

XVI SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e
Transmissão de Energia Elétrica

GRUPO IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

GOP/028

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

CENTROS DE CONTROLE ABERTOS: A EXPERIÊNCIA DO SAGE NA CHESF

Henrique Aguiar – Helder José Ribeiro Silveira
CHESF

Gilberto Pires de Azevedo* – Edgard Ribeiro Guimarães Filho
CEPEL PROJECTA

RESUMO

A primeira geração de Centros de Controle de Energia Elétrica informatizados, surgida nos anos 70, era baseada em software proprietário rodando em *mainframes*. Os centros dessa geração, apesar do bom desempenho inicial, não foram capazes de acompanhar a evolução do mercado de informática e as transformações das empresas do setor elétrico.

Procurando evitar estes problemas, a segunda geração adotou os conceitos de sistemas abertos que se generalizaram a partir dos anos 80, enfatizando a distribuição do processamento, o uso de hardware e software obediente a padrões e o desacoplamento entre os diversos componentes dos centros.

Neste artigo mostra-se que o potencial dos centros de controle da segunda geração transforma-se efetivamente em benefícios concretos e importantes para as empresas. Isto é feito a partir do exame da implantação do SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia, desenvolvido pelo CEPEL – nos diferentes níveis de supervisão e controle da CHESF. Esta implantação, de grande porte e já amadurecida, permite uma avaliação realista e objetiva dos benefícios introduzidos pela segunda geração de centros de controle informatizados.

PALAVRAS-CHAVE:

Centros de Controle, EMS, SCADA, CHESF, SAGE.

1.0 – INTRODUÇÃO

A importância do papel desempenhado pelos centros de controle de energia elétrica na operação dos sistemas elétricos vem crescendo continuamente. O aperfeiçoamento dos centros aumenta a segurança do sistema, permitindo a operação mais próxima aos limites. Isto viabiliza a redução da capacidade ociosa e conse-

qüentemente possibilita a otimização dos investimentos e o aumento da lucratividade.

Os Centros de Controle atualmente existentes podem ser divididos em duas gerações bastante distintas do ponto de vista de infra-estrutura computacional, conforme é visto na seção 2. Para atender às especificidades do mercado brasileiro de supervisão e controle de sistemas elétricos, a partir de 1991 o CEPEL decidiu aplicar a sua experiência nesta área ao desenvolvimento do SAGE, que é provavelmente o sistema que mais se aproxima do atendimento pleno aos objetivos da segunda geração de centros de controle (seção 3).

A CHESF iniciou a informatização dos seus principais centros de controle no início da década de 80. A partir de 1996, com a necessidade de modernização e ampliação dos centros, a empresa optou por usar o SAGE em todos os seus níveis de supervisão e controle, conforme descrito na seção 4. Os resultados, descritos na seção 5, mostraram que os centros de controle que efetivamente implementam os conceitos da segunda geração são capazes de acompanhar as transformações da empresa a custos muito inferiores aos demais. Na seção 6 é apresentada uma avaliação geral do uso do SAGE na CHESF, com destaque para as vantagens mútuas proporcionadas pelo acesso - direto e sem intermediários - da CHESF à equipe de desenvolvimento do CEPEL.

2.0 – A EVOLUÇÃO DOS CENTROS DE CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA

A arquitetura dos Centros de Controle de Energia Elétrica informatizados é fortemente influenciada pelas indústrias de hardware e software. Estas indústrias experimentaram uma evolução rápida, intensa e contínua ao longo das últimas três décadas. Tal evolução definiu a existência de duas gerações bastante distintas de centros de controle, do ponto de vista da arquitetura computacional [2-6].

2.1 A Primeira Geração de Centros de Controle Informatizados

A primeira geração surgiu quando a utilização de computadores nos centros de controle atingiu uma relação custo-benefício aceitável, ainda na década de 70. A arquitetura computacional dos centros, naturalmente, baseava-se nos recursos disponíveis na época. Eram utilizados *mainframes* redundantes, de alto custo de aquisição e manutenção, mas que, para os padrões atuais, apresentavam capacidade de processamento muito pequena. O alto custo restringia a informatização apenas aos centros mais importantes.

