

**COMITE 35  
COMUNICAÇÕES E TELECONTROLE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA**

**IMPLANTAÇÃO DO CENTRO DE OPERAÇÃO INTEGRADO DO SISTEMA CELPE - PERNAMBUCO**

**(\*) Eng. Bruno Regueira  
CELPE – Companhia Energética de Pernambuco**

**Eng. Clóvis Simões  
Spin Engenharia de Automação Ltda.**

**RESUMO**

Esse trabalho apresenta a solução adotada na CELPE para a implantação de um Centro de Operação Integrado (COI) único, para atender a uma área de 98.938 Km<sup>2</sup> e um total de 2.100.000 clientes no estado de Pernambuco.



Fig 01 – Localização Geográfica

Tal implementação foi suportada pela implantação de um controle superviso de todas as suas subestações distribuídas no estado (≈130), além de 53 chaves de 15 kV, instaladas em postes da rede aérea de distribuição de energia, com mais de quarenta e cinco mil pontos supervisão e controle.

O COI esta conectada, através de fibra ótica própria e links da operadora de telecomunicação (como redundância), utilizando roteadores e um protocolo entre centros balanceado, sobre TCP/IP, com três centros regionais (COR's) localizadas em Petrolina, Serra Talhada e Caruaru.

Os COR's operam desatendidos, concentrando os dados das subestações de sua região e disponibilizando-os no COI. No caso de falha da comunicação satélite, entre COR e COI, o sistema pode ser operado localmente em cada COR.

**PALAVRAS CHAVE:**

Software SCADA, Cliente x Servidor, Banco de Dados de Tempo Real (BDTR), Protocolo Balanceado, Processador de Comunicação (PCOM), Banco de Dados Histórico, Internet.

**1. INTRODUÇÃO**

A CELPE iniciou seu processo de automação no final de 1997, quando fez, com consultoria da Spin Engenharia, um Plano Diretor de Automação e estabeleceu como meta inicial a criação de um centro regional controlando treze subestações na região do grande Recife (capital). Nessa primeira etapa, junto com a implementação do sistema, foi feito também um projeto de transferência de tecnologia entre as empresas fornecedoras do software de centro e das subestações e a CELPE.

O resultado dessa primeira fase é mostrado na figura 1, onde se implementou um sistema com a seguinte configuração:

- 2 Módulos Run-Time do SCADA, Servidores de Comunicação e BDTR, em configuração dual hot-stand-by, comunicando-se com dois PCOM's;
- 1 Servidor de IHM no COD;
- 1 Servidor de Históricos utilizando Microsoft SQL Server;
- 1 Estação de Desenvolvimento que também podia ser utilizada como Servidor de IHM;
- 1 Estação de treinamento conectada a um software simulador de Campo;
- 2 PCOM's em configuração dual hot-stand-by, comunicando-se com 13 subestações;

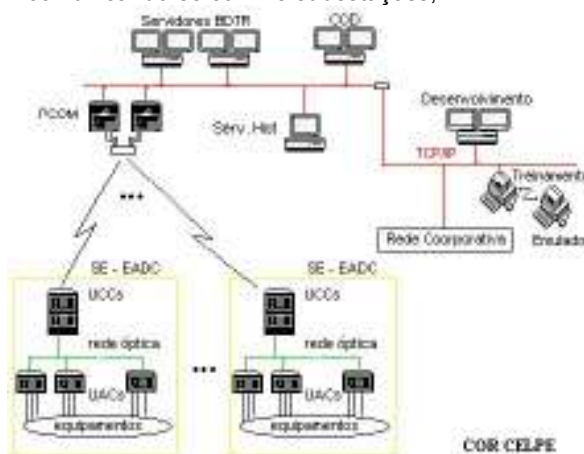


Fig 02 – Configuração do COR CELPE 1a etapa

- Em cada subestação uma Unidade Central de Controle (UCC) ligando-se ao COR através de rádio digital já existente e as Unidades de Aquisição e Controle (UAC's), distribuídas em cada 02 vão da subestação e interligadas a UCC através de fibra ótica

O protocolo entre o módulo servidor de comunicação do SCADA e os PCOM's utiliza camada de transporte TCP/IP e é aberto e proprietário do PCOM (TCOPEL). Cada conjunto de dois PCOM's se conecta a até 16 subestações, usando o protocolo DNP 3.0 [4]. Assim, para o COR comunicar-se com, por exemplo, quarenta subestações, serão necessários três conjuntos de dois PCOM (16+16+8).

