

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Campus II - CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA

**DIRETRIZES PARA PROJETO DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA
APLICADAS A SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS**

Giovanni Ferreira de Farias

Campina Grande - PB

Março/1996

**DIRETRIZES PARA PROJETO DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA
APLICADAS A SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS**

Giovanni Ferreira de Farias

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Processamento da Informação

Orientadora: Maria de Fátima Queiroz Vieira Turnell, PhD.

Campina Grande - PB

Março/1996



F224d Farias, Giovanni Ferreira de
Diretrizes para projeto de interfaces homem-maquina
aplicadas a sistemas de supervisao de processos industriais
/ Giovanni Ferreira de Farias. - Campina Grande, 1996.
117 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Eletrica) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Interfaces Homem-Maquina 2. Projetos de Interfaces
Graficas Homem-Maquina 3. Dissertacao I. Turnell, Maria de
Fatima Queiroz Vieira, Dra. II. Universidade Federal da
Paraiba - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 004.5(043)

DIRETRIZES PARA PROJETO DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA
APLICADAS A SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

GIOVANNI FERREIRA DE FARIAS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19 / 04 / 96

MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ VIEIRA TURNELL

Orientadora

JOBERTO MARTINS

Componente da Banca

EDILSON FERNEDA

Componente da Banca

Campina Grande - PB

Março/1996

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por ter me dado a graça de alcançar o objetivo de concluir este curso de mestrado, e por ter estado ao meu lado não apenas durante este trabalho mas por esta curta caminhada que chamamos de vida.

Agradecimentos à minha esposa Nilda Maria e meu filho Mateus, que foram fonte de estímulo para que eu galgasse mais um degrau na minha carreira profissional.

Agradecimentos também à minha orientadora Maria de Fátima Turnell, que apesar de ter seu tempo restrito pelas obrigações de Coordenadora dos Cursos de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica, fez um bom trabalho de orientação, me mostrando soluções para problemas aparentemente insolúveis e ajudando a tomar decisões importantes em momentos cruciais durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço aos meus pais, meus parentes, meus colegas e funcionários do curso de pós-graduação, enfim a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para o êxito deste trabalho.

Por fim, um agradecimento especial às instituições e empresas que me apoiaram na realização de visitas técnicas, no fornecimento de informações técnicas e de programas de supervisão de processos e em esclarecimentos em geral: FIM - Fábrica Integrada de Manufatura (USP-São Carlos/SP), USIBA (Salvador/BA), AçoNorte (Recife/PE), PETROBRÁS - RPNS (Guamaré/RN), Companhia Vale do Rio Doce - Porto da Madeira (São Luís/MA), UNITEC Tecnologia (São Paulo/SP), Brain Engenharia (Salvador/BA), ELIPSE Software (São Paulo/SP), SMAR Automação Industrial (São Paulo/SP), Altus Automação (São Paulo/SP) e Siemens do Brasil (São Paulo/SP).

RESUMO

Baseados em sistemas de computadores pessoais, programas supervisórios têm sido usados com sucesso em muitas aplicações de automação do controle de processos industriais, aumentando a segurança do trabalho, a produtividade e a qualidade dos processos de produção industriais. Neste contexto, as interfaces homem-máquina gráficas têm sido cada vez mais usadas em aplicações industriais típicas. Este trabalho apresenta um conjunto de diretrizes dedicadas a projetos de interfaces gráficas homem-máquina industriais, e mostra o impacto do uso destas diretrizes na otimização deste tipo de projeto com base nos estudos da área de interfaces homem-máquina.

ABSTRACT

Based on personal computer systems, supervisory softwares have been successfully used in several industrial automation control applications, increasing the work safety, productivity and quality in industrial process. In this context, the graphical user interfaces have taken place in typical industrial applications. This work presents a set of guidelines dedicated to the projects of graphical industrial user interface, and shows the impact of these guidelines in the improvement of this kind of project in respect to man-machine interface technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Esquema simplificado de um sistema de supervisão de processos	11
Figura 2.2:	Hierarquia de redes de computadores de uma indústria com processos automatizados	12
Figura 3.1:	Grupo de programas do software supervisor Unisoft, versão 1.12	15
Figura 4.1:	Parte do sinótico de planta de um processo de fabricação de eletrodomésticos, elaborado com o Elipse 21	24
Figura 4.2:	Exemplo de emulação de equipamentos remotos controlados a partir da tela do sistema supervisor, elaborado com o Elipse 21	25
Figura 4.3:	Exemplo de lista de alarme surgida em janela tipo " <i>pop-up</i> " na tela de um sinótico, elaborado com o Elipse 21	26
Figura 4.4:	Exemplo de gráfico de histórico típico, elaborado com o Elipse 21	27
Figura 5.1:	Esboço da diretriz 5.5.4.3	53
Figura 5.2:	Esboço da diretriz 5.5.4.4	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Lista de empresas e instituições que fazem uso de programas supervisórios em suas atividades afins	15
Tabela 3.2: Configurações mínima e recomendada para o uso do programa AIMAX-WIN	19
Tabela 6.1: Resultados numéricos levantados no experimento de validação das diretrizes propostas	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1:	Número de problemas de IHM encontrados em avaliação heurística de acordo com o número de avaliadores participantes do experimento	72
Gráfico 6.2:	Número de observações feitas pelos avaliadores em relação às interfaces homem-máquina testadas	80
Gráfico 6.3:	Relação entre o número de observações feitas pelos avaliadores depois / antes de terem acesso às diretrizes propostas	80
Gráfico 6.4:	Relação entre o número de observações feitas pelos avaliadores, sem e com formação em IHM, depois e antes de terem acesso às diretrizes propostas	81
Gráfico 6.5:	Tempo consumido nas duas sessões do experimento por cada avaliador	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. AUTOMAÇÃO DE CONTROLE DE PROCESSOS	7
2.1 Realidade da automação industrial	7
2.2 Sistemas de supervisão de processos	9
3. PROGRAMAS SUPERVISÓRIOS	13
3.1 Características de programas supervisórios	13
3.2 Exemplos de programas supervisórios	15
4. INTERFACE HOMEM-MÁQUINA DE PROGRAMAS SUPERVISÓRIOS	22
4.1 Estereótipo de interfaces homem-máquina industriais	22
4.1.1 Sinótico de planta	23
4.1.2 Emulação de equipamentos remotos	23
4.1.3 Tabelas	24
4.1.4 Listas	25
4.1.5 Gráficos	26
4.1.6 Multimídia	28
4.2 Fatores de otimização de interfaces homem-máquina industriais	28
5. DIRETRIZES PARA PROJETOS DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA INDUSTRIAIS	30
5.1 Estudo do processo industrial	36
5.2 Estudo da mão-de-obra envolvida na supervisão	38
5.3 Determinação das telas da interface	41
5.4 Navegação	43
5.5 Apresentação de telas	46
5.5.1 Sinóticos	46
5.5.2 Emulação de equipamentos	50
5.5.3 Tabelas	51

5.5.4 Gráficos	53
5.5.5 Listas	55
5.5.6 Multimídia	56
5.6 Critérios de segurança de acesso	57
5.7 Uso do mosaico	57
5.8 Tratamento de alarmes	59
5.9 Tratamento de erros	60
5.10 Uso de mensagens	61
5.11 Entrada de dados	62
5.12 Formatação de menus	63
5.13 Uso de abreviações	65
5.14 Documentação <i>on-line</i> e <i>off-line</i>	66
6. VALIDAÇÃO DAS DIRETRIZES PROPOSTAS	69
6.1 Métodos de avaliação de interfaces homem-máquina	69
6.2 Avaliação heurística na validação das diretrizes propostas	72
6.3 Materiais utilizados na validação das diretrizes	73
6.4 Métodos utilizados na validação das diretrizes	74
6.5 Resultados encontrados	79
6.6 Análise dos resultados encontrados	81
7. CONCLUSÃO	85
Bibliografia	89
Apêndice A	92
A1 - Elipse 21 demo (versão 3.1)	92
A2 - Elipse 21 demo (versão 4.1)	96
A3 - Unitec System 5 demo (versão 1.0),	100
A4 - Aimax-Win demo (versão 3.0)	102
Apêndice B	107

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A indústria de manufatura é hoje um dos setores que mais tem exigido pesquisas e suporte tecnológico para acompanhar as enormes mudanças que estão ocorrendo nas corporações produtivas [JONNAI93]. A questão da competitividade gerada pela abertura da economia de mercado mundial, a resposta à solicitação do usuário, a redução de custos de prazos de entrega de encomendas, o aumento da qualidade, produtividade e do dinamismo na inovação de produtos são alguns fatores que têm pressionado a indústria a promover mudanças nos padrões de negócios, nos métodos de produção e na tecnologia de manufatura [HEIZER91].

No sentido de otimizar o processo de manufatura, surgiram diversas iniciativas tecnológicas que trouxeram substanciais melhoras no desempenho da produção industrial, diminuindo prazos de desenvolvimento de produtos e custos de produção, bem como aumentando a qualidade dos produtos e a produtividade da linha de produção [CRUZ94].

O desenvolvimento de projetos para produção com auxílio de ferramentas CAD (*Computer Aided Design*), o uso de máquinas de controle numérico, AGV (*Automated Guided Vehicles*) e robôs na linha de produção, a adoção de sistemas de manufatura flexíveis e/ou integrados por computador (*FMS-Flexible Manufacturing Systems e CIM-Computer Integrated Manufacturing*), além da implantação de automação de controle de processos industriais, são algumas das iniciativas tecnológicas que têm trazido grandes progressos na qualidade e produtividade da atividade de produção industrial em todo o mundo [WAKIL90].

A implantação de muitas destas iniciativas tecnológicas em um processo industrial traz consigo um custo de investimento freqüentemente muito alto para ser bancado por uma indústria que já tem uma sistemática de produção definida. Para tornar este investimento atraente para o capital gestor do processo, a inserção de novas tecnologias no meio produtivo precisa garantir alguns benefícios para o mesmo, como: um incremento na produtividade, uma redução no custo do produto e no tempo gasto no ciclo de produção, aumento na competitividade, etc. A maioria das novas tecnologias anteriormente citadas atingem este objetivo, é claro, com diferentes relações entre custo e benefício [WAKIL90].

Dentre as iniciativas tecnológicas apresentadas, a automação no controle de processos é a que, geralmente, traz a melhor relação custo/benefício, pois trata-se singelamente da alteração apenas do método de gestão operacional do processo, não necessitando de mudanças significativas na estrutura do mesmo, e geralmente tem um impacto muito grande na otimização operacional da produção.

A indústria interessada em automatizar o seu processo produtivo geralmente terceiriza o serviço de implementação e instalação do sistema supervisor do processo, trata-se do desenvolvimento da aplicação do programa supervisor. Neste desenvolvimento está incluída a configuração da interface homem-máquina a ser utilizada na operação de controle da planta industrial.

Em um sistema de supervisão industrial, a Qualidade se destaca em forma de padronização de operação. É importante, em termos de Qualidade, que o trabalho de supervisão seja executado independente do pessoal envolvido, afinal a equipe gestora do sistema supervisor muda, seja por motivo de mudança de turno, de operador e até mesmo em caso de demissão ou transferência de operário para outro setor da empresa. O fator de padronização da operação de supervisão é de extrema importância para a Qualidade.

É importante lembrar que deve haver facilitação no treinamento de mão-de-obra para a tarefa de operacionalização do sistema supervisório, evitando assim um problema que ocorre em diversos postos de atividade industrial: a reciclagem da mão-de-obra e sua adaptação às novas tecnologias.