A limitada capacidade de processamento tornava necessário o desenvolvimento de código altamente otimizado, utilizando a fundo as características particulares de cada equipamento e sistema operacional. Isto abrangia as bases de dados, as interfaces gráficas e até mesmo os programas aplicativos avançados, cujo código precisava ser muito otimizado para ser executado em computadores com, por exemplo, 64 kbytes de memória ou pouco mais. Isto foi feito com sucesso, apesar de implicar em custos de desenvolvimento e manutenção relativamente altos.

Em resumo, a primeira geração de centros de controle informatizados caracterizou-se pela profunda interligação entre o hardware, o sistema operacional, os programas aplicativos, as interfaces e as bases de dados. Ela obteve sucesso e permitiu avanços expressivos na qualidade da supervisão e controle.

Mas a rápida evolução da indústria de informática trouxe problemas graves para os centros dessa geração. Em poucos anos os equipamentos computacionais e o software básico tornaram-se obsoletos e foram descontinuados. A própria dinâmica do mercado eliminou, por diversos meios, grande parte dos fornecedores dos sistemas e equipamentos utilizados nesses centros. Por outro lado, a profunda interligação entre os componentes de hardware e software dificultava ou mesmo impedia a sua substituição ou evolução. Como consequência, as empresas viram-se às voltas com centros de controle com equipamentos obsoletos, com dificuldades para obtenção de peças de reposição, de baixo desempenho, com custo de manutenção elevado e sempre crescente, de confiabilidade cada vez menor e incapazes de acompanhar a evolução dos requisitos das próprias empresas.

2.2 A Segunda Geração de Centros de Controle Informatizados

Ao longo da década de 80 a indústria de informática enfrentou transformações importantes. O surgimento de equipamentos computacionais de baixo custo e bom desempenho, associado à evolução das redes, permitiu a adoção do processamento distribuído. Os *mainframes* foram substituídos por redes de microcomputadores e estações de trabalho. A descentralização do processamento gerou um forte movimento em busca da padronização em várias frentes, por ser este

um requisito essencial para a interligação de equipamentos e sistemas de diferentes portes e fornecedores. Isto levou à adoção generalizada de padrões de fato no mercado: a linguagem C, o sistema operacional Unix, o sistema gráfico X-Window e o conjunto de protocolos TCP-IP, por exemplo.

Estas transformações deram origem à segunda geração de centros de controle informatizados, que surgiu nos anos 90 e está atualmente consolidada no mercado. Os centros de controle desta geração caracterizam-se pelo processamento descentralizado, com redes de computadores heterogêneos, e pela obediência rígida aos padrões do mercado.

O objetivo a ser atingido por esta geração de centros são os *sistemas abertos*, em que equipamentos de diferentes fornecedores podem trabalhar em conjunto, e que apresentam grande capacidade de crescimento incremental. Equipamentos obsoletos podem ser substituídos sem grandes dificuldades por outros com maior poder de processamento, novas funcionalidades podem ser agregadas facilmente e o sistema pode crescer junto com as necessidades da empresa. Estas características eliminam os problemas da geração anterior de centros de controle e possibilitam uma grande redução dos custos globais do sistema, incluindo a aquisição, manutenção e expansão. Por sua vez, a redução de custos permite a informatização generalizada de centros de controle de todos os níveis e portes, com impacto positivo sobre a qualidade da operação.

Estes objetivos foram atingidos em diferentes graus pelos fornecedores de sistemas para centros de controle. Provavelmente o sistema que mais se aproxima destas metas é o SAGE – Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia [2,3,4] –, desenvolvido pelo CEPEL, que beneficiou-se por já ter sido concebido inteiramente dentro da filosofia de sistemas abertos.

3.0 – O DESENVOLVIMENTO DO SAGE

O CEPEL vem atuando na área de supervisão e controle de sistemas elétricos praticamente desde a sua fundação, em 1974. Em 1991, o CEPEL decidiu reunir a ampla experiência existente para promover o desenvolvimento do SAGE, um sistema de supervisão e controle que, além de implementar a fundo as características de sistemas abertos da segunda geração de centros de controle (ainda em fase de concepção, na época), seria projetado para atender às particularidades do sistema elétrico brasileiro.

Para atender a esta última exigência foi dado destaque para a robustez, a flexibilidade, a facilidade de manutenção e a capacidade de comunicação através dos protocolos em uso no Brasil. E estes objetivos deveriam ser atendidos com custos para os clientes que representassem uma fração do praticado pelas empresas estrangeiras.