A CELPE a partir de 1999, devido o sucesso da implantação inicial do sistema nas treze subestações, decidiu manter a mesma plataforma, fazendo a aquisição no decorrer do tempo de novos módulos "run-time", PCOM's, UCC's e UAC's para automatizar o restante de suas subestações, em Recife e em três novas regionais: Caruaru, Serra Talhada e Petrolina (Fig 03). Toda a engenharia de parametrização de telas e base de dados do SCADA, bem como implantação de novas estações de trabalho, foi feita pela própria CELPE.

O Centro de Operação Regional - COR de Recife, assim como o Centro de Operação do Sistema - COS e o Centro de Operação da Distribuição - COD foram fundidos em um só e passando a ser designado COI, integrando em um único centro os dados de todas as regionais e operando todas as viaturas da distribuição. Conforme processo descritos nas fig 04 e 05 abaixo;

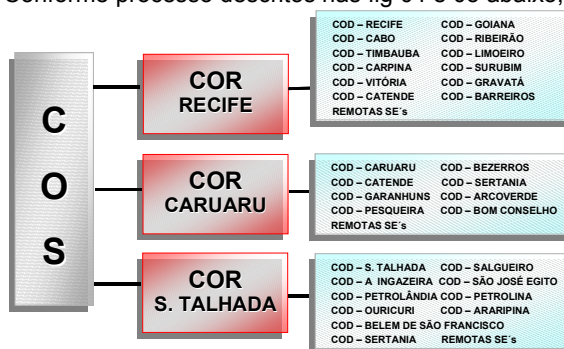


Fig 03 – Situação anterior a implantação

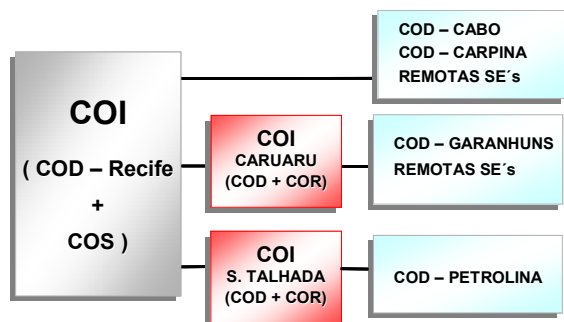


Fig 04 – 1ª Fase da Implantação



Fig 05 – 2ª Fase - Situação final (Atual)

Os dados de tempo real e histórico do COI foram disponibilizados na rede corporativa da empresa através de dois módulos de software:

- Servidor WEB do software SCADA que disponibiliza as telas do SCADA, em tempo real, na intranet da empresa;
- Módulo de Consultas que disponibiliza na rede corporativa uma ferramenta de geração de SQL's e relatórios para acesso a base de dados de históricos.

## 2. ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA

### 2.1 Características Funcionais

O Sistema CELPE tem hoje as seguintes características funcionais:

- Implementa o controle superviso de 110 subestações / seccionadoras a partir de um único centro denominado COI.
- O COI tem 8 postos de operação a partir dos quais é possível, via perfil de operador, controlar qualquer das regionais do sistema que correspondem a:
  - Região da Mata (Recife): 58 SE's
  - Região do Agreste (Caruaru): 25 SE's
  - Região do Sertão (Serra Talhada): 17 SE's
  - Região do Sertão (Petrolina): 10 SE's
- Cada estação de operação do COI tem três vídeos;.
- Os PCOM's da região da mata estão no próprio COI e os demais nos respectivos COR's, localizados nas salas de equipamentos da regional;
- Os centros regionais funcionam desatendidos e, na eventual falha do sistema de telecomunicação ou em outras situações, podem operar localmente e isoladamente.
- A conexão entre as regionais e o COI é feita através de fibra ótica própria e de canais de dados alugados a concessionária de telecomunicação, sobre TCP/IP a velocidade de 128 Kbits/s (mais baixa).
- A Comunicação entre COI e COR's é feita utilizando o protocolo entre centros, intitulado AVPeCII [2].
- A comunicação entre o SCADA e os PCOM's utiliza um protocolo proprietário e aberto, com camada de transporte TCP/IP. Seu nome é TCOPEL e sua existência deve-se ao fato de ter sido inicialmente usado, para atender o cronograma de implantação, na primeira etapa, já que era o protocolo nativo dos PCOM's, UCC's e UAC's, e o DNP 3.0 ainda não estava disponível.
- A Comunicação entre COR's e Subestações é o DNP 3.0.

A figura abaixo mostra um desenho esquemático do sistema existente.

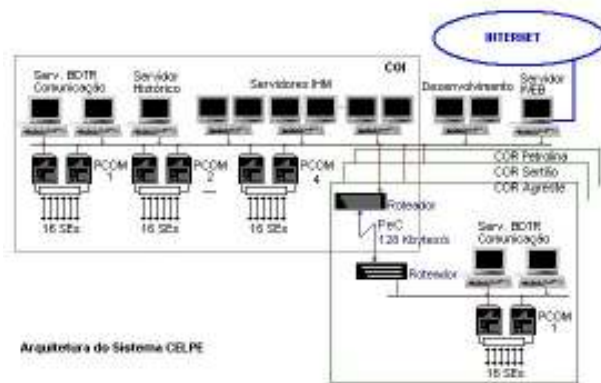


Fig 06 – Arquitetura do sistema de controle da CELPE

A Fig 06 representa a arquitetura da CELPE com 1 COI composto de 8 estações de trabalho utilizando o software EMS/SCADA ActionView, quatro conjuntos de PCOM se comunicando com subestações da região da Mata e três COR's.

## 2.2 Organização do COI

O COI, localizado na sede da CELPE, em Recife, têm seu software SCADA com arquitetura Cliente – Servidor [1], conforme apresentado a seguir:

**2.2.1 Servidor de Comunicação e BDTR:** são dois computadores, cada um com dois processadores, em configuração dual, hot-stand-by, com a função de interligar o campo, composto de subestações e COR's, com as estações de trabalho do SCADA.

O computador que está como mestre a um dado instante, comunica-se hoje com até quinze canais de comunicação do tipo rede (TCP/IP):

- Um canal, utilizando o protocolo do próprio SCADA, ActionNET [3], utilizado para implementar a função de hot-stand-by entre as estações mestre e escravo;
- Sete canais, utilizando o protocolo ActionNET, comunicam-se com as estações Clientes do BDTR e Servidoras de IHM, WEB e Histórico.
- Quatro canais, utilizando o protocolo proprietário dos PCOM's, comunicam-se com as 58 subestações da região da Mata; e
- Três canais, utilizando o protocolo entre centros AVPeCII, implementando a comunicação com os centros regionais.

**2.2.2 Servidor de Dados Históricos:** corresponde a uma estação de trabalho que armazena e serve os dados históricos de até três anos passados, com todas as medidas, eventos, alarmes e mensagens de operador. Ele utiliza, no caso da CELPE, uma base de dados Microsoft SQL Server e tem como clientes às estações de trabalho do SCADA e o módulo de consulta off-line, disponibilizado na rede corporativa da empresa.

**2.2.3 Servidor de WEB:** corresponde a uma estação de trabalho que disponibiliza na rede internet / intranet da CELPE, através de um browser, telas de tempo real do SCADA. As telas disponibilizadas são:

- Todas as telas de processo;
- Todas as telas de medidas;

- Tela de eventos do SCADA;
- Tela de Alarmes do SCADA; e
- Tela de consulta a dados históricos do SCADA.

