



Modernização de UTEs utilizando SDCD: uma abordagem sobre o desenvolvimento do *software* SCADA e ergonomia

Por: Frederico de Oliveira Santos¹

frederico.santos@ifc-videira.edu.br

Resumo

A preocupação básica deste estudo é refletir sobre a concepção do software SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), também chamado de software supervisor, no processo de substituição (modernização) de controladores analógicos utilizados no processo de geração de energia em UTEs – Usinas Termelétricas – que utilizam como combustível o carvão mineral. Este artigo tem como objetivo demonstrar a importância dos sistemas SCADA e SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) no processo de automação das referidas usinas demonstrando a importância também da ergonomia em suas fases de projeto, concepção e implantação. Com base principalmente na experiência profissional do autor e em pesquisa bibliográfica – com contribuições de autores como (IIDA, 2005), (BEGA et al., 2011), (DUARTE, 2002), dentre outros – procurou-se demonstrar na automação de UTEs a relação entre a concepção do software supervisor, o software e hardware do SDCD e a ergonomia. Concluiu-se que com a implantação de sistemas SDCD, o software supervisor e suas telas – operado em salas de controle – torna-se a principal interface do operador com o processo de geração de energia e, por isso, é imprescindível que a ergonomia seja considerada a todo tempo para que o operador, além de intervir no processo industrial em tempo real confortavelmente, possa fazê-lo com visão holística de forma otimizada e saudável.

Palavras-chave: SDCD; Usina termelétrica; SCADA; Ergonomia.

Resumo

La primara konzerno de tiu studo estas reflekti sur la dezajno de SCADA programaro (Labormastraroj Kontrolo kaj Datumoj Akiraĵo), ankaŭ nomata monitorado softvaro, la anstataŭigo procezo (modernigo) de analogaj regiloj uzita en la potenco generacio procezo en UTE - Termoelektra Potenco Plantoj - uzante kiel brulaĵo karbo. Tiu artikolo celas montri la gravecon de SCADA kaj DCS sistemoj (Cifereca Distribuita Kontrolo Sistemo) en la dirita planto aŭtomatigo procezo ankaŭ pruvante la graveco de ergonomio en siaj fazoj de projekto dezajno kaj efektivigo. Bazita ĉefe sur profesia sperto de la aŭtoro kaj literaturo - kun kontribuoj de aŭtoroj kiaj (Iida, 2005), (BEGA et al, 2011), (DUARTE, 2002), inter aliaj - provis prui en aŭtomatigo Utes la rilato inter la dezajno de la monitorado softvaro, la DCS programaro kaj aparataro kaj ergonomio. Ĝi finis ke la efektivigo de DCS sistemoj, monitorado softvaro kaj liaj ekranoj - operaciita en kontrolo

¹ É Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes – UCM e Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Pontifícia Universidade Católica – PUC/ MG. É servidor público federal, docente EBTT, lotado no Instituto Federal Catarinense – IFC, lotado no campus do IFC da cidade de Videira/ SC, atuando nos Eixos Tecnológicos de Engenharia Elétrica e Automação.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

ĉambroj - iĝas la ĉefa operaciato interfaco kun la potenco generacio procezo kaj, sekve, estas imperativo ke ergonomia estas konsiderita cxiam tiel ke la operatoro, krom interveni en la procezo de fabrikado en reala tempo komforte, povas fari ĝin kun holisma vizio optimume kaj sane.
Ŝlosilvortoj: DCS; Termika centralo; SCADA; Ergonomia.

Abstract

The primary concern of this study is to reflect on the design of SCADA software (Supervisory Control and Data Acquisition), also called monitoring software, on replacement processes (modernization) of analog controllers used in the power generation process in TPP - Thermal Power Plants - which uses coal as fuel. This article aims to demonstrate the importance of SCADA and DCS (Distributed Control System) in the said plant automation process also demonstrating the importance of ergonomics in their phases of project design and implementation. Based primarily on professional experience of the author and literature - with contributions from authors such as (IIDA, 2005) (. BEGA et al, 2011), (DUARTE, 2002), among others - have tried to demonstrate in automation of TPPs the relationship between the design of the monitoring software, the DCS's software and hardware and ergonomics. It was concluded that with the implementation of DCS, monitoring software and their screens - operated in control rooms - becomes the main operator interface with the power generation process and, therefore, it is imperative that ergonomics is considered at all times so that the operator, in addition to intervene in the manufacturing process in real time comfortably, can do it with holistic view in an optimized and healthy way.