Ainda deve existir robustez contra falhas operacionais nos procedimentos de supervisão; todos os operários envolvidos no processo devem ser treinados no sentido de estarem preparados para todos os tipos de problemas em potencial que podem surgir no trabalho de supervisão, principalmente aqueles que envolvam segurança do trabalho. Desta forma garante-se a constância, estabilidade e a padronização do processo de produção.

Em termos de Segurança do Trabalho, torna-se indispensável a precisão e rapidez dos procedimentos tomados no trabalho de supervisão, haja visto que, muitas vezes, falhas operacionais deste trabalho vão além dos prejuízos materiais, tais como de perda de equipamentos, de produção e queda de produtividade.

Em grande parte dos processos industriais em que se confia a um sistema supervisório fazer a monitoração e controle da produção, riscos de acidentes com grande potencial de danos físicos e mortes são frequentes. Para lidar cada um destes tipos de risco (perda de produtividade ou produção, danos em maquinários ou acidentes fatais), os procedimentos a serem tomados pelo operador do sistema supervisório são diferentes; devendo estas diferenças estarem muito bem definidas no momento do treinamento do pessoal de supervisão.

Num momento de emergência, é necessário que a interface do sistema supervisório ofereça os melhores meios possíveis para que o operador, submetido à pressão psicológica decorrente da emergência, tenha condições de resolver o problema da forma mais rápida e precisa possível.

O desenvolvimento da aplicação geralmente é feito pelas próprias empresas desenvolvedoras do produto, ou pelas empresas representantes dos produtos que são importados, ou ainda por empresas independentes prestadoras de serviços. Excetuando as diferenças de complexidade do controle dos processos a serem automatizados, o trabalho de desenvolvimento da aplicação é bastante semelhante para os diversos tipos de produtos existentes no mercado; isto faz com que um dos principais agentes diferenciadores para o resultado da aplicação dos programas supervisórios seja a interface usuário-computador, implementada através de ferramentas do próprio programa supervisório, para uma dada aplicação. Isto se deve ao fato de os diferentes programas supervisórios fornecerem ferramentas de implementação de interface homem-máquina com diferentes níveis de sofisticação, além da adequação da interface projetada à aplicação depender bastante da qualificação do projetista para o trabalho de configuração da interface em relação ao sistema industrial que ela está inserida.

Com a caracterização equânime entre os diferentes programas supervisórios existentes no mercado, o projeto da interface homem-máquina torna-se um fator de relevante importância para a diferenciação da aplicação final, definindo a qualidade do sistema supervisório quanto a ergonomia, interface, segurança e produtividade do trabalho do operador.

A partir das visitas técnicas e entrevistas realizadas pela equipe de Interface Homem-Máquina do Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal da Paraíba, evidenciou-se que os projetistas de interfaces usuário-computador das aplicações dos programas supervisórios, em geral, não têm uma formação em interface homem-máquina que lhes propicie conceber projetos com características ergonômicas e funcionais otimizadas. Este problema é agravado em alguns casos em que falta ao projetista, além de formação em interface homem-máquina, uma visão mais ampla da operacionalização do processo a ter seu controle automatizado, do ponto de vista de engenharia de processos e de segurança do trabalho.

O intento desta pesquisa é, portanto, estruturar conceitos relacionados com as áreas de Interface Homem-Máquina, Qualidade Total e Segurança do Trabalho, em um documento de referência para profissionais desenvolvedores de aplicações de automação do controle de processos. Esta estruturação se dá com os seguintes objetivos:

- modelar a interface homem-máquina industrial, de forma a tornar possível a criação de um estereótipo desta natureza de interfaces;
- elaborar um conjunto de diretrizes de projeto de interfaces homem-máquina que, junto com outro conjunto de diretrizes compiladas de bibliografia da área, componha um documento de consulta para desenvolvimento de interfaces homem-máquina industriais;
- validar o conjunto de diretrizes a partir da observação de seu efeito sobre projetos de interfaces homem-máquina industriais.

Como forma de apresentação desta pesquisa, preferiu-se fazer uma divisão deste trabalho em duas partes. A primeira parte, relacionada com os capítulos 2 e 3, é na realidade uma introdução ao escopo principal da dissertação, que por sua vez está descrito nos capítulos 4, 5 e 6.

Desta forma, no capítulo 2 é apresentada uma visão geral de automação do controle de processos industriais com o uso de sistemas supervisórios de processos. A seguir, no capítulo 3, é feita uma abordagem sobre os programas supervisórios que são usados nestes sistemas de automação industrial, especificamente sobre o uso, mercados consumidores e principais versões destes programas existentes no mercado brasileiro.

No capítulo 4, são apresentadas as características típicas de interfaces homem-máquina industriais, mostrando ao leitor os principais aspectos a serem considerados neste tipo de interface. A parte específica relacionada com as diretrizes

inicia-se no capítulo 5, onde é apresentado o conjunto de diretrizes proposto. O capítulo 6 apresenta a descrição e os resultados do trabalho de validação das diretrizes propostas.

Finalmente, o capítulo 7 apresenta as conclusões e considerações finais a respeito do desenvolvimento do trabalho e resultados nele obtidos.

Capítulo 2

AUTOMAÇÃO DE CONTROLE DE PROCESSOS

Este capítulo mostra, embora que superficialmente, o quadro em que se encontra a situação da automação industrial no país. É feita também uma explanação de como se estrutura um sistema de controle de processos com o uso de sistemas supervisórios, mostrando seus principais aspectos, vantagens e benefícios.

2.1 Realidade da automação industrial

O parque industrial brasileiro é, em geral, defasado tecnologicamente no que diz respeito a automação industrial, como resultado da impossibilidade de importação de modernas tecnologias de automação de processos; de uma mentalidade empresarial conservadora, sem visão de longo prazo; além de uma política protecionista que não deixava os produtos nacionais expostos a concorrência.

Desde o início desta década tem havido substanciais mudanças na política industrial brasileira, o que tem incentivado a modernização do nosso parque industrial. A importação de modernos equipamentos e tecnologias fizeram com que alguns conceitos de automação industrial deixassem de ser ficção para se tornarem realidade de algumas, embora poucas, indústrias brasileiras, principalmente no ramo da indústria automobilística.

Muitas indústrias têm investido bastante onde é mais difícil e caro automatizar, no chão-de-fábrica. Diversas empresas, mesmo não tendo um nível de automação compatível com o processo industrial totalmente automatizado, instalaram nas suas áreas de produção alguns equipamentos que podem ser considerados o primeiro

passo para se chegar a tal nível de automação. Este é o caso de indústrias que passam a monitorar e controlar seus processos com programas supervisórios a partir de uma plataforma PC (*Personal Computer*) que, apesar de suas limitações, já possibilita um substancial aumento da produtividade, qualidade e segurança do processo fabril [CAMPOS89].

O cenário típico onde se enquadra esta iniciativa tecnológica é, em um processo industrial, grande o suficiente para a sua supervisão operacional ser centralizada, e que já tenha todo um conjunto de aspectos de produção definidos, tais como: operacionalização, custos, produtividade, segurança, ciclo de produto, etc. As variáveis físicas são monitoradas e controladas, através de variáveis elétricas, por PC (*Programmable Controlers*) que localizados numa sala de controle da planta, apresentam o estado das variáveis do processo ao operador. Este, por sua vez, pode modificar estas variáveis com o ajuste dos *set-points*^{2,1} dos PC.

O controle de planta descrito acima traz algumas limitações à produtividade e à segurança do trabalho pois, uma vez que os PC têm o operador da planta como fator integrador das inúmeras informações apresentadas pelos inúmeros PC da sala de controle do processo, constatando-se um grande potencial de erros de controle. Além do mais, a falta de automação na integração das informações oriundas dos PC faz com que, geralmente, as plantas industriais trabalhem com o limite de produtividade e com uma margem de segurança operacional relativamente grande, prejudicando assim a produtividade, justamente pela falta de uma maior velocidade no tratamento das informações oriundas do processo.

^{2,1} Set-point é um ajuste do controlador programável (PC) no que diz respeito ao valor no qual a variável controlada no processo industrial deve ser mantida.

2.2 Sistemas de Supervisão de Processos

Um processo industrial que tem sua monitoração e controle baseados em um sistema supervisorio, constituído basicamente de um computador e de um programa aplicativo, faz com que todas as variáveis elétricas, oriundas dos PC da área industrial e reflexos das variáveis físicas do processo, sejam convertidas em informação digital, a qual é processada e apresentada ao operador do processo, através do terminal de computador, de forma mais concentrada, abrangente, e dinâmica. Esta supervisão é feita com apresentação de sinóticos do processo, gráficos de produção e de tendência, tabelas de valores de variáveis e de *set-points*, emulação de visualização e controle de equipamentos remotos, além da apresentação multimídia de informações sobre o processo, como som e imagem, etc.

A partir do momento em que a monitoração e o controle de um processo são feitos com a ajuda de um sistema supervisorio, o processamento das variáveis de campo é mais rápido e eficiente, permitindo que os *set-points* de trabalho do processo sejam ajustados num patamar mais próximo dos limites de segurança do trabalho e capacidade de produção da planta. Qualquer evento não previsto como normal ao processo é rapidamente detectado e mudanças nos *set-points* são imediatamente providenciadas pelo sistema supervisorio, no sentido de normalizar a situação, deixando ao operador a incumbência de acompanhar o processo de controle da planta, com o mínimo de interferência, exceto nos casos em que sejam necessárias tomadas de decisão de atribuição restrita ao operador.

As tarefas rotineiras também são otimizadas com o uso de sistemas supervisorios; como: mudanças de ritmo de produção, modificações de variáveis do processo, acompanhamento da produtividade das bateladas de um planta industrial, etc. Toda esta versatilidade permite ao operador modificar qualquer *set-point* do processo através do sistema supervisorio que, por manter um controle mais preciso sobre o

processo controlado, permite que este trabalhe com um ritmo de produtividade maior, mesmo que isso signifique uma redução na margem de segurança de operação.

A estrutura simplificada de um sistema supervisorio é mostrada na figura 2.1 [DAIGLE88] [KUSSIAK88]. No chão-de-fábrica, geralmente próximo ao processo monitorado, está a estação supervisora, onde o programa supervisorio é executado. Através de um barramento de campo, estão ligados à estação supervisora diversos elementos do processo fabril: PC (*Programmable Controllers*), máquinas controladas por CNC (*Computer Numerical Control*), terminais de operação remotos, robôs, relógio de ponto inteligente, etc, que fornecem ao sistema supervisorio as informações sobre as variáveis do processo controlado [SIEM89]. A comunicação é feita a partir de um protocolo de barramento de campo, como por exemplo o Profibus [TANENBAUM93], muito embora, na maioria dos softwares existentes no mercado, o protocolo seja proprietário.

No ambiente de supervisão do processo é comum se encontrar um circuito fechado de televisão, através do qual o operador tem a visão de partes do processo inacessíveis para um direto contato visual na sala de supervisão. Este tipo de recurso é bastante utilizado principalmente quando se trata de uma planta industrial que envolve processos onde a segurança do trabalho é fundamental para o bom andamento da produção, a exemplo de processos que trabalham com altas temperaturas, produtos inflamáveis ou tóxicos, etc.

A tarefa do sistema supervisorio é recolher as informações sobre todas as variáveis configuradas do processo, processá-las, executar, se for o caso, algum procedimento automático, e apresentá-las ao operador do processo, em tempo real, através de uma interface homem-máquina, de forma clara e inteligível.