Essa funcionalidade provocou uma grande melhoria na qualidade da informação disponibilizada aos técnicos da empresa. Assim, por exemplo, um técnico de proteção pode, de seu posto de trabalho, utilizando um browser de mercado, durante uma análise de interrupção ocorrida, verificar que proteções atuaram em um dado vão de uma subestação em um dado intervalo de tempo ou mesmo verificar o estado atual dos alarmes devido à atuação de proteção.

A figura abaixo mostra uma tela visualizada via browser.

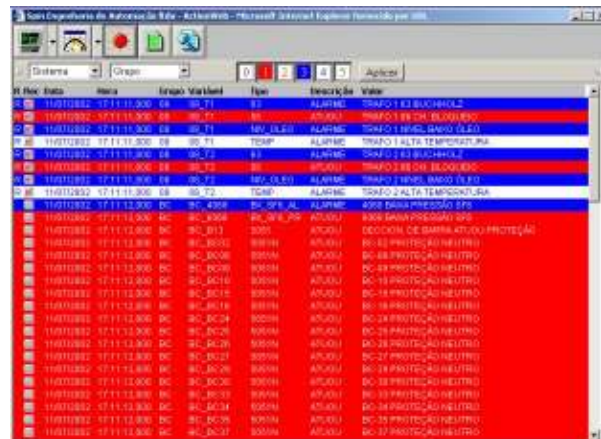


Fig 07 – Janela apresentada pelo browser

A Fig 07 apresentada o browser onde os botões acima permitem selecionar as telas do SCADA. No caso, a tela de alarmes corrente está sendo mostrada.

**2.2.4 Servidor de IHM:** O servidor de IHM disponibiliza as telas do SCADA em diversas estações de operação do COI da CELPE.

O que define as funcionalidades COI é o perfil do operador sendo que, no caso de uma máquina ter o nome externo igual ao nome de um perfil, aquela máquina só recebe mensagens daquele perfil. Assim, por exemplo, uma máquina destinada a operar a distribuição só recebe mensagens com eventos dos alimentadores de 13,8 kV e da rede de distribuição. Esse procedimento reduz bastante o tráfego de informações na rede local, entre estações dedicadas a uma dada função.

Na CELPE as estações de operação possuem três vídeos cada uma.

**2.2.5 Estação de Desenvolvimento e treinamento:** é uma estação de trabalho utilizada para parametrizar o software SCADA do COI e Regionais. A estação de desenvolvimento, além dos programas aplicativos de parametrização do SCADA, possui um programa simulador de campo que permite testar todas as funcionalidades parametrizadas. Esse ambiente também é usado para o treinamento de operadores.

## 2.3 Organização dos Centros Regionais

Os centros regionais têm uma arquitetura similar à do COI, com processadores de comunicação dual hot-stand-by para cada 16 subestações e comunicação com o COI utilizando o protocolo entre centros AVPeCII. Em situação normal, o COR opera desatendido, executando apenas o servidor de comunicação que funciona como um gateway entre o protocolo dos PCOM's e o protocolo entre centros.

No caso de operação local no COR (caso de emergência), o operador ativa o servidor de IHM e, através do protocolo entre centros é estabelecida a hierarquia entre os centros de maneira que as ações dos operadores do COI e COR sejam visualizadas em ambos os centros. Assim, por exemplo, se um operador faz um impedimento de comando em um disjuntor, esse impedimento é visualizado, automaticamente, no COR e no COI, tendo sobre ambos o mesmo efeito. O Operador do COR pode chamar para si a responsabilidade de comandar a regional, através de uma variável global usada para intertravamento de comandos.

Sobre o ponto de vista do COI, o COR é uma grande remota que concentra os dados de todas as subestações da regional, utilizando o protocolo AVPeCII para comunicação entre os centros.