Keywords: DCS. Thermal Power Plant. SCADA. Ergonomics.

Introdução

O presente trabalho tem como tema a sistemática de desenvolvimento do software SCADA que permite a supervisão do processo de geração de energia em UTEs movidas a carvão. Tal sistemática, está inserida no contexto de modernização de UTEs e será apresentada levando em conta os conceitos e aplicações de ergonomia.

Nesta perspectiva, busca-se responder as seguintes questões que nortearam este trabalho:

- Quais são as características e qual a importância de um SDCD e de um SCADA no processo de modernização das UTEs?
- Como apresentar em um único local seguro e confortável as informações de processo que antes eram visualizadas somente através de painéis sinóticos analógicos e através de equipamentos instalados em outras diversas localidades da planta industrial?



- Como deve ser o processo de concepção, desenvolvimento e implantação do software supervisor?

Diversas necessidades justificam a modernização de usinas termelétricas de geração de energia dentre os quais se destacam a necessidade de otimização (ganho na eficiência) do processo de geração e a necessidade de se enxergar e operar o processo com visão mais ampla e ao mesmo tempo detalhada.

De acordo com (DUARTE, 2002, p.174) “Um projeto industrial de implantação de um SDCD coloca sempre em questão duas famílias de problemas potenciais: os de ordem técnica e os de ordem humana”.

Diante desses problemas, na modernização das referidas usinas utilizando sistemas SDCD e SCADA, a abordagem de engenharia aliada à abordagem ergonômica propõem integrar o processo físico industrial, a filosofia de operação já existente, as características físicas dos operadores, os novos equipamentos a serem instalados e as diversas situações de trabalho a fim de melhorar as condições de trabalho das equipes envolvidas e o desempenho das instalações industriais.

A modernização em questão tem como importante ferramenta a automação e envolve basicamente três grandes conjuntos de tarefas:

- Analisar a possibilidade de modernizar o processo industrial e de mudar a concepção de operação de determinados subprocessos;
- Desenvolver SDCD e SCADA que permitam otimizar o processo industrial e melhorar a interação do operador com o mesmo;
- Substituição de antigos sistemas analógicos por sistemas digitais modernos e disponibilizar os novos SDCD e SCADA às principais equipes envolvidas neste processo (operação e manutenção).

Neste contexto, o objetivo básico deste estudo é detalhar os três grandes conjuntos de tarefas que compõem o processo de modernização de usinas termelétricas a carvão relacionando a ergonomia a essas tarefas.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Para alcançar o objetivo proposto, utilizou-se como recurso metodológico a experiência profissional do autor deste artigo como engenheiro de manutenção e de projetos em usinas termelétricas de geração de energia movidas a carvão e a pesquisa bibliográfica realizada a partir de análise de materiais já publicados na literatura.

O texto final foi fundamentado nas ideias e concepções de autores como (DUARTE, 2002), (IIDA, 2005), (DUL, 2012), (BEGA et al., 2011) e (MORAES, 2007).

Desenvolvimento

A constante troca de produtos, serviços e informações entre os países intensificada nas últimas décadas contribuiu maciçamente para o fortalecimento da globalização. Este fenômeno gerou maior competitividade entre as nações e, conseqüentemente, a necessidade da constante melhoria nos respectivos processos industriais. Com isso, as indústrias passaram a investir em pesquisa e desenvolvimento – P&D – e o avanço da tecnologia passou a ocorrer de forma assustadora. No âmbito industrial, a instrumentação e controle – I&C – foi fortemente beneficiada pela tecnologia permitindo, assim, que os processos industriais se tornassem ergonomicamente mais corretos, e tecnicamente mais eficientes, seguros, modernos e complexos (com medições de variáveis que antes não podiam ser medidas, controles mais precisos e visualização de maior número de variáveis de processo).

As indústrias termelétricas de geração de energia, como os demais setores industriais, passaram, portanto, a modernizar seus respectivos processos utilizando SDCD.

A usina termelétrica a carvão de geração de energia tem como função básica transformar a energia calorífica contida no carvão mineral em energia elétrica.