A interface homem-máquina apresenta sinais de alarme na detecção de alguma variável fora da faixa configurada como normal, e fornece ao operador meios

para atuar no processo de forma que este tenha a imagem do processo mediante sua atuação, em tempo real. Neste quadro, geralmente, os sistemas supervisórios funcionam como agente "co-adjuvante" no processo. Quando em atuação, orientam os componentes inteligentes no sentido de manter a produção em um nível bem próximo do limite de capacidade da planta, com estreita margem de segurança, o que é possível a partir do momento que este está supervisionando o processo e pronto para atuar com o surgimento de eventos indesejados.

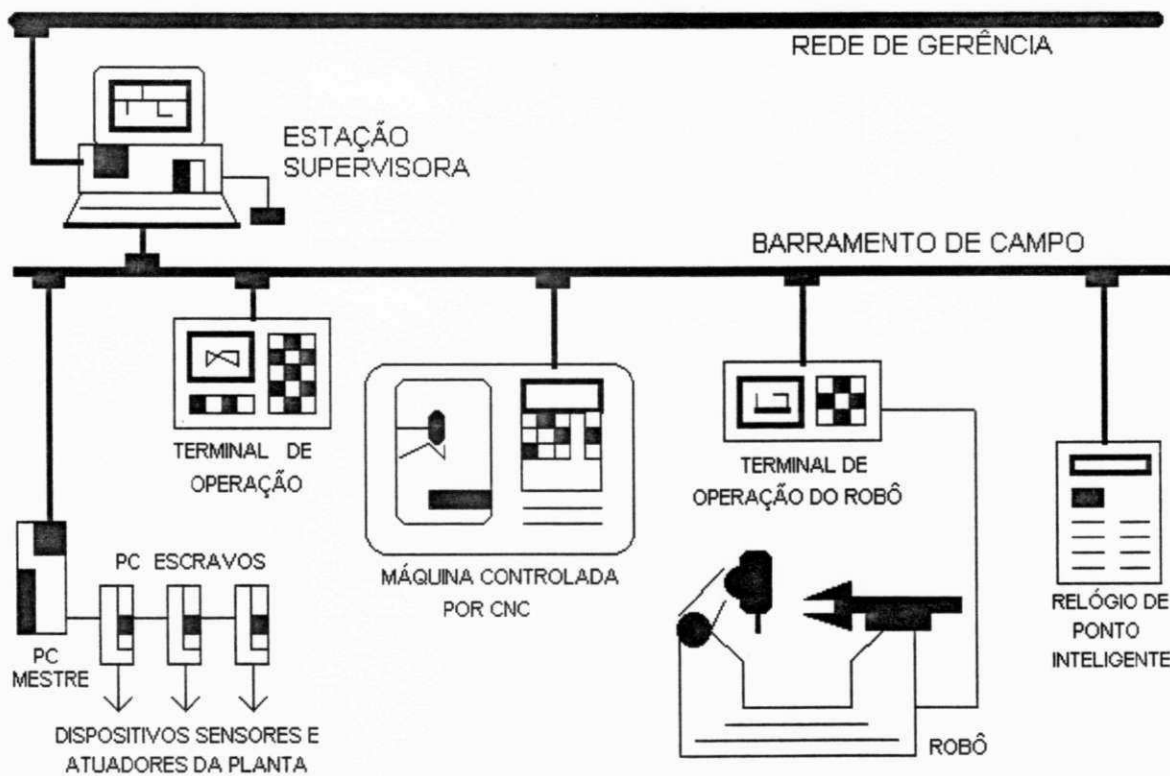


Figura 2.1: Esquema simplificado de um sistema de supervisão de processos.

Se o sistema supervisório deixa de funcionar, os dispositivos inteligentes baixam o nível de produção automaticamente, aumentando a margem de segurança, pois já não contam com o supervisório para lidar com eventos inesperados de maior complexidade.

O sistema supervisor serve ainda como comporta de dados entre o chão-de-fábrica e a rede de gerência de produção, tornando possível o acesso a informações de produção em tempo real não apenas da administração local da planta, mas também o acesso remoto de qualquer parte do mundo, via rede externa, pública ou privada. A hierarquia de redes de computadores que, de modo geral, permite tal feito é mostrada na figura 2.2.

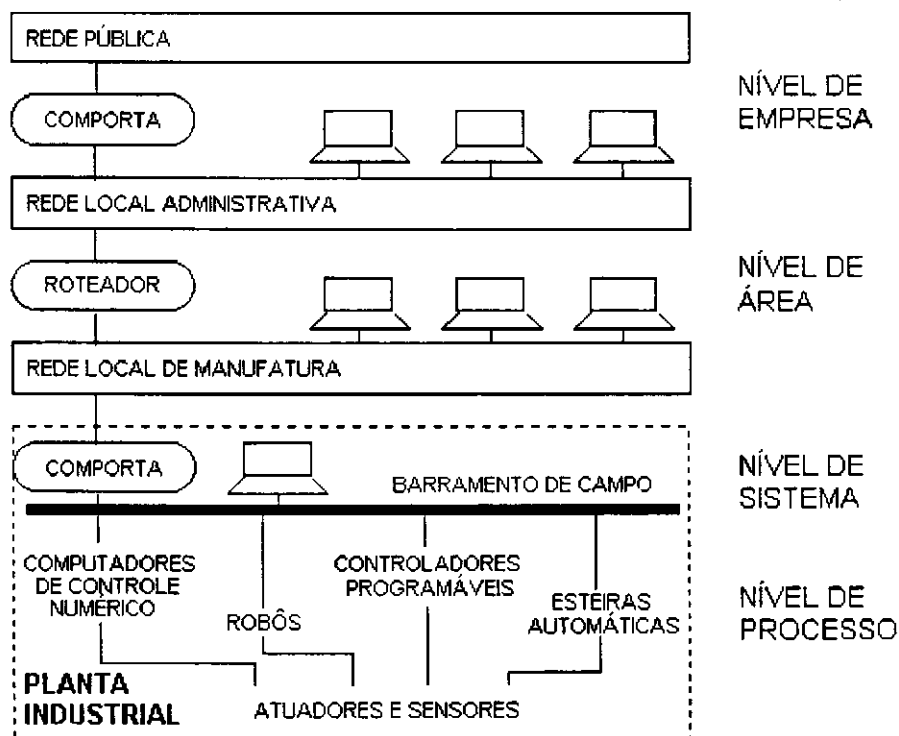


Figura 2.2: Hierarquia de redes de computadores de uma indústria com processos automatizados.

Como pode ser visto, os sistemas de supervisão de processos industriais têm uma enorme gama de utilidades, proporcionando uma série de vantagens em diversos aspectos inerentes à produção industrial, como qualidade, produtividade e segurança do trabalho. Os programas utilizados nestes sistemas de supervisão estão cada vez mais sofisticados, oferecendo cada vez mais ferramentas úteis na operacionalização otimizada do processo fabril. São estes programas o foco do próximo capítulo.

Capítulo 3

PROGRAMAS SUPERVISÓRIOS

Este capítulo apresenta as principais características de um programa supervisório típico, tanto do ponto de vista técnico, quanto de sua forma de apresentação. Em seguida são apresentados alguns destes programas, disponíveis no mercado brasileiro, com o destaque de algumas destas características.

3.1 Características de programas supervisórios

As empresas, nacionais e estrangeiras, que desenvolvem programas supervisórios, oferecem uma variedade de produtos para a automação de processos de diferentes complexidades e de diferentes volumes de investimentos. As versões variam das mais simples, para uso em PC/AT 486, com DOS, que monitoram 256 pontos, com um custo de algumas centenas de Reais; até as mais complexas, para uso em estações de trabalho, com OS/2, que monitoram dezenas de milhares de pontos, fornecem sofisticada interface gráfica, e a um custo de vários milhares de Reais [UNITEC95] [SMAR95].

As principais características externas dos programas supervisórios existentes no mercado diferem pouco entre si; basicamente podemos defini-las como sendo: o número de pontos monitorados, a plataforma e o sistema operacional utilizados, a interface homem-máquina e os *drivers*^{3.1} oferecidos, e o preço do produto, que, aliás, está direta ou indiretamente relacionado com as características anteriores [UNITEC95] [SMAR95].

^{3.1} Driver é um programa de computador ou placa de circuito digital, que faz a conversão de informação entre meios que usam convenções diferentes para tais informações.

Os pacotes de programas supervisórios são vendidos em forma de grupo de programas, a exemplo de um programa para ambiente *Windows*, onde cada item de programa do grupo tem sua tarefa específica. Um grupo típico de programas é composto por:

- Configurador de Tarefa, que permite a configuração dos alarmes, gráficos, relógio, calendário, funções e relatórios;
- Gerenciador de Banco de Dados, que organiza o armazenamento e acesso às informações relativas ao processo monitorado;
- Compilador, que faz a compilação do trabalho de configuração do sistema;
- Editor de Tela, com o qual se configura a interface homem-máquina da aplicação;
- Executor, que é a rotina de execução da aplicação propriamente dita, gerada a partir da compilação da configuração da aplicação.

No caso da versão demonstrativa do programa supervisório, é comum ser encontrado um item de programa com uma aplicação demonstrativa das potencialidades da interface homem-máquina que o programa pode oferecer ao projetista da aplicação. A figura 3.1 mostra um o Grupo de Programas do Unisoft 1.12, programa supervisório para ambiente *Windows* da Unitec Informática, onde podem ser vistos, entre outros, os itens de programas acima mencionados.

Devido a sua ampla gama de aplicações e seu relativo baixo custo, estes programas supervisórios podem ser encontrados em diversos tipos de atividades produtivas, tais como: indústrias química, petroquímica, alimentícia, farmacêutica, automobilística, açucareira, borracheira, empresas de energia e de televisão, instalações prediais em geral, presídios, entre outros. Podemos citar como usuários de programas

supervisórios alguns nomes de empresas ou instituições bem conhecidos no país [UNITEC95] [ELIPSE95], como mostra a tabela 3.1.

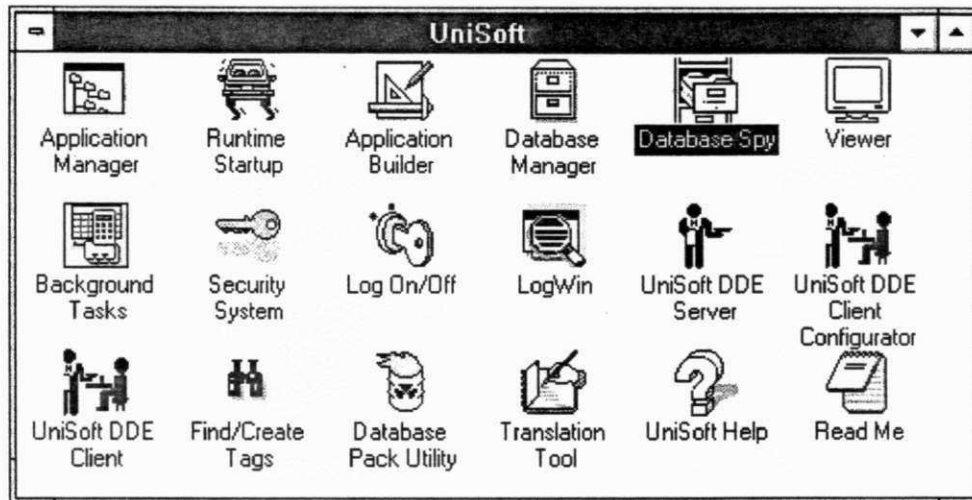


Figura 3.1: Grupo de programas do software supervisorio Unisoft, versão 1.12.