Para atingir estas metas enfatizou-se a interação direta dos desenvolvedores do sistema com os clientes brasi-

leiros. Esta abordagem revelou-se mutuamente benéfica e tornou-se uma característica marcante da solução SAGE. A experiência mostra que as solicitações feitas pelos clientes, quando precisam ser repassadas para equipes situadas no exterior, freqüentemente revelam-se impraticáveis (por falta de entendimento do problema pelo desenvolvedor, ou por decisão política de não fazer modificações no produto para atender a peculiaridades de um certo cliente ou país), ou demandam semanas ou meses para serem atendidas. Por outro lado, quando discutidas diretamente entre o cliente e a equipe de desenvolvimento, muitas vezes podem ser atendidas em poucas horas.

Estas e outras características levaram o produto a ter uma disseminação muito rápida por todo o Brasil, onde já há várias dezenas de instalações em operação.

4.0 – A MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DA CHESF

A CHESF iniciou os estudos visando a atualização tecnológica de seu Sistema de Gerenciamento de Energia (EMS) em 1995 [1], em cumprimento às diretrizes estabelecidas no seu Plano Diretor de Automação da Operação (PDAO).

O objetivo desta atualização era permitir, num primeiro momento, uma sobrevida do EMS em operação até que, num segundo momento, a migração para um sistema aberto pudesse ser completada.

Em paralelo iniciava-se um processo de descentralização do EMS. Esta descentralização tinha como objetivo dotar as áreas regionais de operação da CHESF de Centros de Controle independentes e atualizados tecnologicamente.

A estrutura hierárquica concebida para os Centros de Controle estabelecia três níveis bem definidos. No primeiro nível se situava o EMS já mencionado, no segundo nível os Centros de Controle Regionais (COR) e no terceiro nível os Centros de Controle de Instalações. A Figura 1 ilustra a estrutura concebida.

A busca por uma solução que atendesse a estrutura projetada e fosse ao mesmo tempo aderente aos padrões de fato do mercado (UNIX, TCP/IP, X-Window etc.), compatível com a base instalada (unidades terminais remotas, protocolos de comunicação etc.) e de baixo custo, levou à adoção da solução SAGE.

O primeiro projeto encontra-se concluído e envolveu a manutenção do EMS existente, para atendimento ao ONS, e a implantação, para viabilizar o processo de migração tecnológica concebido, de um sistema com tecnologia SAGE no mesmo nível hierárquico do EMS, que passou a constituir o novo Centro de Operação do Sistema (COS) da CHESF. Ainda como parte deste primeiro projeto foram implantados com tecnologia SAGE os Centros de Controle das áreas regionais Oeste (Teresina), Norte (Fortaleza) e Sul (Salvador). O segundo projeto, também já concluído, envolveu a implantação do SAGE em uma instalação (Usina de

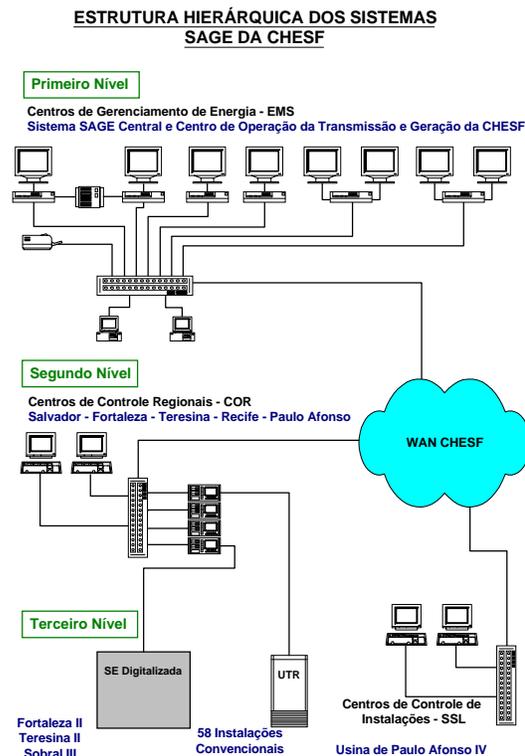


FIGURA 1 - A estrutura de supervisão e controle da CHESF

Paulo Afonso IV) em substituição a um sistema Data Logger em fim de vida útil. O projeto seguinte, em andamento, envolve a implantação do SAGE nas outras duas áreas regionais da CHESF (Centro e Leste).