A figura 1 ilustra o esquema básico de geração de uma usina termelétrica movida a carvão com controle distribuído - SDCD.

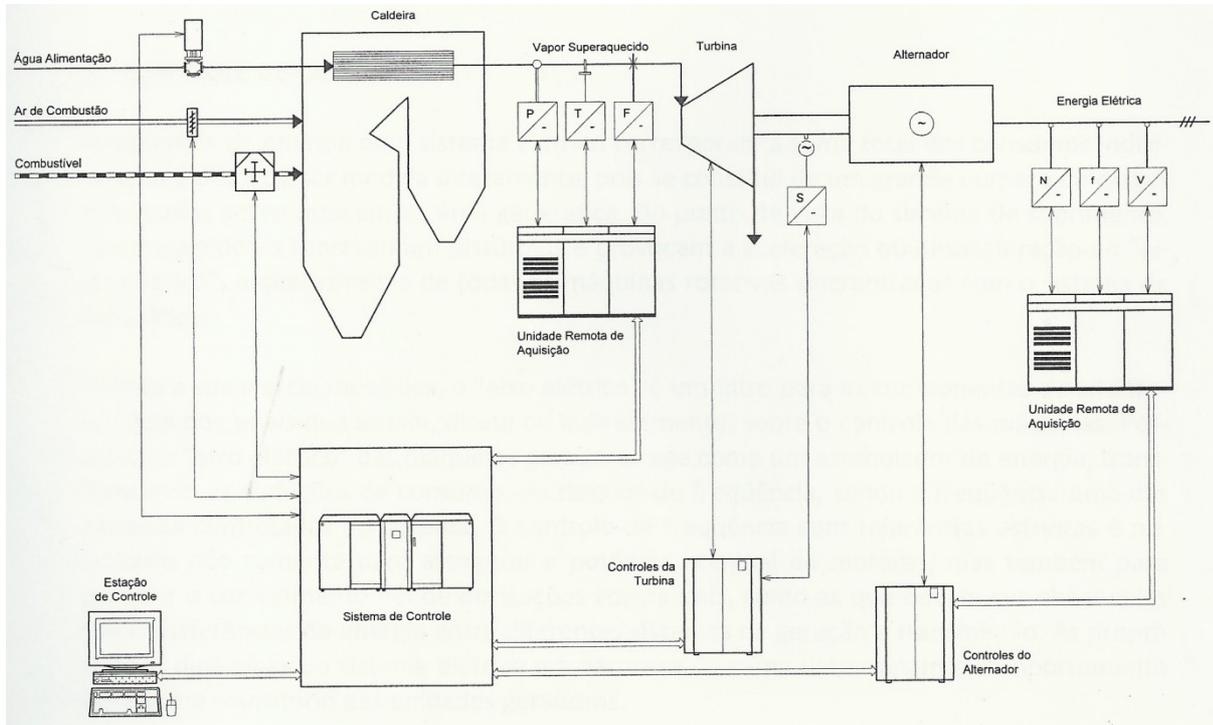


Figura 1: Esquema de geração termelétrica a carvão com Controle Distribuído. Fonte: (PACHECO, 2008).

Conforme BEGA,

O Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD ou DCS, do inglês Distributed Control System) é um sistema de controle industrial microprocessado, criado inicialmente para efetuar especificamente o controle das variáveis analógicas, e foi sendo expandido em suas aplicações até abranger praticamente todas as aplicações de controle usuais, incluindo-se aí as variáveis discretas, o controle de bateladas, controle estatístico de processo, geração de relatórios etc. (BEGA et al., 2011, p. 599).

O SDCD foi desenvolvido para substituir os controladores analógicos centralizados dedicados ao controle de processos industriais e, ao mesmo tempo, permitir aos operadores uma melhor visualização do processo que está sendo operado, podendo assim controlá-lo melhor. Dessa forma, o SDCD se compõe de três elementos básicos: interface com o processo (integrando os controladores e as unidades de aquisição de dados), interface-homem-máquina – IHM – (da qual pode ser parte o sistema supervisor e suas telas de processo) e a via de dados (que interliga as primeiras).



O SDCD é caracterizado como distribuído por ser dotado de redes redundantes (via de dados) que permitem a descentralização do processamento de dados e decisões através do uso de unidades remotas (controladores) na planta.