3.2 Exemplos de programas supervisórios

Durante as atividades de pesquisas que resultaram neste trabalho, foram levantados dados relativos a alguns programas supervisórios que disputam o mercado de automação de controle industrial no país. Os programas relacionados abaixo, com algumas de suas respectivas características técnicas e comerciais, são produzidos e/ou vendidos por empresas que participaram da XVII Feira Internacional da Indústria Eletro-Eletrônica, realizada em maio de 1996 na cidade de São Paulo.

São descritas então, as principais características de alguns dos programas supervisórios disponíveis no mercado.

<p>● Indústria Têxtil: Vicunha Karsten Malvee Hering</p>	<p>● Uso Predial: Camptower Bradesco Rede Globo Embratel Carrefour Makro Unibanco Bamerindus Estado de São Paulo (penitenciárias)</p>
<p>● Indústria de Bebidas: Citrosuco Antártica Brahma Skol</p>	<p>● Instituições de Ensino e Pesquisa: CEFET/MG CEFET/PR IPEN - Inst. de Pesq. Espaciais e Nucleares EFEI - Esc. Fed. de Engenharia de Itajubá Senai Universidade Federal da Bahia USP - Universidade de São Paulo</p>
<p>● Indústria Automobilística: Volkswagen Fiat Ford General Motors Mercedes Benz Goodyear Cofap</p>	<p>● Indústria Alimentícia: Perdigão Sadia Companhia União/Copersucar Refinações de Milho Brasil Ceval</p>
<p>● Indústria Química e Petroquímica: Petrobrás Dupont Basf Rohdia Gessy Lever Pfizer Bayer Hoechst</p>	<p>● Outros: Asea Brown Boveri (ABB) Black & Decker Consul Duratex Grandene Santa Marina Deca</p>
<p>● Indústria Siderúrgica: Gerdau Manesmann Usiminas Acesita</p>	

Tabela 3.1: *Lista de empresas e instituições que fazem uso de programas supervisórios [UNITEC95] [ELIPSE95] em suas atividades afins.*

ELIPSE 21 for Windows

Fabricante e distribuidor: Elipse Software Ltda

Sendo a mais nova família de produtos da linha Elipse, o Elipse21 for Windows apresenta muitas inovações em relação ao seu predecessor, o Elipse21 for DOS:

- não possui limitação quanto ao número de Tags (variáveis físicas) a serem supervisionados dependendo apenas dos recursos de hardware utilizados, como processador e memória;
- permite a definição de 999 níveis de prioridade e quatro limites de atuação em cada alarme configurado para a supervisão do processo industrial;
- fornece ferramentas de trabalho em ambiente Windows, como: DDE (Dynamic Data Exchange) para a troca de informação com qualquer outro aplicativo *for Windows*, NET DDE (rede incorporada) para a troca de dados com qualquer rede que possua driver para Windows, interface gráfica amigável com o operador a qual possui todas as características da interface homem-máquina do ambiente Windows;
- totalmente compatível com o Windows 95;
- conexão com a maioria dos equipamentos de aquisição de dados do mercado, com o uso de drivers de comunicação pertencentes ao pacote Elipse21.

A família Elipse21 for Windows é formada pelos seguintes produtos:

- Elipse Windows/View: capacidade para monitoração e acionamento de processos industriais;

- Elipse Windows/MMI: capacidade para monitoração, acionamento, DDE, análise histórica, alarmes e relatórios;
- Elipse Windows/Pro: capacidade do Elipse Windows/MMI mais suporte de rede (NET DDE).

A configuração de hardware recomendada numa planta industrial pode ser uma das seguintes:

Configuração mínima:

PC-AT 386 DX
Winchester
8 MB de RAM
Monitor VGA
Windows 3.1
1 porta paralela

Configuração aconselhável:

PC-AT 486 DX2 66MHz
Winchester rápido
16 MB de RAM
Monitor SVGA Color
Windows 95
1 porta paralela

O custo de uma versão do programa varia desde R\$ 290,00 para a versão View com capacidade para monitorar 50 tags, até R\$ 2.480,00 para a versão Pro com capacidade a depender do hardware.

AIMAX-WIN

Distribuidor: Smar Equipamentos Industriais Ltda

Programa sofisticado, o AIMAX-WIN possui uma interface homem-máquina bastante robusta, com todas as funções de uma interface gráfica. Suas principais características são as seguintes:

- suporta uso de múltiplas janelas, em tempo real, com as características de mosaico do ambiente Windows;
- trabalha com troca dinâmica de dados (DDE) e em rede (NETDDE);

- possui editor de telas gráficas semelhante ao Auto-CAD, proporcionando total compatibilidade dos arquivos com extensão DXF para importar desenhos feitos no Auto-CAD;
- possui vasta biblioteca de símbolos, para otimização do trabalho de projeto da interface homem-máquina;
- tem coordenadas *World* independentes da resolução, o que assegura que os objetos gráficos mantenham seus atributos numa mudança de resolução do sistema;
- oferece a visualização de janelas da interface homem-máquina distribuídas em até quatro monitores simultaneamente, emulando uma característica típica de um Sistema Descentralizado de Controle Digital (SDCD);
- possui ferramenta de apoio na tradução do sistema para vários idiomas;
- opera com todos os dispositivos de multimídia que dão suporte à interface do Windows, possibilitando ao operador acompanhar sons e imagens ao vivo ou pré-gravados.

Para tantas facilidades, o AIMAX-WIN necessita de uma plataforma com configuração mínima, descrita abaixo junto com a configuração aconselhada:

Configuração	Mínima	Recomendada
Computador	PC-AT 486 DX-2 66 MHz	PC Pentium 90 MHz
RAM	4 MB	8 MB
Winchester	20 MB	20 MB
Monitor	VGA a cores	SVGA a cores
Sistema Operacional	DOS 5.0 ou superior	DOS 5.0 ou superior
Ambiente gráfico	Windows 3.1	Windows 3.1
Dispositivo de entrada	Teclado	Teclado e Mouse

Tabela 3.2: *Configurações mínima e recomendada para o uso do programa AIMAX-WIN.*

UNISOFT

Fabricante e distribuidor: Unitec Informática e Tecnologia Ltda

A Unitec é uma empresa desenvolvedora de uma série de produtos ligados à automação de processos, desde uma versão para simples monitoração de uma máquina, com poucas variáveis configuradas; até uma versão para controle de uma planta complexa, com milhares de variáveis configuradas, uso de controles PID^{3.1} e controle remoto com protocolo HART^{3.2}, dentro das normas internacionais de qualidade.

O Unisoft é o mais recente destes produtos, desenvolvido para aplicações em ambiente Windows. Possui a maioria das características dos produtos já apresentados, com destaque para o excelente editor de telas gráficas.

A plataforma mínima recomendada para uso do Unisoft é mostrada abaixo:

Microcomputador PC-AT 486 DX2

16 MB de RAM

40 MB livres no Winchester

Monitor SVGA

Windows 3.1

Mouse

Apesar de haver uma variedade considerável de programas supervisórios no mercado, a maior parte das tarefas de supervisão são equanimemente oferecidas por todos eles. O que diferencia uma aplicação de outra é, basicamente, a interface homem-

^{3.1} Controle PID: Proporcional, Integral e Derivativo.

^{3.2} HART é um protocolo de comunicação utilizado entre controladores e programas supervisórios.

máquina que é configurada pelo projetista da aplicação. É justamente a respeito da típica interface homem-máquina que o próximo capítulo trata.

Capítulo 4

INTERFACE HOMEM-MÁQUINA DE PROGRAMAS SUPERVISÓRIOS

Este capítulo apresenta as características mais comuns encontradas em uma interface homem-máquina industrial, de forma a constituir um estereótipo desta espécie de interface e possibilitar ao leitor um entendimento mais preciso sobre ela e sobre as diretrizes propostas no próximo capítulo.

4.1 Estereótipo de interfaces homem-máquina industriais

Como o estilo de interfaces homem-máquina de sistemas supervisórios de processos industriais varia substancialmente em cada caso, procurou-se estereotipar este tipo de interface com o objetivo de tornar possível uma melhor organização das diretrizes propostas e o melhor entendimento da forma de apresentação destas interfaces. Foi verificada a existência de uma série de elementos comuns à maioria das interfaces homem-máquina industriais estudadas, e a partir destes foi levantado um estereótipo de uma interface homem-máquina industrial.

Podemos citar como principais constituintes da maioria das interfaces homem-máquina de sistemas supervisórios [UNITEC95] [SMAR95] [SIEM95] [ELIPSE95] [RELIANCE95] [OPTO95] [USDATA95] os seguintes elementos: sinóticos de planta, emulação de equipamentos, tabelas, listas, gráficos, e recursos multimídia.

4.1.1 Sinótico de planta

Sinótico conota resumo. Assim, sinótico de planta é o resumo da planta industrial monitorada. Trata-se de uma tela com esquemas gráficos que descrevem simplificada o *lay-out*^{4.1} do processo industrial sob supervisão do sistema supervisorio. É uma das telas mais importantes da interface homem-máquina, pois concatena as informações a respeito das variáveis mais importantes do processo em uma única tela; desta forma o operador do sistema supervisorio tem como perceber qualquer alteração na operação da planta a partir desta tela. Geralmente é esta tela usada como "tela de descanso", ou seja, a tela que fica apresentada no monitor do terminal do sistema supervisorio quando não há qualquer atividade de manipulação da interface homem-máquina, exceto a observação da planta.

Há sinóticos que não servem apenas para monitoração, mas também para controle da planta industrial, a exemplo do sinótico da interface homem-máquina mostrado na figura 4.1, através do qual, além de receber informações a respeito do processo supervisionado, o operador pode ajustar *set-points* de variáveis na própria tela, operação que, como veremos na próxima seção denomina-se emulação de equipamentos remotos.

4.1.2 Emulação de equipamentos remotos

Em uma planta industrial, onde os equipamentos de atuação nas variáveis físicas estão espalhados por todo o processo, faz-se necessário que o operador do sistema supervisorio não apenas obtenha da interface homem-máquina informações pertinentes às variáveis do processo, como também tenha meios para atuar remotamente sobre ele. Para isto ser possível, é comum interfaces desta natureza oferecerem ferramentas de emulação de equipamentos remotos, com as quais o operador pode

^{4.1} Lay-out de um processo industrial descreve o arranjo físico ou lógico dos componentes deste processo.

variáveis físicas existentes no processo monitorado. Os relatórios automáticos de produção têm caráter informativo e são gerados pelo programa supervisorio e enviados para a rede de computadores da gerência de produção em momentos pré-determinados, sem a interferência do operador de supervisão. Há sistemas que mostram todo o conjunto das principais variáveis envolvidas no processo industrial numa tabela, de forma que o operador tenha condições de monitorá-las simultaneamente numa única tela.