5.0 – A EXPERIÊNCIA DO SAGE NA CHESF: AS VANTAGENS DOS SISTEMAS ABERTOS

A experiência adquirida com o SAGE na CHESF comprovou que as propaladas vantagens da segunda geração de centros de controle informatizados (os *sistemas abertos*) realmente traduzem-se em ganhos concretos e importantes para a empresa. Tais vantagens, discutidas na seção 2.2, podem ser sintetizadas nas seguintes propriedades:

- **Portabilidade:** capacidade de implementação da mesma funcionalidade em diferentes plataformas de hardware e software.
- **Interconectividade:** capacidade de conexão de plataformas de hardware distintas e de diferentes portes através de uma rede padrão.
- **Expansibilidade:** capacidade de crescimento incremental de hardware (adição/substituição) e de software (adição de novas funcionalidades).
- **Modularidade:** capacidade de inclusão, eliminação e alteração de funções, módulos e mesmo novos centros com impacto mínimo sobre os demais componentes do sistema.

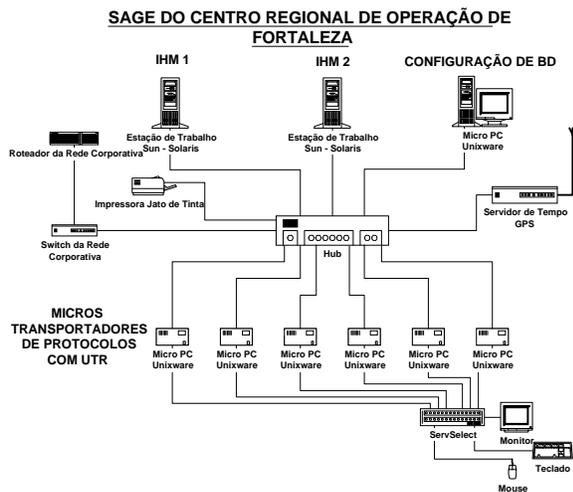


FIGURA 2 – Centro Regional de Fortaleza

Além destas características intrínsecas aos sistemas que implementam a fundo os conceitos de sistemas abertos, o SAGE apresenta também uma outra propriedade útil:

- **Escalabilidade:** capacidade de o mesmo software ser usado em todos os níveis de supervisão e controle (centros locais, regionais, COS e centros nacionais).

Estas propriedades e sua importância no sistema de supervisão e controle da CHESF serão examinadas a seguir.

5.1 Portabilidade

A possibilidade de utilização de equipamentos de diferentes fabricantes, utilizando versões distintas do sistema operacional UNIX, proporciona as seguintes vantagens:

- Possibilidade de aquisição do equipamento mais indicado para cada tipo de uso, considerando-se preço, robustez e desempenho.
- Independência de fabricantes de hardware e software proprietários, que não oferecem garantia de fornecimento a longo prazo. Com isto são evitados problemas graves já enfrentados por outras empresas (inclusive a CHESF, com o sistema do seu antigo COS), uma vez que a descontinuação do hardware e/ou software proprietários dos quais o sistema dependa significará o fim da possibilidade de evolução.
- Ao adquirir novos equipamentos, ou ao substituir os existentes, a empresa não fica atrelada a um único fabricante. Com isto pode-se optar, tanto na primeira aquisição quanto nas seguintes, pela solução que ofereça a melhor relação custo-benefício em cada ocasião.

Nas instalações do SAGE na CHESF usam-se atualmente estações de trabalho Sun, com o sistema operacional Solaris, e também microcomputadores com o

sistema operacional Unixware. Em breve começarão a ser usados microcomputadores com o sistema operacional Linux. A possibilidade de escolha entre diferentes sistemas operacionais e equipamentos assegura que a CHESF não ficará dependente de fornecedores específicos, e que poderá selecionar sempre a alternativa mais conveniente aos seus interesses.

5.2 Interconectividade

A capacidade de operação conjunta de microcomputadores e estações de trabalho de diferentes fabricantes e rodando sobre diferentes versões do UNIX é uma característica que poucos sistemas de supervisão e controle apresentam de fato. No SAGE, a interconectividade foi prevista desde as fases iniciais do projeto e foi plenamente atingida. As instalações do SAGE na CHESF fazem uso desta capacidade, como se vê na Figura 2, que mostra a arquitetura do Centro Regional de Operação de Fortaleza, onde coexistem na mesma rede estações de trabalho Sun com sistemas operacionais Solaris e micros PC com sistemas operacionais Unixware.