A figura 2 ilustra a arquitetura básica de um SDCD.

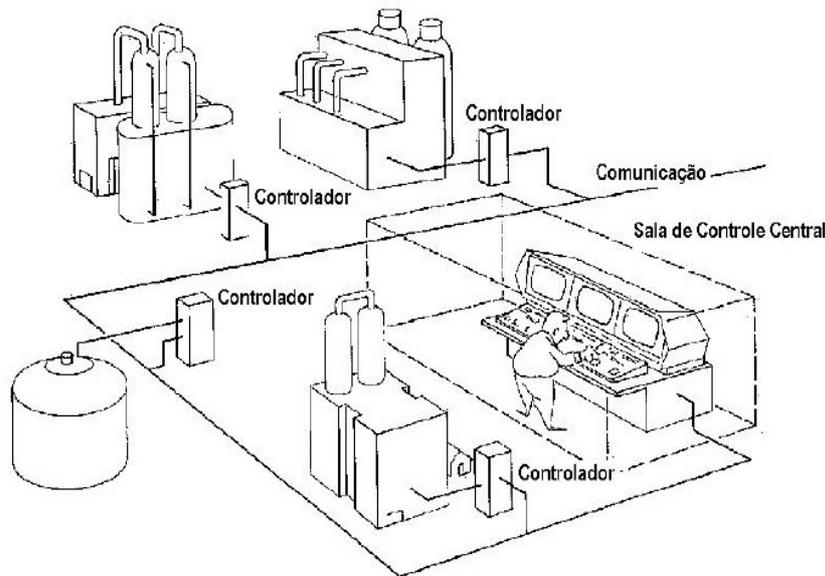


Figura 2: SDCD - Visão Geral. Fonte: (RIBEIRO, 2001).

Com base na arquitetura da figura 2, nota-se que com o controle distribuído, ou seja, com diversos controladores processando informações diferentes e instalados em locais diferentes cria-se, no projeto de implantação de um SDCD, a possibilidade de analisarmos a necessidade de mudança na concepção de operação de determinados subprocessos, pois com o SDCD tem-se a oportunidade de se melhorar o controle, a operação e a visualização de todo o processo com controladores dedicados a subprocessos específicos (que antes não existiam) oferecendo maiores recursos para tal como maior capacidade de gerar informação e maior capacidade de processamento.

De acordo com Duarte,

No projeto de implantação de um SDCD, a equipe de ergonomia vai permitir a integração de reflexões sobre o trabalho existente e sobre o trabalho futuro, desde as etapas iniciais do projeto – definição dos objetivos – até o funcionamento em capacidade nominal das instalações, em pelo menos cinco dimensões: as edificações e os espaços de trabalho; as máquinas e os instrumentos de trabalho; os sistemas de informação; a organização do trabalho; a formação. (DUARTE, 2002, p. 175).



Dentre as cinco dimensões citadas, destacam-se neste estudo as máquinas e os instrumentos de trabalho como itens importantes na substituição de sistemas analógicos por sistemas digitais, parte do processo de modernização de usinas termelétricas a carvão.

O monitoramento do processo de geração em antigas usinas termelétricas é realizado em salas de controle (também chamadas de salas de comando) através de mesas de comando e painéis sinóticos (também chamados de painéis verticais). Tanto as mesas quanto os painéis são compostos por instrumentos analógicos. A figura 3 exemplifica uma sala de comando com as referidas mesas e painéis.



Figura 3: Antiga sala de controle (Canastra, RS). Fonte: (DACIOLE, 2009).

Percebe-se na figura acima que o operador supervisiona o processo industrial e intervêm no mesmo sempre de pé.

Uma das etapas do processo de modernização das usinas é justamente fazer com que o operador continue operando na sala de comando, porém passe a visualizar e comandar todo o processo de geração de energia sentado confortavelmente através do computador, inutilizando, portanto, as referidas mesas e painéis. Essa etapa é realizada basicamente com os seguintes passos:

- Transferir os sinais analógicos dos painéis verticais advindos dos instrumentos de campo para os painéis localizados nas salas de relés;



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

- Converter os sinais analógicos necessários em sinais digitais;
- Desenvolver o SDCD;
- Criar uma rede industrial informatizada;
- Transferir as informações do processo de geração (sinais analógicos e digitais) da sala de relés para a sala de

comando, através da rede informatizada industrial, para os computadores dos operadores responsáveis pelo monitoramento e controle do processo de geração.