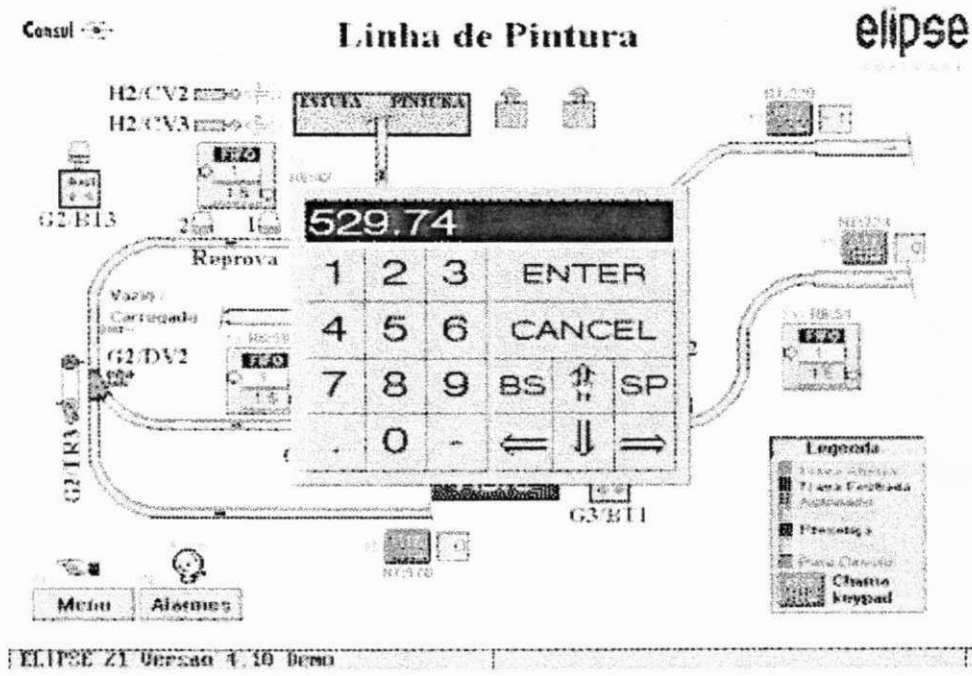


Figura 4.2: Exemplo de emulação de equipamentos remotos controlados a partir da tela do sistema supervisorio, elaborado com o Elipse 21 (cedido pela Elipse Software).

4.1.4 Listas

Listas são usadas pelo sistema supervisorio principalmente para a apresentação de dados relacionados com alarmes. As listas de alarmes, como pode ser visto na figura 4.3, fornecem ao operador informações a respeito dos eventos em que variáveis assumem valores fora do intervalo configurado como normal. Neste caso o operador acessa uma tela contendo a lista de alarmes da planta onde tem-se, geralmente, a data e hora do alarme, a identificação do equipamento ou parte do processo onde está se dando o evento, e o valor da variável. O operador pode, então, fazer o

reconhecimento do alarme, o que significa mudar o status do alarme indicando que o evento já foi identificado. Na próxima vez que o operador acessar a lista de alarmes os eventos já reconhecidos serão distinguíveis dos que ainda não o foram.

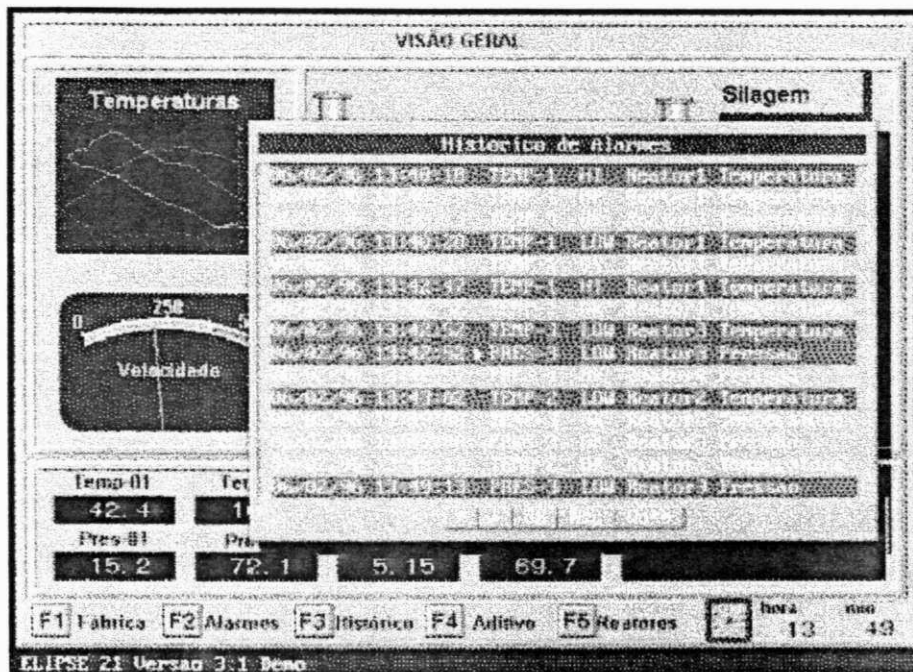


Figura 4.3: Exemplo de lista de alarme surgida em forma de janela tipo "pop-up" na tela de um sinótico., elaborado com o Elipse 21 (cedido pela Elipse Software).

4.1.5 Gráficos

Há dois tipos de gráficos comumente usados em sistemas supervisórios: gráficos de histórico e de tendência. Os gráficos de histórico são aqueles que apresentam graficamente o comportamento de variáveis do processo em um determinado período de tempo. Este tipo de gráfico frequentemente apresenta mais de uma variável simultaneamente, distintas pela cor do traçado, para permitir análises comparativas entre as mesmas. A figura 4.4 mostra um gráfico de histórico típico, com a apresentação do comportamento de três variáveis em um período superior a nove dias, a barra vertical em destaque serve para que o operador deslize-a, com o uso do *mouse* ou teclas de seta,

obtendo ao lado do gráfico os valores precisos das variáveis nos pontos de interseção com a barra.

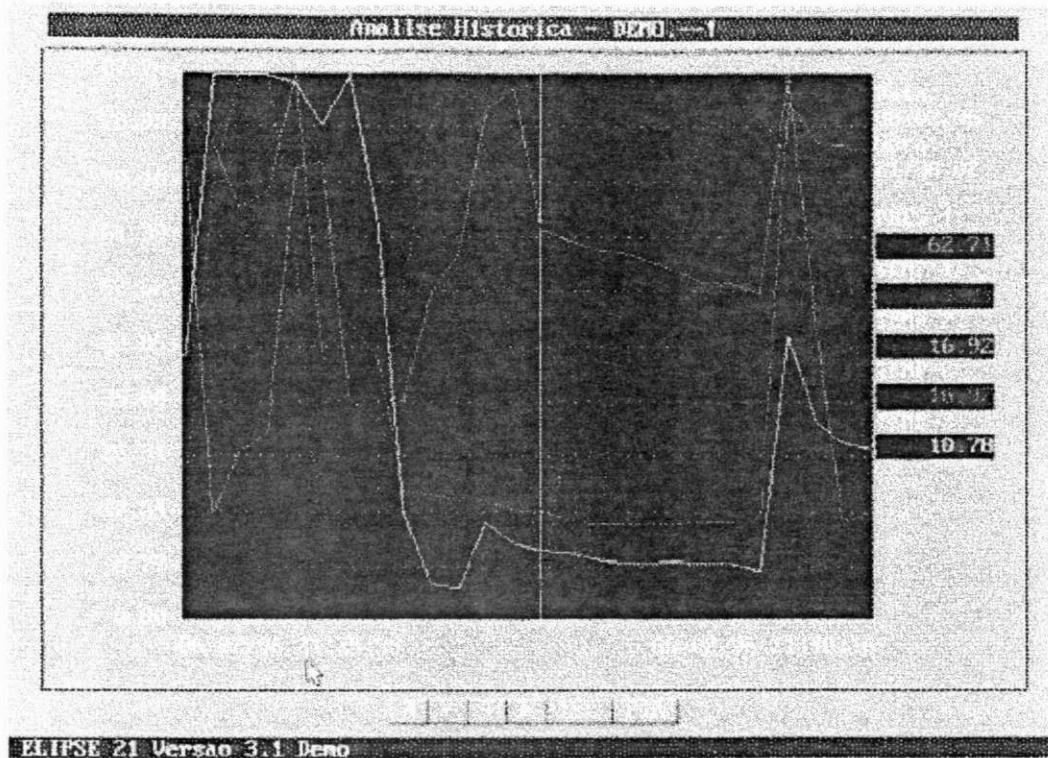


Figura 4.4: *Exemplo de gráfico de histórico típico, elaborado com o Elipse 21 (cedido pela Elipse Software).*

O gráfico de tendência é muito semelhante ao de histórico, pois apresenta o comportamento de variáveis em um determinado período de tempo recente, porém seu objetivo é diferente. O gráfico de histórico tem o objetivo de registrar comportamento de variáveis do processo em longos períodos de tempo para posterior análise ou auditoria. Já o gráfico de tendência apresenta o comportamento mais recente das variáveis, geralmente nos últimos segundos ou minutos; isto propicia uma apresentação bastante dinâmica do traçado, que está sendo freqüentemente atualizado, o que permite que o operador tenha a idéia de qual valor o traçado da variável tende a assumir nos próximos instantes (em tempo real).

4.1.6 Multimídia

Com a evolução de microprocessadores e o acesso mais barato a tecnologias de captação e reprodução de som e imagem, muitos dos programas supervisórios de versões mais recentes vêm acompanhados de ferramentas para tratamento de informação multimídia. Dentre as telas e/ou janelas com informações alfanuméricas e gráficas a respeito do processo supervisionado, tem-se a possibilidade de abrir uma janela com a imagem de localidades remotas do processo, tal como no circuito fechado de televisão mencionado no capítulo 2. Os programas que comportam tais ferramentas são, em geral, os que exigem mais recursos de hardware para serem executados, além de serem os mais caros existentes no mercado.

4.2 Fatores de otimização de interfaces homem-máquina industriais

A partir do estereótipo de interfaces homem-máquina industriais elaborado na seção anterior, esclareceram-se aspectos a serem otimizados na concepção de uma interface homem-máquina desta natureza, principalmente no que diz respeito à Qualidade, Produtividade e Segurança do Trabalho. Estes aspectos possibilitam uma melhor organização das diretrizes propostas neste trabalho.

A interface homem-máquina influencia na Qualidade e Produtividade a partir do momento em que sua operacionalização exija o mínimo de passos para a execução das ações e que não apresente ambiguidade em sua sintaxe. A interface homem-máquina deve possibilitar a troca de operadores (ex: troca de turno) sem provocar uma queda no desempenho e na confiabilidade da operação de supervisão. O mesmo se aplica no que diz respeito à substituição de um operador demissionário, pois o custo e o tempo de treinamento de um novo funcionário são vistos como um problema sério a ser resolvido pelo setor de recursos humanos das indústrias em geral.

A interface homem-máquina deve ter robustez para se adaptar a novas tecnologias que porventura venham a ser implementadas na planta industrial, de forma a não criar inconsistências no modo de operar o sistema supervisório. Isto repercute diretamente na produtividade e na segurança do trabalho, pois torna mais fácil a adaptação do funcionário às novas tecnologias, tornando sua mão-de-obra mais versátil.

Em quase todas as indústrias que passam a utilizar sistemas supervisórios em seus processos, tais sistemas passam a ser fiéis medidores do nível de produtividade da produção, chegando até a causar sérios problemas com sindicatos e empregados, a exemplo do caso da Siderúrgica Rio Grandense, em Porto Alegre/RS. A forma como foi apresentada a monitoração dos níveis de produção da indústria fez o corpo de funcionários se sentir vigiado, ao invés de ajudado pelo sistema supervisório. Este fato mostra quão abrangentes podem ser os efeitos da interface homem-máquina na boa conduta de um meio produtivo.