Para criar a base de dados do COR é feita uma réplica da base do COI, onde os endereços das subestações do COR estão com o protocolo AVPeCII. Em seguida, utilizando o programa de manutenção de bases de dados do SCADA, é feita uma operação de copiar / colar registros da tabela de endereços daquela regional, onde os registros colados vêm sem o protocolo. O técnico de manutenção adiciona o novo protocolo referente aos PCOM's da Regional. Essa ferramenta de operação foi disponibilizada no SCADA, visando utilizar o servidor de comunicações do SCADA como gateway. A figura a seguir mostra a tabela de endereços de um COR onde cada ponto aparece duas vezes, uma com o protocolo entre centros (AVPECII) e outra com o protocolo proprietário do PCOM (TCOPEL).

Tab 01

tipo	subest	protocolo	subest	protocolo	subest	protocolo
SAWPEL	ACTV 1382	AMP_C	SA	42	CORRENTE FASE C	
SAWPEL	ACTV 1382	AMP_C	SA	42	CORRENTE FASE C	
SAWPEL	ACTV 1382	DOD_AE	SA	57	TERMINA DE ABERTURA	
SAWPEL	ACTV 1382	DOD_AE	SA	57	TERMINA DE ABERTURA	
SAWPEL	ACTV 1382	FP	SA	57	FAZOR DE POTENCIA	
SAWPEL	ACTV 1382	FP	SA	57	FAZOR DE POTENCIA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARH	SA	54	INDICADORA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARH	SA	54	INDICADORA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARH	SA	47	POTENCIA REATIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARH	SA	47	POTENCIA REATIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARSH	SA	55	INDICADORA REATIVA CAPACITIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARSH	SA	55	INDICADORA REATIVA CAPACITIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARSH	SA	55	INDICADORA REATIVA REATIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MARSH	SA	55	INDICADORA REATIVA REATIVA	
SAWPEL	ACTV 1382	MW	SA	45	POTENCIA ATIVA	

A tabela 01 mostra uma cópia da tela com os endereços onde cada variável possui dois registros, um com o protocolo de comunicação entre centros e outro com o PCOM da regional.

### 2.4 Organização das Subestações

As subestações existentes, quando do início da digitalização (grande maioria), têm uma UCC (dupla) que através do protocolo DNP 3.0 se comunica com o

PCOM (Processador de Comunicação), conforme modelo representado na Fig 08.

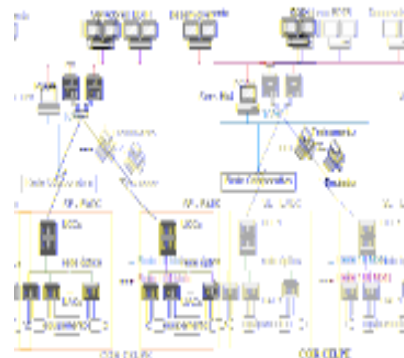


Fig 08

do COI e com as UCC e destas vão interligadas através de fibra ótica às UACs conforme representado na fig 09.

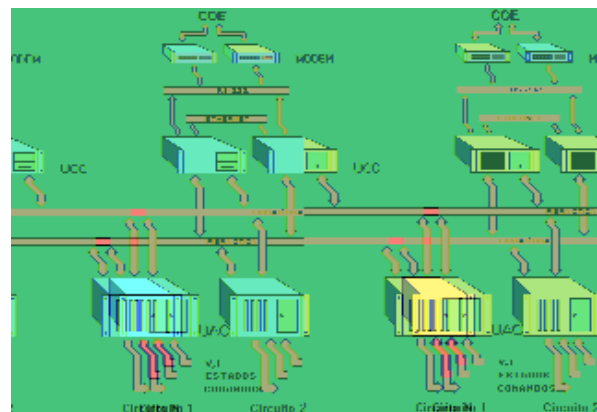


Fig 09

Através de um computador do tipo laptop é possível conectar uma IHM local, do próprio fabricante da UCC (Automat), a UCC. Essa IHM é um SCADA simplificado.

Novas subestações, já com relés digitais, têm a UCC ligando-se a esses relés e aos PCOM's dos centros.