- Definir o novo layout da sala de comando;
- Desenvolver o software SCADA;

É importante destacar que nessa etapa há grande preocupação, do ponto de vista da ergonomia, com a equipe de manutenção. Assim, a forma como os cabos serão lançados e transferidos, além dos locais onde serão instalados novos equipamentos que conectarão estes cabos e que futuramente sofrerão intervenções da equipe de manutenção são algumas das atividades que merecem atenção de forma a prover maior saúde, segurança e bem-estar dos mantenedores do processo de geração.

Ao final dessa etapa, a sala de comando apresentar-se-á de forma similar à da figura 4.



Figura 4: Centro Regional de Operação Sul Florianópolis. Fonte: <http://www.ons.org.br>



Uma vez resolvidas as questões físicas, de engenharia e de hardware para eliminação dos painéis verticais e disponibilização das informações do processo de geração em computadores localizados na sala de comando, passa-se a focar nas questões do software supervisorio para interação do operador com o referido processo. Ressalta-se que, neste momento, há grande preocupação, do ponto de vista da ergonomia, com a equipe de operação. Assim, busca-se definir a melhor forma de visualização e operação do processo incluindo neste quesito, por exemplo, a divisão de monitores de computadores e de grupos de telas a serem desenvolvidas conforme as etapas do processo industrial de geração de energia (ex: grupo de telas do sistema ar e gases, grupo de telas da caldeira, grupo de telas da turbina etc). Neste quesito, também está inserida a escolha do mobiliário que melhor beneficia a saúde, segurança e bem-estar dos operadores.

Em uma usina moderna, o principal instrumento de interação do operador com o processo é o sistema supervisorio.

O sistema supervisorio é o software SCADA que, dependendo de sua robustez, complexidade e número de entradas e saídas, pode ser instalado em um hardware robusto no chão-de-fábrica (numa interface homem máquina – IHM) ou em um computador localizado em ambiente climatizado, por exemplo, na sala de controle. Segundo (MORAES, 2007, p.117), “sistemas supervisorios são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo”.

A figura 4 apresentada acima ilustra uma sala de comando composta por várias estações de operação (microcomputadores). Através dessas estações, onde estão instalados os sistemas supervisorios (softwares SCADA), os operadores podem monitorar em tempo real e intervir na operação dos processos industriais supervisionados por estes sistemas a qualquer momento. Percebe-se ainda que com a utilização do software supervisorio, o operador tem visão ampla sobre o processo industrial, podendo, assim, realizar vários comandos em pouquíssimo intervalo de tempo. Como consequência, o software supervisorio reduz o número de operadores necessários para controlar o processo industrial. Outra vantagem da utilização deste software é que ele diminui a necessidade dos operadores saírem da sala de controle (que é confortável e climatizada) para realizarem leituras e medições em ambientes perigosos e insalubres da área externa, pois todas as variáveis do processo podem ser lidas nos monitores dos microcomputadores disponibilizados ergonomicamente corretos no espaço da sala de controle.

Nesse software são, portanto, desenvolvidas as telas que representarão o processo industrial. Além disso, ele possibilita em tempo real a visualização de gráficos referentes às variáveis de processo, a geração de alarmes com níveis de importância, a geração de relatórios, a busca por dados históricos do processo industrial etc.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Para a concepção do software supervisor, duas etapas básicas devem ser consideradas: a etapa de desenvolvimento da estrutura do software; a etapa de desenvolvimento das telas que representarão o processo de geração de energia.

Na etapa de desenvolvimento da estrutura do supervisor, deve-se definir a empresa que oferecerá o software. A partir daí, tendo suas características e limitações conhecidas, deve-se tratar a integração do SCADA com os demais softwares (banco de dados, editores de textos e imagens, planilhas eletrônicas, sistema corporativo da empresa etc), equipamentos, redes industriais e seus protocolos existentes no processo de automação. Deve-se também nessa etapa tratar a programação de rotinas para execução de cálculos e demais funções que se exigir do SCADA, além da questão da segurança (definir acessos ao software etc).

