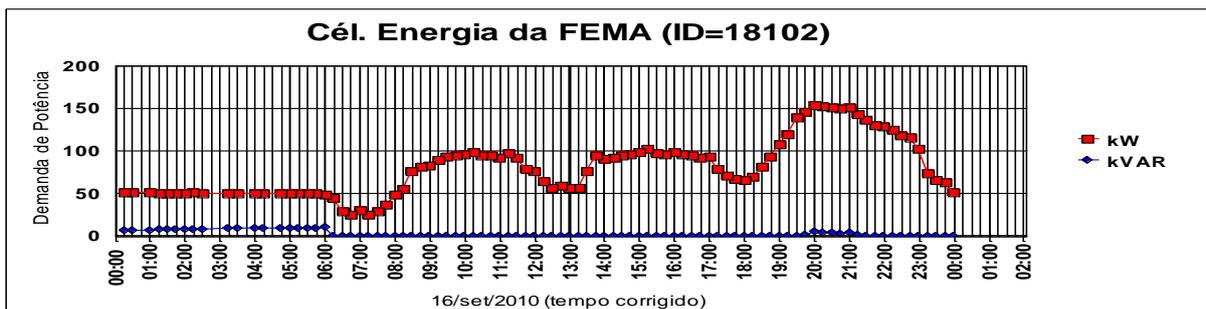
FIGURA 4: Página Web do STS, mostrando um registro de variáveis do sistema de controle de PCH.



### CASO 3 - CONTROLE DE DEMANDA EM CÉLULA DE ENERGIA

Com o objetivo de monitorar o perfil de consumo de grandes clientes, uma concessionária de energia instalou uma série de unidades de telessuporte (UTS) nessas empresas. Estas unidades adquirem informações de energia consumida, demanda ativa e reativa, tensão, corrente, etc. Os registros obtidos pelo sistema são consolidados no servidor e ficam disponíveis para os clientes e para os especialistas na concessionária. A figura 5 mostra um gráfico de demanda de uma dessas estações.

FIGURA 5: Perfil de demanda diário para uma célula de energia.



Essas informações, obtidas em tempo real, permitem que sejam feitas análises e estudos visando a

melhoria da qualidade de energia, melhoria da gestão de demanda pelo cliente, solução de problemas e estabelecimento de padrões para implantação da negociação online de energia entre a concessionária e os clientes.

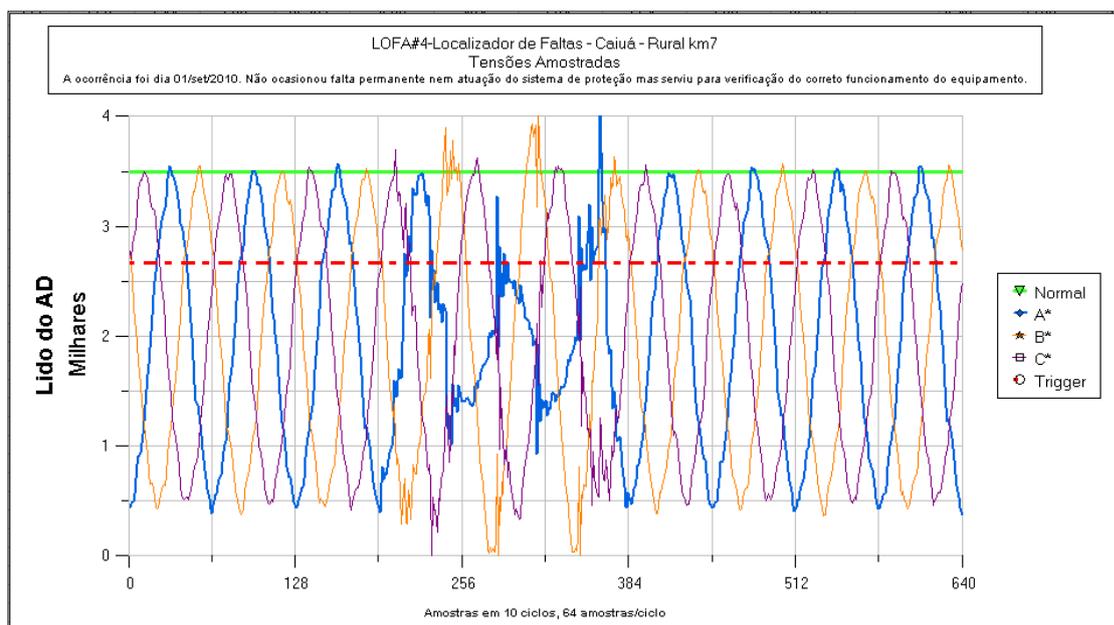
#### CASO 4 – MONITORIZAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Faltas em alimentadores de distribuição causam atuação do sistema de proteção, interrompendo o fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

Geralmente as faltas são ocasionadas por animais e árvores em contato com partes energizadas da rede de distribuição, severas condições de tempo tais como raios e ventos, bem como tempo de vida útil e manutenção inadequada dos equipamentos. Normalmente, determinar o local ou a região de ocorrência de uma falta com precisão adequada é uma tarefa difícil de ser executada.

O Localizador de faltas é um sistema distribuído, em que um conjunto de unidades de telessuporte (UTS) monitora continuamente a tensão e corrente nas linhas de distribuição. Na ocorrência de um distúrbio (sub ou sobre tensão, sobre corrente), a UTS transmite a oscilografia do evento para o servidor. Um algoritmo especializado localizado no servidor recebe o conjunto de informações das UTS para cada evento e calcula a localização geográfica aproximada da falta. Estas informações estão disponíveis às equipes de manutenção, aos analistas e projetistas da rede elétrica, o que agiliza o atendimento emergencial e incrementa os recursos para melhoria e ampliação das redes.

**Figura 6: Oscilografia da tensão capturada por uma UTS durante um evento de sub/sobre tensão.**



Essa informação de oscilografia, combinada às demais, fornecidas por outras unidades próximas, permitiu a localização do curto-circuito na rede de distribuição.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados práticos obtidos até o momento têm sido muito positivos e apontam para a necessidade de se desenvolver cada vez mais equipamentos e técnicas para incrementar os processos de manutenção e suporte à distância.

O incremento na velocidade de resposta, a redução dos custos de manutenção pela redução dos deslocamentos desnecessários, a maior facilidade de integrar novos profissionais às equipes, as possibilidades de redução do nível de tensão nas situações de contingências, as possibilidades do trabalho em equipe com técnicos em diferentes locais, os processos de solidificação da cultura técnica, o aumento da capacidade de ações de caráter preditivo entre outras vantagens fazem as tecnologias de telessuporte ser indispensáveis para uma gerência moderna da manutenção dos sistemas automatizados.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. WILLIAMS, Anthony and Don Tapscott. Wikinomics. Editora Nova Fronteira.
2. Norma IEC 61850-2, 61850-3, 61850-4.
3. Norma MIL-STD-882D.
4. Norma MIL-STD-1629A
5. MORGADO, C.R.V. Gerência de riscos. SEGRAC, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.