5.3 Expansibilidade

Os centros de controle têm de acompanhar o processo contínuo de expansão do sistema elétrico da empresa de forma eficiente e eficaz. Ou seja, as expansões no sistema elétrico devem ser absorvidas de imediato pelos centros de controle mantendo-se, ao mesmo tempo, seu desempenho em níveis aceitáveis.

Nas gerações passadas de centros de controle isto não era tarefa fácil. Via de regra os sistemas tinham de ser projetados e adquiridos já incorporando uma larga margem de folga para suportar expansões durante sua vida útil. Isto traduzia-se em altos investimentos imediatos em hardware e software que só ao longo de anos trariam efetivo retorno financeiro. No caso de expansões não previstas, e que não pudessem ser absorvidas pela folga projetada, o problema se avolumava e acarretava custos ainda mais elevados. Isto porque as empresas tinham que recorrer aos fornecedores originais dos seus sistemas e estes, livres de concorrentes, podiam praticar preços irrealistas; outra alternativa era investir em um novo sistema, talvez uma solução ainda mais cara.

Para centros de controle baseados em sistemas abertos, que têm inerentemente uma capacidade de crescimento incremental de seu hardware e software, os problemas mencionados são de solução fácil e de baixo custo.

Os centros de controle SAGE na CHESF, a despeito do relativamente curto tempo em que estão em operação (aproximadamente quatro anos), já trouxeram ganhos concretos para a empresa decorrentes de necessidades de expansão. O primeiro ganho já se fez sentir na implantação tanto do COS quanto dos COR. Os sistemas foram configurados com hardware e software para atender basicamente ao sistema elétrico existente na

SISTEMA SAGE DO COS - CONFIGURAÇÃO INICIAL

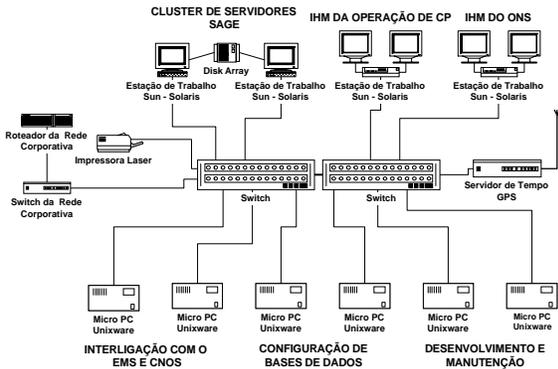


FIGURA 3 - Configuração inicial do COS

época com pequena margem de folga. Com isto, o investimento inicial foi minimizado. A Figura 3 ilustra a configuração inicialmente implantada para o sistema SAGE do COS.

Recentemente houve uma mudança de filosofia, que não se podia prever, por parte do ONS, no que diz respeito ao volume de dados a serem enviados da CHESF para o CNOS. Estes dados são enviados através do sistema SAGE do COS, e a mudança mencionada implicou em uma ampliação no número de pontos a serem enviados de 2.300 para 3.400 (um aumento da ordem de 40 %). O impacto em termos de dimensão da base de dados em tempo real e necessidade adicional de carga de processamento degradaria o desempenho do sistema.

Para solucionar o problema a CHESF, com o suporte do CEPEL, adicionou duas novas estações de trabalho à rede SAGE e redistribuiu a carga de processamento entre as máquinas. O sistema absorveu a expansão requerida e passou a apresentar um nível de desempenho superior. O investimento incremental foi de R\$ 110.000,00 e a mudança de configuração foi realizada em duas semanas. A Figura 4 ilustra a configuração atual.

Já os sistemas regionais em operação vêm, desde 2000, experimentando um crescimento elevado em seus sistemas elétricos devido à entrada em operação de novas instalações de transmissão em 230 e 500 kV e uma nova interligação Norte-Nordeste. Para absorver estas expansões já realizadas e aquelas projetadas até o horizonte 2002, os sistemas SAGE dos Centros de Operação Regionais, que estavam originalmente configurados só com micros PC, tiveram dois destes micros substituídos por estações de trabalho Sun em cada sistema. Investimentos e prazos foram da mesma ordem dos mencionados para a ampliação do COS.