Na etapa de desenvolvimento das telas, dois aspectos principais devem ser considerados: a apresentação das informações em tela; o processo de concepção das telas propriamente dito.

A questão da apresentação trata o que apresentar, ou seja, quais informações dos painéis verticais e dos equipamentos instalados na área externa devem ser reagrupadas em telas, qual o conteúdo de cada tela, como apresentar as telas (se, por exemplo, em grupos de acordo com a fase do processo), qual padrão seguir (que caracteres, tamanhos, cores utilizar) etc.

Já o processo de concepção propriamente dito trata a sistemática das etapas de desenvolvimento das telas, a definição dos setores envolvidos, as responsabilidades de cada membro da comissão a ser formada para o desenvolvimento das telas etc.

Tanto a questão da apresentação, quanto a do processo de concepção é abordada ao longo da sistemática de desenvolvimento das telas do software SCADA. Para tal, conforme Moraes são necessárias nove etapas a serem seguidas no desenvolvimento de telas:

- Entendimento do processo;
- Definição das variáveis do processo;
- Definição do padrão industrial de desenvolvimento;
- Planejamento da base de dados;
- Planejamento de alarmes;
- Planejamento da hierarquia de navegação entre telas;
- Desenho de telas;



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

- Definição de gráficos de tendências;
- Planejamento do sistema de segurança; (MORAES, 2007, p. 135).

Complementando o procedimento metodológico de desenvolvimento de telas acima e inserindo-o num contexto mais amplo de desenvolvimento de um software SCADA, as nove etapas acima são vistas no procedimento de desenvolvimento do referido software mostrado abaixo através das seguintes ações básicas:

- Formação de uma comissão com representantes dos principais setores envolvidos no desenvolvimento das telas (manutenção, operação, qualidade, ergonomia, engenharia, diretoria);
- Definição das necessidades e expectativas de cada setor referentes ao software SCADA do processo industrial. Essa tarefa engloba a definição de custos e do software a ser utilizado;
- Definição de um calendário contendo o prazo de concepção, desenvolvimento e implantação do projeto, das tarefas (com seus respectivos prazos) e das reuniões periódicas a serem realizadas, das responsabilidades assumidas por cada setor etc;
- Análise dos descritivos lógicos que descrevem o processo original de geração termelétrica de energia a carvão. Nessa etapa, deve-se atentar às oportunidades de aprimoramentos dos processos físicos, dos processos de operação e dos processos de manutenção envolvidos, visto que um sistema de automação proporciona melhorias no modo de controlar, visualizar, operar e manter os processos industriais.
- Criação de uma lista contendo todas as variáveis do processo industrial com seus respectivos tags, tipos de sinais, localizações etc. Essa etapa engloba a análise de toda a instrumentação envolvida no processo industrial;
- Elaboração de um manual ergonômico corporativo contendo informações padronizadas como mobiliário adequado aos operadores, formas de acesso ao software supervisor, orientações sobre segurança em TI, modelo de layout de salas de comando que atenda todos os requisitos de manutenção, operação e ergonomia. Essa etapa envolve a definição do layout da sala de comando.
- Elaboração de especificações técnicas, projetos e compra de equipamentos;



● Desenvolvimento do software supervisor do processo industrial com base no manual ergonômico corporativo e nas necessidades de cada setor envolvido. Essa tarefa envolve:

● O desenvolvimento do layout das telas que representarão o processo industrial. No layout, além das telas de operação do processo, devem ser previstas telas de acesso ao software (login), manutenção, comando, controle;

● O desenvolvimento de toda interface de comando, controle, supervisão e armazenamento/recuperação de dados desse software com outros equipamentos envolvidos no processo de automação (banco de dados, CLPs, painéis, transmissores, elementos finais de controle etc). Nessa ação, deve-se prover a integração do software com o SDCD, com as diversas redes industriais, equipamentos e outros softwares/sistemas existentes ou a serem utilizados no sistema de automação da usina;

● Simular a operação do processo industrial no software desenvolvido com as equipes envolvidas (operação, manutenção etc) com intuito de validá-lo. A simulação deve ser feita na própria sala de comando através de uma estação de engenharia (microcomputador específico para testes e simulações) através da qual serão coletados em tempo real dados do processo industrial, porém os comandos e controles serão realizados de forma simulada, não afetando assim a operação do processo de geração.