Qualidade e Produtividade são fatores que até certo ponto se confundem com Segurança do Trabalho. Em um momento de emergência, a interface homem-máquina deve oferecer meios eficazes de execução de procedimentos adequados a esta situação. O operador deve ter acesso a todas as ferramentas de tratamento de alarmes, com rapidez, precisão e eficiência. Procedimentos que parecem triviais na tela do computador que supervisiona o processo podem ter repercussões catastróficas sobre a planta industrial. Sendo assim, a interface deve realimentar o operador com as consequências de suas atitudes, em tempo real e de forma clara e objetiva.

Partindo destas idéias a respeito de Qualidade, Produtividade e Segurança do Trabalho, foram elaboradas as diretrizes apresentadas no próximo capítulo.

Capítulo 5

DIRETRIZES PARA PROJETOS DE INTERFACES HOMEM-MÁQUINA INDUSTRIAIS

Neste capítulo são apresentadas as diretrizes propostas para projetos de interfaces utilizadas na operação de softwares supervisórios, bem como suas respectivas explicações e algumas exemplificações.

A abrangência da utilização de softwares supervisórios torna praticamente impossível a criação de diretrizes que cubram todo seu espectro de uso. Sendo assim, foram consideradas algumas características comuns à maioria das interfaces desta natureza, mencionadas no capítulo anterior, sobre as quais estas diretrizes foram elaboradas.

As diretrizes aqui apresentadas foram elaboradas tomando como base quatro fontes de informação:

- publicações científicas nacionais e internacionais que tratam de diretrizes para projetos de interfaces homem-máquina de natureza genérica;

- conclusões tiradas a partir de visitas técnicas feitas a instalações industriais que fazem uso de sistemas supervisórios em seus processos;

- experiência profissional do autor deste trabalho, obtida em ambientes industriais equipados com sistemas supervisórios.

As diretrizes estão distribuídas, como pode ser visto a seguir, entre as principais fases associado ao projeto de interface homem-máquina. Onde cada fase mostra o conjunto de procedimentos e as sugestões de projetos, recomendados a serem seguidos.

As diretrizes 5.1 a 5.9 são diretrizes resultantes desta pesquisa, não tendo referência a nenhuma fonte bibliográfica; enquanto as diretrizes 5.10 a 5.14 foram compiladas de trabalhos de natureza semelhante a este [QUEIROZ 94] [SILVA93], os quais têm como principais fontes bibliográficas os autores: Ben Shneiderman [SHENEIDERMAN79] [SHENEIDERMAN82], Gregg Bailey [BAILEY93], W. O. Galitz [GALITZ85], L. Tetzlaff [TETZLAFF91] e [BEZERRA92].

Para facilitar consulta ao documento, listamos a seguir o conjunto de diretrizes propostas, com destaque àquelas que se originaram deste trabalho.

5.1 Estudos do processo industrial

5.1.1 Funcionamento do processo industrial

5.1.2 Arranjo físico

5.1.3 Sensoreamento

5.1.4 Principais variáveis envolvidas no processo

5.1.5 Ambiente de supervisão

5.2 Estudo da mão-de-obra envolvida na supervisão

5.2.1 Rotatividade no posto de operador

5.2.2 Grau de instrução

5.2.3 Tempo de serviço

5.2.4 Treinamento em informática

5.2.5 Fatores ergonômicos

5.2.6 Necessidades do operador

5.3 Determinação das telas da interface

5.3.1 Listar os requisitos de projeto

5.3.2 Classificar os tipos de interface requeridas

5.3.3 Agrupar as classes de interfaces

5.4 Navegação

5.4.1 Desenvolver uma estrutura de telas de fácil navegação

5.4.2 Prover a interface de navegação com manipulação direta

5.4.3 Prover a interface de instrumentos para rápida navegação

5.4.4 Cada tela deve ter título bem definido

5.4.5 Localizar o usuário dentro da estrutura de telas

5.5 Apresentação de telas

5.5.1 Sinóticos

5.5.1.1 Simplicidade na representação do processo industrial

5.5.1.2 Aproveitar o máximo de espaço disponível na tela

5.5.1.3 Enquadrar o sinótico de acordo com o arranjo físico da planta

5.5.1.4 Fazer uso das informações obtidas no estudo do processo industrial

5.5.1.5 Identificar adequadamente todos os elementos contidos no sinótico

5.5.1.6 Apresentação de dados consistente e eficiente

5.5.1.7 Otimização do uso do equipamento de apresentação de dados

5.5.1.8 Uso moderado da cor

5.5.1.9 Escolha de cores relacionadas com o plano perceptível

5.5.1.10 Permitir o uso de monitores monocromáticos

5.5.1.11 Consistência no uso da cor

5.5.1.12 Considerar o nível de luminosidade no ambiente de supervisão

5.5.1.13 Apreensão da atenção do usuário

5.5.1.14 Uso de comandos em telas de sinóticos

5.5.2 Emulação de equipamentos

5.5.2.1 Identificar adequadamente o equipamento

5.5.2.2 Apresentação simplificada da imagem do equipamento

5.5.2.3 Uso de cores relacionadas à realidade

5.5.2.4 Destaque em comandos simples

5.5.3 Tabelas

5.5.3.1 Evitar variações de forma, cor, tamanho e intensidade

5.5.3.2 Não definir tabela-relatório como instrumento de monitoração

5.5.3.3 Dispor apenas informações importantes para a supervisão

5.5.3.4 Apresentar dados agrupados

5.5.3.5 Contrastar de forma adequada os dados na tabela

5.5.4 Gráficos

5.5.4.1 Destacar e diferenciar adequadamente cada variável

5.5.4.2 Usar no máximo 8 cores

5.5.4.3 Oferecer meio de obter o valor das abcissas e das ordenadas

5.5.4.4 Apresentar *grid* de referência

5.5.4.5 Apresentar dados referentes ao gráfico

5.5.4.6 Relacionar claramente as variáveis às cores empregadas

5.5.4.7 Permitir um fácil controle dos parâmetros de análise

5.5.4.8 Usar fundo escuro

5.5.4.9 Permitir a manipulação das cores usadas nos gráficos

5.5.5 Listas

5.5.5.1 Oferecer ferramentas para fácil manipulação das listas

5.5.5.2 Apresentar cabeçalho completo

5.5.5.3 Diferenciar área de apresentação de dados

5.5.6 Multimídia

5.5.6.1 Identificar adequadamente a informação multimídia

5.5.6.2 Oferecer meios para localização da origem da informação multimídia

5.5.6.3 Sobrepor informações em imagens com moderação

5.6 Critérios de segurança de acesso

5.6.1 Criar níveis de hierarquia no acesso às funções do supervisor

5.6.2 Forçar confirmação de comandos críticos

5.6.3 Restringir acesso a dados relativos à produtividade e segurança

5.7 Uso do mosaico^{5.1}

5.7.1 Facilidade na criação do mosaico

5.7.2 Permitir o máximo de quatro janelas abertas

5.7.3 Criar critérios de abertura de janelas

5.7.4 Oferecer toda a flexibilidade encontrada em mosaicos

5.7.5 Oferecer fácil navegação entre as diferentes janelas abertas no mosaico

5.7.6 Destacar adequadamente a janela em uso

5.7.7 Oferecer meios de fácil expansão de uma janela

5.7.8 Hora e data devem ter posição de destaque

5.7.10 Características da área de trabalho devem ser ajustáveis pelo operador

5.8 Tratamento de alarmes

5.8.1 Definir uma janela referencial

5.8.2 Padronizar meio de apreensão da atenção do operador para o alarme

5.8.3 Apresentar lista de alarmes com diferencial de prioridade

5.8.4 Permitir ao usuário um versátil reconhecimento de alarmes

5.9 Tratamento de erros

5.9.1 Fornecer mensagem referente ao erro de forma adequada

5.9.2 Mostrar as conseqüências do erro cometido

5.9.3 Fornecer meio para fácil reconhecimento de mensagens de erro

5.9.4 Fornecer meios para fácil reversão das ações

5.10 Uso de mensagens

5.10.1 Reduzir o número de mensagens

^{5.1} Mosaico é a característica de interfaces gráficas que permite a manipulação de múltiplas janelas na tela da interface, com funções de arrastar, ampliar, reduzir, abrir e fechar janelas.

- 5.10.2 Elaboração de mensagens consistentes
- 5.10.3 Padronização na formatação visual da mensagem
- 5.10.4 Oferecer fácil reconhecimento à mensagem
- 5.10.5 Padronização da área de apresentação de mensagens
- 5.11 Entrada de dados
 - 5.11.1 Consistência nas ações de entrada de dados
 - 5.11.2 Otimização do processo de entrada de dados
 - 5.11.3 Minimização da sobrecarga da memória do usuário
 - 5.11.4 Compatibilização entre os processos de entrada e de apresentação de dados
- 5.12 Formatação de menus
 - 5.12.1 Organização na estrutura do menu
 - 5.12.2 Posicionamento do usuário na organização da estrutura
 - 5.12.3 Controle das ações pelo usuário
 - 5.12.4 Familiaridade, consistência e distinção da terminologia
 - 5.12.5 Completude e concisão
 - 5.12.6 Destaque adequado de letras associadas a mneumônicos
- 5.13 Uso de abreviações
 - 5.13.1 Evitar o uso de abreviações
 - 5.13.2 Uso de abreviações padrões de outros contextos
 - 5.13.3 Consistência fonética das abreviações
 - 5.13.4 Emprego do truncamento de palavras
 - 5.13.5 Preferência por abreviações de tamanho fixo
 - 5.13.6 Eliminar terminações
- 5.14 Documentação *on-line* e *off-line*
 - 5.14.1 Compilação convencional das características do sistema
 - 5.14.2 Redação de documentação eletrônica para o sistema
 - 5.14.3 Modelagem semântica versus estruturação sintática
 - 5.14.4 Apresentação de diagramas de transição completos

5.14.5 Preparação das facilidades eletrônicas informativas

5.14.6 Organização da documentação e estilo de escrita

5.1 Estudos do processo industrial

Uma premissa básica para o desenvolvimento otimizado de uma interface homem-máquina para aplicação no chão-de-fábrica é o conhecimento básico do projetista sobre o processo no qual está se instalando o supervisor. O estudo que leva a este conhecimento consiste nas seguintes etapas:

- revisão bibliográfica, quando toda a documentação técnica pertinente deve ser consultada, de forma a dar ao projetista da interface um conhecimento preliminar sobre o funcionamento do processo industrial a ser supervisionado;

- visita ao ambiente de produção, onde o projetista da interface deve coletar informações do processo, o que apenas uma vistoria *in loco* torna possível, tais como aspectos de segurança do trabalho, imagem perceptível do processo e fenômenos físicos existentes (ruído, calor, fumaça, etc.).

- entrevista com os usuários em potencial da interface a ser projetada, com o objetivo de captar informações sobre a imagem que estes usuários tenham sobre o processo e que possa ter passado despercebida nas etapas anteriores.

Este levantamento de dados acerca do processo industrial deve cobrir um conjunto de aspectos mínimo para um melhor desenvolvimento de outras etapas da elaboração da interface. Alguns aspectos básicos que devem ser notados nesta fase do trabalho estão relacionados abaixo:

5.1.1 Funcionamento do processo industrial

Ter em mente o funcionamento do processo industrial, mesmo que este conhecimento se limite ao plano conceitual, é indispensável para o desenvolvimento da

interface do operador. O conhecimento sobre as entradas e saídas, insumos, pontos críticos, técnicas de produção e tempos do processo é um elemento básico na elaboração da interface de todas as funcionalidades elementares de um supervisor.