### 3. PROTOCOLOS USADOS NA CELPE

#### 3.1 DNP 3.0 (Distributed Network Protocol)

A comunicação entre os Centros (COI ou COR) e as subestações, chaves ou religadores de poste, foi padronizada para ser DNP 3.0 - nível 2 [4]. O nível 2 é utilizado para a comunicação entre uma estação mestre ou um concentrador de comunicação (PCOM / UCC) e grandes IED's ou remotas.

A comunicação entre UCC's e UAC's também é DNP 3.0, sendo que a UCC suporta outros protocolos, para a conexão com relés, medidores, etc.

### 3.2 Protocolo Entre Centros (AVPeCII)

O PECII [2] é um protocolo balanceado, baseado em ASDU's do IEC-870-5-101, implementado até hoje, em três empresas concessionárias de energia:

- CEEE, CELPE e CEB.

Ele foi desenvolvido pela Spin Engenharia para a comunicação entre centros, possuindo quatro camadas, conforme a figura abaixo:



Fig 10

A Fig 10 Representa as camadas do protocolo AVPeCII

- Para o nível físico não são feitas restrições de tipo de canal a ser utilizado, sendo previsto a utilização deste protocolo em meios de transmissão serial ou rede;
- Para o nível de enlace, é utilizado o protocolo IP (Internet Protocol);
- Para o nível transporte, usa-se o protocolo TCP;
- No nível de aplicação são implementadas as funções Telnet, FTP e se usa mensagens de aplicação baseadas nas ASDU's do IEC-870-5-101.

As informações trocadas através das ASDU's são de quatro tipos:

- Informações de controle / monitoração dos equipamentos de telecomunicação;
- Informações de comando de equipamentos de monitoração / supervisão da planta controlada, tais como: disparo de comandos, sincronização de relógios, configuração de parâmetros;
- Informações de leituras cíclicas de variáveis de processo da planta controlada;
- Informações de eventos, informando transições das variáveis do processo, com etiquetas de tempo e, opcionalmente, o valor atual da variável.

Adota-se o conceito de protocolo simétrico entre os equipamentos com fluxo de dados bidirecional, sendo eleito duas classes de dados:

- Envio/ sem Resposta: nesta classe de dados o equipamento origem envia uma mensagem ao equipamento destino para execução de tarefas simples ou mesmo para indicação de que o equipamento de origem está ativo;
- Envio / com Resposta: nesta classe de dados o equipamento origem envia uma mensagem ao equipamento de destino, o qual deve retornar uma resposta.

Visando otimizar o tempo de resposta, eventos, tanto digitais como analógicos, são transmitidos espontaneamente, tão logo os dados tornem-se disponíveis, como resultado de uma função de aquisição e tratamento dos dados do processo.

Algumas características, como identificação numérica do objeto de informação, empacotamento dos dados de mesmo tipo, e a própria definição dos tipos de dados, foram herdadas ou inspirados no protocolo IEC870-5-101, pela sua generalidade, abrangência e conveniente padronização.

Na implementação do protocolo adota-se que qualquer dispositivo que serve dados a outro é um servidor TCP/IP e o dispositivo que consome os dados é um CLIENTE TCP/IP. Observe-se que um equipamento pode ser servidor / cliente ao mesmo tempo, em função da implementação.

### 3.3 ActioNET

O ActionNET [3] é um protocolo de aplicação, implementado sobre a camada de transporte TCP-IP. O mecanismo de comunicação é o definido como Berkeley Sockets, que em Windows tem a implementação compatível com WinSockets.

Nas instalações em rede do SCADA, haverá sempre uma estação em modo MESTRE, servidora de BDTR, e estações CLIENTES, que iniciam solicitações de dados ou comandos para o MESTRE. O MESTRE nunca inicia a troca de mensagens.

A toda mensagem de solicitação haverá uma de resposta, a menos que a estação destino não esteja em funcionamento.