É importante notar que para a implantação dos processos de expansão mencionados não só a propriedade de expansibilidade dos sistemas abertos foi explorada com êxito, mas também a portabilidade (micros PC substituídos por estações de trabalho) e a interconectividade (estações de trabalho e micros PC coexistindo em uma mesma rede).

SISTEMA SAGE DO COS - CONFIGURAÇÃO ATUAL

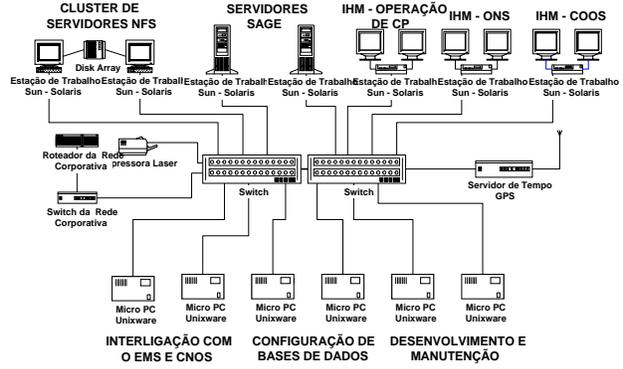


FIGURA 4 - Configuração atual do COS

5.4 Modularidade

Esta propriedade permite que alterações no sistema sejam feitas de forma transparente, com impacto mínimo ou nulo sobre os demais componentes.

Fruto da propriedade de modularidade, o SAGE vem permitindo a inclusão de componentes que incorporaram facilidades de grande importância e utilidade para a operação do sistema elétrico da CHESF. Foram inseridos novos aplicativos, tanto pelo CEPEL como pela CHESF (registro de perturbações, cálculo de indisponibilidade de remotas, cálculo dinâmico de corrente e outros), sem qualquer impacto sobre os demais componentes do sistema.

Uma área que merece destaque é a de protocolos (padrões e proprietários) e soluções de comunicação com unidades terminais remotas (UTR) e centros de controle. O SAGE incorporou novas soluções, de forma modular, para atender a necessidades como:

- Compatibilidade com o parque instalado de unidades terminais remotas (UTR). O investimento já realizado pela CHESF para implantação das UTR foi muito elevado. A incorporação do protocolo proprietário CONITEL ao SAGE permitiu a preservação deste investimento. Em adição, quando surgiu a necessidade de dotar estas mesmas UTR de um segundo canal de comunicação, para melhor atender às necessidades do ONS (canal UTR – sistema EMS antigo) e da CHESF (canal UTR – COR SAGE), foi facilmente implementada uma variação do protocolo CONITEL, o PCD 5000.
- Ampliação do parque de UTR. Novas UTR adquiridas e sendo implantadas pelas CHESF já se utilizam de protocolos padrões como o DNP 3.0, baseado em recomendações do IEC. O CEPEL incorporou ao SAGE também este protocolo.
- Comunicação de dados em tempo real, utilizando como suporte a rede corporativa da empresa, entre os vários COR e o COS. O SAGE implementou o protocolo IEC-870-101 sobre TCP/IP para atender de forma aderente a padrões internacionais esta funcionalidade.

- Integração aos sistemas SAGE regionais de subestações digitalizadas com tecnologias da GE e Siemens. O protocolo IEC-870-101 acima mencionado foi alterado para incorporar a camada de transporte própria da recomendação IEC (e não o TCP/IP) e adequar-se às peculiaridades tanto do sistema GE quanto da Siemens, testado em fábrica e implantado com sucesso em campo para atender as subestações de Teresina II, Sobral III e Fortaleza II, todas de 500 kV, pertencentes à nova interligação Norte-Nordeste.
- Interligação com o antigo EMS para permitir acesso a dados de tempo real de instalações ainda não dotadas de regionais com a tecnologia SAGE. Esta interligação, aliada à comunicação descrita acima, permitiu levar ao sistema SAGE do COS dados de todas as instalações da CHESF.
- Distribuição de dados para o CNOS do ONS. Como o sistema SAGE do COS da CHESF já reúne informações em tempo real de todas as instalações, bastou incorporar ao SAGE o protocolo MLX para viabilizar esta troca de informações.