O domínio do funcionamento dos sistemas de controle do processo, especificamente os PC (*Programmable Controllers*), pode ajudar na elaboração de interfaces de supervisórios usados como terminal remotos de equipamentos. É com o uso de terminais remotos deste tipo que se emula a operação *in loco* de um equipamento remoto através do supervisor; por exemplo a manipulação de um PC.

5.1.2 Arranjo físico

O conhecimento do arranjo físico do processo por parte do projetista da interface industrial tem importância crucial na elaboração do sinótico do processo industrial, principalmente quando se trata de supervisão local de processos de tamanho muito grande ou de concentrador de processos distribuídos. O arranjo físico deve ser estudado em documentação e averiguado pessoalmente pelo projetista da interface, pois características como: cores, alturas, tamanhos e formas tridimensionais, são importantes na constituição da imagem deste projetista sobre o processo, fornecendo ao mesmo subsídios para aproximar a imagem, nos planos perceptível e conceitual, deste sinótico à imagem do operador sobre o processo.

5.1.3 Sensoreamento

Em alguns tipos de processos industriais o levantamento da localização dos pontos de sensoreamento, ou dos principais, em relação ao arranjo físico do processo, oferece ao projetista da interface a possibilidade de elaborar sinóticos com esquematização do processo utilizando recursos de animação. Isto permite a visualização da variação de uma grandeza física do processo, como nível de um tanque ou

posicionamento de um elemento em movimento, não apenas em termos numéricos, mas também na própria imagem do sinótico.

5.1.4 Principais variáveis envolvidas no processo

O conhecimento das principais variáveis envolvidas no processo é muito importante na elaboração de gráficos de tendências e relatórios automáticos; geralmente estas variáveis estão relacionadas com a segurança do processo industrial, qualidade do produto ou produtividade da operação, sendo, portanto, alvo das atenções no trabalho de operação do processo. A determinação das principais variáveis, sua utilização e o nível crítico que representam para o processo, ajudam na tomada de decisões sobre a determinação da informação, seu destino e seu formato na interface homem-máquina.

5.1.5 Ambiente de supervisão

Existem algumas características do ambiente de supervisão que devem ser notadas para que façam parte dos parâmetros de elaboração da interface do operador. A localização deste ambiente em relação ao processo, que determina o grau de visão direta e indireta (como uso de circuito interno de TV) que o operador tem sobre o mesmo, a iluminação e o nível de poluição sonora na sala de supervisão, são aspectos que devem ser observados pelo projetista para futuras tomadas de decisão na elaboração da interface industrial.

5.2 Estudo da mão-de-obra envolvida na supervisão

O conhecimento do perfil e necessidades do usuário é outro ponto importante no projeto de interfaces industriais. O operador não pode ser considerado como um usuário de computador qualquer; ele tem características peculiares que influenciam bastante na usabilidade⁵ de uma interface, e, portanto, devem ser cuidadosamente levantadas.

⁵ Usabilidade de interface define a capacidade de uso desta interface dentro de determinados padrões de qualidade de operação da mesma.

As informações sobre o operador do sistema supervisorio, podem ser obtidas através de entrevista no departamento de pessoal da empresa e com o seu superior imediato. Alguns aspectos a serem levantados estão relacionados a seguir:

5.2.1 Rotatividade no posto de operador

Informação que pode ser colhida no departamento pessoal da empresa, tem importância sobre a política de levantamento de dados junto ao corpo de operadores do processo industrial em estudo, fazendo com que aspectos inerentes a estes operadores influam em maior ou menor grau nas tomadas de decisão no projeto da interface. A rotatividade de operadores sendo alta, o que não é comum, permite que o projetista da aplicação desenvolva a interface de forma mais independente do perfil dos operadores do sistema de supervisão.

5.2.2 Grau de instrução

O grau de instrução dos operadores é um fator que tem influência na complexidade da semântica utilizada na interface da aplicação. Quanto maior for o grau de instrução do operador, mais complexa poderá ser a interface do supervisorio. Outras características que podem ser deduzidas desta informação são a capacidade do operador se adaptar à novas rotinas de trabalho e aceitar novos paradigmas, bem como o tipo de treinamento e de documentação a serem aplicados no processo de automação.

5.2.3 Tempo de serviço

O tempo de serviço do operador na função de supervisão do processo industrial também repercute na capacidade de adaptação às novas rotinas de trabalho e na aceitação de novos paradigmas. Quanto maior for o tempo de trabalho no posto, maior será a resistência do operador a mudanças na operação de supervisão.

5.2.4 Treinamento em informática

Quanto melhor for o treinamento em informática dado ao operador, mais fácil torna-se a adaptação ao sistema de supervisão informatizado; além de proporcionar uma maior facilidade na aceitação do uso de dispositivos de entrada e saída de dados, como monitores, teclado, *mouse*, impressoras, etc.

O tipo de dispositivo de entrada de dados que este operador esteja acostumado a utilizar, associado ao seu grau de instrução, tem grande influência na capacidade de adaptação a outros dispositivos. O operador que sempre utilizou teclado para manipular e entrar com dados em computador tem uma dificuldade maior de assimilar o uso de *mouse* ou de *tracker-ball* do que um operador que nunca utilizou qualquer tipo de dispositivo^{5.3}.

5.2.5 Fatores ergonômicos

Ergonomia é um fator crucial dentre os apresentados até agora, portanto não pode deixar de ser levada em conta. Características físicas dos operadores, como: limitações de visão e/ou audição e coordenação motora na manipulação de teclado, devem influenciar em características do projeto da interface, como: projeto de telas, apresentação de dados, apreensão da atenção do operador através de métodos visuais ou sonoros, definição de teclas para o uso macros, etc. São características que estão intimamente relacionadas com segurança do trabalho, que podem ser decisivas em um momento emergencial.

^{5.3} A afirmativa sobre o operador de sistemas supervisórios ser mais resistente ao uso do *mouse* quando já tem costume no uso de outros dispositivos de entrada de dados, como teclado, foi uma conclusão obtida durante o desenvolvimento desta pesquisa, por intermédio de entrevistas com profissionais que trabalham na área de projetos de sistemas supervisórios.

5.2.6 Necessidades do operador

O levantamento das necessidades do operador não é uma tarefa simples, principalmente porque depende da facilidade que o operador encontra para expor suas necessidades em termos de interface homem-máquina, e variam com o grau de instrução e com seu tempo de serviço. Apesar disso, esta tarefa é relevante, pois o objetivo maior do projeto da interface do operador é oferecer um produto que seja operado com qualidade, segurança e produtividade; características difíceis de alcançar sem a ajuda do usuário final da interface. O operador tem a capacidade de mostrar ao projetista aspectos relevantes ao projeto que apenas pessoas que trabalham no processo industrial podem fazê-lo.

5.3 Determinação das telas da interface

A determinação do número de telas da interface tem o objetivo de se otimizar a distribuição das informações na rede de telas que compõem um projeto desta natureza. Este número deve seguir algumas diretrizes com o objetivo de resguardar a produtividade e a segurança do uso das telas.

5.3.1 Listar os requisitos de projeto

Relacionar os requisitos de interfaces do projeto, assegurando que reflitam as necessidades técnico-operacionais da planta em estudo, bem como dos usuários da interface, espelhando o ambiente de trabalho e as tarefas executadas no dia-a-dia neste ambiente.

5.3.2 Classificar os tipos de interface requeridas

As telas de interface requisitadas pelo sistema cujo controle está se automatizando devem ser classificadas e identificadas, a priori, dentro de um dos tipos de telas típicas de IHM de programas supervisórios já mencionados: sinóticos, emulação de

equipamentos, tabelas de dados, gráficos, listas ou telas de multimídia. Esta classificação tem o objetivo de estruturar o projeto, de forma a tornar possível o uso destas diretrizes no desenvolvimento da interface.

5.3.3 Agrupar as classes de interfaces

O agrupamento das diferentes classes de interface requisitadas pelo processo a ser automatizado consiste na definição das telas relativas à execução de cada tarefa da operação industrial e na hierarquização destas telas.

No caso de sinóticos é recomendável o uso de uma tela para cada sistema envolvido no processo, não misturando numa mesma tela os sinóticos do processo com o do sistema de fornecimento de energia e/ou com o sistema de injeção de insumos no processo, por exemplo.

As tabelas que lidam com dados atualizados em tempo real devem ser apresentadas em telas separadas das tabelas que montam relatórios de produção, as quais são comumente usadas pela gerência para controle periódico da produção.

As telas de gráficos, listas e multimídia são agrupadas de acordo com as necessidades de cada processo, não havendo, portanto, qualquer recomendação em especial para o agrupamento destas classes.

A relação de telas definidas no agrupamento de classes deve ser hierarquizada, de modo a orientar o projetista nos caminhos a serem definidos na navegação entre as telas da interface. A hierarquia das telas deve seguir critérios básicos:

- quanto maior for a relação da tela com a operação em tempo real, maior deverá ser a sua prioridade, deixando assim as telas relacionadas com tarefas rotineiras e esporádicas, como relatório de bateladas, com uma menor prioridade;

● as telas relacionadas diretamente com o processo industrial, como sinótico do processo e lista de alarmes, devem ter uma prioridade maior que as telas relacionadas indiretamente, como sinóticos do sistema de distribuição de energia ou emulação de equipamentos de apoio ao processo;

5.4 Navegação

A navegação pelo conjunto de telas definidos na fase anterior tem importância substancial na segurança e produtividade da operação da interface do supervisor. Em interfaces compostas por um número grande de telas, o operador deve se sentir seguro no sentido de se localizar dentro da estrutura de telas, bem como em chegar eficazmente à tela desejada, principalmente em casos de emergência.

As diretrizes para a navegação são bastante influenciadas pelo tipo de dispositivo de manipulação de dados no terminal de computador: manipulação direta^{5.4}, por comando, com uso de macros, etc. O uso do teclado como dispositivo de manipulação de dados é o mais disseminado nas indústrias que usam algum tipo de supervisor de um modo geral, desta forma aqui estão apresentadas diretrizes para a navegação com o uso do teclado e com o uso de manipulação direta, a qual tem perspectiva de se tornar mais difundida neste tipo de uso nos próximos anos.

5.4.1 Desenvolver uma estrutura de telas de fácil navegação

A estrutura das telas da interface deve ser a mais simples possível, evitando ramificações desnecessárias na mesma. A organização das telas de forma hierarquizada deve orientar a estruturação das mesmas de forma a proporcionar uma navegação otimizada, ou seja, rápida e de simples localização dentro da estrutura.

^{5.4} Manipulação direta é caracterizada pela manipulação de objetos que compõem a tela com o uso do mouse [MAYHEW92] [SHNEIDERMAN79].