Existindo uma estação ESCRAVA na rede, quando ela está operando em modo ESCRAVO, atua como um CLIENTE, obtendo dados do MESTRE. Sua função é ser hot-stand-by do MESTRE. Em caso de falha do MESTRE, o ESCRAVO assume como MESTRE.

Os demais CLIENTES devem estar prontos para esta troca de estação, da seguinte forma: Quando o CLIENTE solicita algo para o MESTRE e não obtém conexão ou resposta, deve tentar se conectar no ESCRAVO. O que estiver em modo ESCRAVO nunca responderá a uma solicitação.

O protocolo ActionNET implementa as funções de mestre x escravo e cliente x servidor do software SCADA, quando esse tem suas funções distribuídas em diversas estações de trabalho. O Servidor de Comunicação ativa um processo para cada canal de comunicação, suportando tantos canais quantos necessários para implementar a aplicação. Assim, cada estação possui uma cópia do Servidor de Comunicação, sendo que em uma estação, ele funciona como MESTRE, servindo comunicação e

BDTR, e nas outras ele é CLIENTE, solicitando do mestre mensagens e comandos. O servidor de comunicação e BDTR do SCADA tem a arquitetura, conforme apresentado na figura abaixo:

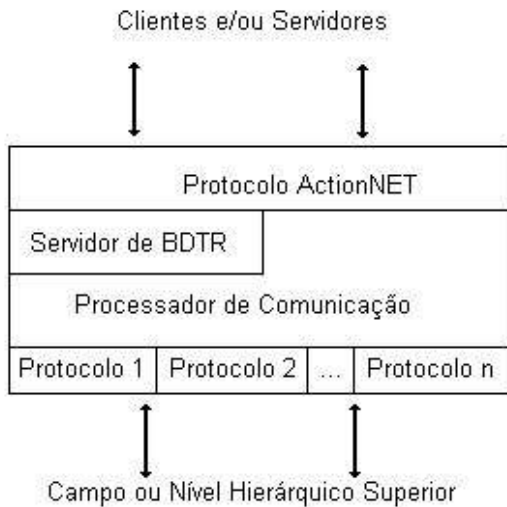


Fig 11

A Fig 11 representa a arquitetura do Servidor de Comunicação e Banco de Dados de Tempo Real - BDTR

O protocolo ActionNET é aberto e disponível para que qualquer usuário desenvolva um aplicativo que funcione como um CLIENTE do SCADA. Servir Banco de Dados de Tempo Real significa disponibilizar dados do processo tratados pelo software SCADA para que estações CLIENTE utilizem.

#### 4. CONCLUSÕES

A implementação de um centro integrado possibilita atender a nossos clientes de uma maneira homogênea, isto é;

- Operar a rede da mesma forma em todo o estado.
- Manter a apuração dos índices de qualidade com os mesmos critérios e interpretações
- Obter e manter integrados os dados confiáveis das SE's.
- Melhoria considerável dos índices de qualidade DEC/FEC. Redução de 10 % do DEC no primeiro ano, de 32% no segundo ano e 37 % no terceiro ano.
- Otimização de recursos humanos e físicos (infra-estrutura e máquinas) e distribuição geográfica dos mesmos para operar eficientemente a rede.

A diminuição dos custos operacionais fixos é significativo assim como o efetivo gerenciamento dos perfis profissionais e indicadores de gestão.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] C. Simões; G.Tillman. "Arquitetura Moderna para Automação e Controle de Centros de Operação e

Subestações", trabalho publicado no XVI SNPTEE, Campinas, 2001

[2] Spin Engenharia de Automação Ltda. "Manual ActionView Protocolos PECII", Brasília, Fev 2001.

[3] Spin Engenharia de Automação Ltda. "Manual ActionView Protocolos ActionNET – Revisão 10", Brasília, Março 2002.

[4] Users DNP Group. "DNP V3.00 Subset Definitions – Version 2.0", November, 1995.

[5] Jose Miguel Melgar Bachiller. "Iberdrola – Espanha - Projeto e concepção" – Recife, junho 2000