● Por fim, implantar o software efetivamente. Nessa etapa, deverá ser programada uma parada da unidade de geração para que o SDCD seja colocado em operação juntamente com o software SCADA. A partir daí, a equipe de operação passará a operar o processo de geração termelétrica a carvão somente via microcomputadores específicos para este fim instalados na sala de controle.

As ações descritas acima devem ser focadas principalmente nas necessidades da equipe de operação.

Ressalta-se que para o monitoramento de partes críticas do processo de geração, como por exemplo, sistema de combustão, sistema caldeira (nível do tambor, válvula de segurança) poderá ser utilizado o sistema de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) com o intuito de confirmar visualmente medições e comandos efetuados através dos microcomputadores.

Percebe-se, portanto, que a sistemática de desenvolvimento do SDCD e do SCADA no contexto de modernização de UTEs é um projeto com viés multidisciplinar - envolvendo as mais diversas necessidades e expectativas - que deve ter como ponto forte entre



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

os setores envolvidos: conhecimento do processo industrial, cooperação, comunicação eficaz, respeito aos padrões corporativos e às regras de ergonomia.

Conclusão

O SDCD e o SCADA, partes imprescindíveis na modernização de usinas termelétricas a carvão trouxeram inúmeras vantagens aos processos industriais das referidas usinas tais como: medições mais precisas de variáveis de processo e disponibilização das mesmas em tempo real nas salas de controle; possibilidade de tomar decisões de forma mais rápida; gerenciamento de maior número de variáveis de processo; maior facilidade e flexibilidade no armazenamento, tratamento e recuperação de informações de processo; monitoramento em tempo real e de forma holística e integrada do processo industrial.

O resultado dessa modernização é visualmente constatado principalmente na sala de comando (local onde as informações do processo são centralizadas) através das telas do software supervisor que retratam o processo industrial em tempo real.

A ação de modernizar UTEs e disponibilizar as informações do processo, que antes eram mostradas em painéis verticais analógicos, em telas de computadores digitais tem como metodologia a análise técnica e constatação de oportunidades de melhorias no processo industrial (oportunidade de implantação de SDCD) e a análise ergonômica de trabalho considerando as necessidades intrínsecas dos operadores. Utiliza-se, portanto, a concepção antropocêntrica das telas do SCADA, ou seja, a concepção centrada sobre quem utilizará o sistema supervisor.

A necessidade de engajar os operadores no projeto de modernização de UTEs, sendo imprescindível envolvê-los na concepção do software supervisor e de suas telas para que seja priorizada a representação daqueles que são responsáveis pelo controle das instalações industriais, é evidente. Embora seja uma condição importante, não é suficiente delegar aos operadores o trabalho de desenvolvimento do sistema digital – hardware e software – que retrata o processo industrial no computador para que os mesmos tenham um software de supervisão com telas do processo adaptadas à sua atividade. É preciso apoiar esse projeto de desenvolvimento participativo com metodologias de concepção que permitam incorporar os conhecimentos oriundos da engenharia, da ergonomia e da análise do trabalho.

Referências

BEGA, E. A, *et al.* **Instrumentação industrial** . Rio de Janeiro: Interciência, 2011.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

DACIOLE . Sala de controle de uma subestação energética . Fotografia. Disponível em: <http://www.fotosdobrasil.fot.br/Fotos/UHE%20Canastra/Imagem-012.jpg>. Acesso em 24.07.2015.

DUARTE, F. *Ergonomia & Projeto na Indústria de Processo Contínuo* . Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. *Ergonomia Prática*. São Paulo: Blucher, 2012.

IIDA, I. *Ergonomia Projeto e Produção* . São Paulo: Blucher, 2005.

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. *Geração Termelétrica* . Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. *Engenharia de Automação Industrial* . Rio de Janeiro: GEN, 2007.

ONS. “Centro Regional de Operação Sul Florianópolis”. Disponível em: http://www.ons.org.br/images/educativo/galeria_fotos/ONS_FLORIANOPOLIS_04.jpg. Acesso em 31.05.2016.

PACHECO, E. *Controle de Usinas Termelétricas (Conceitos Básicos)*. Capivari de Baixo: s.e., 2008. (Apostila didática).

RIBEIRO, M. A. *Automação Industrial* . Salvador: Érica, 2001.