Cabe ressaltar que este conjunto de soluções aqui descritas permite um alto grau de flexibilização no que diz respeito ao acesso, pelos órgãos de operação do sistema elétrico, a informações em tempo real. Como todos os sistemas SAGE estão interligados ao COS, e este está interligado ao antigo EMS e ao CNOS, não existem mais fronteiras para as informações. A CHESF já está disponibilizando para os seus centros regionais informações de subestações de fronteira pertencentes a regionais vizinhos, informações da malha primária da CHESF como um todo, informações dos pontos de intercâmbio e até de subestações de fronteira pertencentes a outras empresas do setor. Ou seja, coletada e armazenada de forma distribuída e acessada de forma transparente para os usuários, a informação libera-se de fronteiras internas e externas à CHESF.

5.5 Escalabilidade

Esta propriedade é especialmente interessante em empresas de grande porte como a CHESF, que possui três diferentes níveis hierárquicos de supervisão e controle: local, regional e sistema. Na CHESF o SAGE é usado no Centro de Operação do Sistema, em Recife, será usado em todos os Centros Regionais (Fortaleza, Teresina, Salvador, Recife e Paulo Afonso), e também em Centros de Operação Local, a exemplo da Usina de Paulo Afonso IV.

O uso do mesmo software em todos estes níveis permite que o suporte e o desenvolvimento sejam feitos por uma única equipe, com vantagens evidentes. As diferenças limitam-se aos aplicativos usados em cada nível e aos modelos das bases de dados.

6 – CONCLUSÃO

A experiência adquirida pela CHESF demonstrou que as propriedades exclusivas dos centros de controle abertos – portabilidade, interconectividade, expansibilidade e modularidade – representam ganhos reais e importantes para a empresa. Outra propriedade não inerente à segunda geração mas existente no SAGE, a escalabilidade, mostrou-se igualmente relevante.

Estas propriedades permitem que os sistemas abertos de supervisão e controle evoluam e acompanhem as transformações da empresa e do setor elétrico, com custos muito inferiores aos de sistemas vinculados a fornecedores específicos de hardware ou software.

Um aspecto que revelou-se importante na modernização do sistema de supervisão e controle da CHESF foi o acesso direto à equipe de desenvolvimento do SAGE. Isto conferiu agilidade ao atendimento às solicitações da CHESF e, por outro lado, contribuiu para ajustar o produto às particularidades do sistema elétrico brasileiro e da CHESF em especial.

Finalmente, cabe lembrar que as transformações a que o setor elétrico está sendo submetido exigirão que os centros de controle estejam aptos a atuar em ambientes cada vez mais dinâmicos e em permanente evolução. Os sistemas de supervisão e controle deverão ser capazes de viabilizar esta evolução constante dos centros de controle, sem que isto represente aumento de custos e dentro de prazos curtos. Estes recursos serão críticos para garantir a atuação bem-sucedida das empresas nos cenários competitivos e dinâmicos de um futuro que rapidamente se aproxima.

BIBLIOGRAFIA

- (1) AGUIAR, H.M.G.; SILVEIRA, H.; CANANÉA, R.; FARSON, R.; PEREIRA, V. – Modernização Tecnológica do Sistema de Gerenciamento de Energia da CHESF – XIII SNPTEE – Setembro de 1995.
 - (2) LIMA, L. C.; MACHADO, P. A.; OLIVEIRA FILHO, A. L.; PEREIRA, L. A. C.; AZEVEDO, G. P. – Design and Development of an Open EMS – IEEE Athens Power Tech'93 – 1993.
 - (3) SILVA, A. J. S.; OLIVEIRA FILHO, A. L.; PEREIRA, L. A. C.; LIMA, L. C.; LAMBERT, N.; AMORIM, M. F. P.; AZEVEDO, G. P. – SAGE Architecture for Power System Competitive Environments – VI SEPOPE (Salvador-BA) – Maio de 1998.
 - (4) MACHADO, P. A.; LIMA, L. C.; PEREIRA, L. A. C.; AZEVEDO, G. P.; AMORIM, M. F. P. - Desenvolvimento de uma Nova Geração de Centros de Controle – XII SNPTEE – 1993.
 - (5) AZEVEDO, G.P.; FEIJÓ, P.; COSTA, M. – Centros de Controle de Energia Elétrica: Passado, Presente e Futuro – Revista Eletricidade Moderna, Março de 2000.
- AZEVEDO, G.P.; FEIJÓ, P.; COSTA, M. – Control Centers Evolve with Agent Technology – IEEE Computer Applications in Power, Julho de 2000.