5.4.2 Prover a interface de navegação com manipulação direta

A manipulação direta é um dos meios de se obter um meio de navegação seguro e que proporciona fácil aprendizagem de operação de supervisão. Uma necessidade básica às telas de uma interface homem-máquina desta natureza é a presença de uma barra de botões, com localização fixa em qualquer tela da interface, que permita navegação pela estrutura de telas com o uso de *mouse* ou *track-ball* como dispositivo de entrada de dados. É imprescindível que o espaço reservado a cada botão contenha informação, através de ícone ou palavra, a respeito de sua respectiva função. Alguns cuidados devem ser tomados no uso da manipulação direta:

- dar destaque ao cursor, qualquer que seja sua forma, ao longo da tela, de forma que o usuário não tenha dificuldade de encontrá-lo na tela e que sua atenção não seja desviada das ações desenvolvidas na manipulação direta na tela;
- no uso de ícones para compor a barra botoeira^{5.5} ou qualquer outra parte da tela, tomar cuidado na definição dos mesmos, de modo que sejam simples, claros, facilmente reconhecíveis, distinguíveis e associados aos objetos os quais representam;
- usar como forma de deslocamento do cursor dispositivos naturais, como teclas de setas, *mouse*, *joysticks*, etc., evitando operadores de comandos sob formas sintáticas geralmente complicadas e de difícil memorização para os usuários.

5.4.3 Prover a interface de instrumentos para rápida navegação

A navegação na estrutura de telas da interface deve ser provida de meios que permitam uma navegação mais rápida que a obtida com manipulação direta. O uso de

^{5.5} Barra botoeira é a denominação para a área da tela da interface onde são posicionados os botões com seus respectivos ícones e/ou respectivos títulos.

macros e linguagem de comandos são estilos de manipulação rápida de interface mais indicados para proporcionar rápida navegação.

No desenvolvimento de meios de rápida navegação, o projetista deve ter em mente algumas considerações a respeito dos mesmos:

- deve estar clara a relação dos botões utilizados na manipulação direta e as teclas usadas pelas macros das respectivas funções;
- apenas as funções de navegação mais importantes para segurança e produtividade do trabalho devem ter macros disponíveis, pois o uso generalizado pode comprometer a segurança do trabalho de supervisão industrial;
- uma área com posicionamento fixo em todas as telas que permitirem navegação com uso de linguagem de comandos deve ser fornecida na interface;
- é conveniente o fornecimento de uma tecla padronizada, como por exemplo a tecla ESC, para a reversão do último passo tomado na navegação, como forma de correção rápida de ação de navegação incorreta.

5.4.4 Cada tela deve ter título bem definido

Cada tela deve ter título, na medida do possível conciso, diferenciado dos demais, apresentado de forma clara e destacada na tela, e de preferência que tenha ligação com o referido processo ou tarefa real.

5.4.5 Localizar o usuário dentro da estrutura de telas

Dar retorno ao usuário sobre onde ele está dentro da estrutura de telas que compõe a interface, principalmente se esta interface é de um sistema complexo, é primordial para sua segurança de operação, além do mais é uma característica interessante para a otimização do treinamento de novos operadores da interface.

A apresentação da informação referente à localização da tela em apresentação na estrutura de telas da interface deve ser posicionada no mesmo lugar em todas as telas. A terminologia utilizada deve ser concisa, consistente, familiar ao operador da interface e facilmente distinguível.

5.5 Apresentação de telas

Nesta seção são apresentadas algumas recomendações sobre a forma de apresentar dados na tela. Como estamos tratando de dados de naturezas diferentes, as recomendações são agrupadas por cada tipo de tela discutidas anteriormente: sinóticos, emulação de equipamentos, tabelas, gráficos, listas e multimídia. Ainda são apresentadas recomendações sobre a forma de se lidar com o mosaico do ambiente gráfico, onde geralmente o tipo de software supervisor em foco costuma ser executado.

5.5.1 Sinóticos

5.5.1.1 Simplicidade na representação do processo industrial

O sinótico deve ser elaborado com simplicidade, evitando sobrecarregar a tela, dispensando a apresentação de detalhes não importantes para tal; porém não se deve abrir mão da integridade técnica do esquema, que deve apresentar todos os elementos indispensáveis ao trabalho de supervisão de uma planta. O domínio cognitivo por parte dos operadores deve nortear o trabalho de construção deste tipo de tela.

5.5.1.2 Aproveitar o máximo de espaço disponível na tela

O esquema da planta deve ser elaborado de forma a aproveitar o máximo de espaço a este dedicado, pois isto significa proporcionar objetos de maior tamanho à interface, e, conseqüentemente, de maior compreensibilidade.

5.5.1.3 Enquadrar a sinótico de acordo com o arranjo físico da planta

Procurar enquadrar o sinótico na tela com o mesmo posicionamento que a planta monitorada tem em relação ao posicionamento do ambiente de supervisão. Isto é muito importante principalmente em supervisão de processos onde é empregada a visualização direta do processo. Vale salientar que nem sempre isto é possível e às vezes esta recomendação entra em choque com a anterior.

5.5.1.4 Fazer uso das informações obtidas no estudo do processo industrial

Na constituição de objetos da tela do sinótico, o projetista deve usar informações obtidas no estudo do processo industrial: tamanhos, cores, formas, distâncias; isto ajuda a aproximar o plano conceitual do operador ao plano perceptivo que este irá formar daquela interface.

5.5.1.5 Identificar adequadamente todos os elementos contidos no sinótico

A identificação adequada dos elementos que compõem a tela do sinótico tem importância fundamental para a segurança do trabalho, uma vez que é comum o uso do mesmo tipo de equipamento em diversos pontos da planta. Estes equipamento são diferenciados por *Tags* (etiquetas) que devem estar bem visíveis no sinótico.

5.5.1.6 Apresentação de dados consistente e eficiente

Padronizar a apresentação de dados alfa-numéricos que porventura façam parte do sinótico, como *tags*, valor de variáveis, títulos de objetos, unidades, etc. Esta

apresentação deve ser feita de forma familiar ao operador, ser resumida ao essencial e, se necessário, vir acompanhada de apresentação gráfica, o que é recomendado.

5.5.1.7 Otimização do uso do equipamento de apresentação de dados

O projetista da interface deve ter em mente o tipo de equipamento a ser usado na apresentação de telas no sistema, de forma que tome decisões com o objetivo de otimizar a utilização daquele equipamento.

5.5.1.8 Uso moderado da cor

Não é recomendado o uso de mais de 6 cores nas telas de sinóticos [SILVA94], pois o uso exagerado de cores pode comprometer a capacidade de inteligibilidade e de manipulação da interface, diminuindo a produtividade e segurança do trabalho de supervisão.

5.5.1.9 Escolha de cores relacionadas com o plano perceptível

As cores usadas no sinótico devem espelhar, na medida do possível, a realidade da planta industrial, permitindo uma melhor assimilação do mesmo por parte do usuário. Como fundo das telas de sinóticos é recomendada uma cor neutra e escura, de forma a realçar melhor as demais cores que estarão sendo usadas na representação de objetos reais da planta.

5.5.1.10 Permitir o uso de monitores monocromáticos

Embora haja perspectivas de monitores monocromáticos se tornem obsoletos mesmo em ambientes industriais, é importante para o projetista que seja levada em conta um eventual uso de um monitor monocromático na supervisão do sistema, de forma que a interface deve ter robustez para suportar tal evento.

5.5.1.11 Consistência no uso da cor

Em diferentes sinóticos do mesmo sistema deve haver consistência na associação de cores a objetos reais, de modo a não criar confusão na percepção do operador. A constituição de uma documentação *off-line* a respeito dos critérios de codificação de cores é recomendada.

5.5.1.12 Considerar o nível de luminosidade no ambiente de supervisão

Quanto maior for o nível de luminosidade no ambiente de supervisão, menor será a percepção à cor, sendo assim a observação ao nível de luminosidade no ambiente de supervisão serve como importante subsídio na determinação do uso de matiz na interface.

5.5.1.13 Apreensão da atenção do usuário

Dentre as diversas técnicas de apreensão da atenção do usuário, para uso em tela de sinótico no sentido de se chamar atenção para uma determinada parte da tela ou para um objeto em específico, são recomendadas as seguintes:

- aumento da intensidade luminosa;
- pisca-pisca, apenas em objetos gráficos, jamais em informações alfanuméricas;
- mudança de cor, apenas em telas em que não são usadas mais que três cores, e a mudança deve ser feita para uma que não já esteja apresentada na tela;
- uso de efeito sonoro, com exceção em ambientes onde a poluição sonora inviabilize tal uso.

Vale salientar que não é recomendada mudança de tamanho, cor ou intensidade de informação alfa-numérica contida em sinóticos, pois isto prejudica a percepção do operador sobre as informações do mesmo, diminuindo a segurança do trabalho.

5.5.1.14 Uso de comandos em telas de sinóticos

Os comandos disponíveis nas telas de sinóticos devem estar bem definidos no arranjo da tela, tal como a botoeira de navegação, permitindo uma fácil localização dos botões referentes a estes comandos. Caso o sinótico exija muitos comandos referentes a objetos inseridos no mesmo, recomenda-se uso de função *pop-up*, ou seja, com o *mouse*, o operador seleciona o objeto para o qual deseja enviar o comando, fazendo surgir uma janela com todos os comandos referentes ao mesmo.

5.5.2 Emulação de equipamentos remotos

No caso em que se deseja emular equipamento remoto com o uso da imagem que este equipamento oferece ao operador, deve-se tomar algumas precauções:

5.5.2.1 Identificar adequadamente o equipamento

A identificação do equipamento que se emula deve ser feita de tal forma a diminuir ao máximo o risco de se dar um comando num equipamento por engano, o que não é tão difícil quando se pode emular qualquer um de dezenas de CLP que possam existir numa planta.

5.5.2.2 Apresentação simplificada da imagem do equipamento

A imagem do equipamento deve ser mostrada na tela com o mínimo de detalhes necessários para eficiente reprodução desta imagem no plano perceptivo do operador e para o domínio de todas as funções necessárias daquele equipamento.

5.5.2.3 Uso de cores relacionadas à realidade

Na medida do possível e do plausível, usar cores que correspondam à realidade da imagem do equipamento. As restrições no uso da cor são as mesmas relatadas nas diretrizes de concepção de sinóticos.

Deve-se ter em mente que, muitas vezes, a equipe que trabalha na sala de supervisão do processo é a mesma que faz manutenção preditiva, preventiva e/ou corretiva; o uso de formas, cores e tamanhos relacionados com a realidade faz com que o operador se familiarize com a tela e faça a relação entre seus atos diante da interface e as conseqüências destes atos com maior facilidade.

5.5.2.4 Destaque em comandos simples

Equipamentos emulados que tenham chaves, potenciômetros, comutadores, etc. podem ter estes comandos representados de modo um pouco diferenciado no que diz respeito ao tamanho ou forma para facilitar a ação de dispositivos de manipulação direta; é o caso de se aumentar a área de um botão ligar, por exemplo, para que seja mais fácil, com o uso do *mouse*, ou *track-ball*, acionar aquele botão.

5.5.3 Tabelas

5.5.3.1 Evitar variações de forma, cor, tamanho e intensidade

As variações de forma, cor, tamanho e intensidade devem ser reservadas para destaque de alguma informação importante que mereça tal destaque, como: variáveis críticas para segurança da planta, variáveis que saiam da faixa estipulado, etc.

5.5.3.2 Não definir tabela-relatório como instrumento de monitoração

Deve-se evitar a definição de tabelas utilizadas para confecção de relatórios periódicos, de uso burocrático, para fazer no acompanhamento do comportamento da

planta. Geralmente os relatórios são organizados de forma inconveniente para servir de monitor de variáveis, pois contém mais variáveis que o necessário para tal, dispostas de maneira inadequada e, por ser uma tabela relatório, sem as possibilidades de destaque que uma tabela dedicada à monitoração possui, aumenta sua inadequação.

5.5.3.3 Disponibilizar apenas informações importantes para a supervisão

Não é aconselhado constituir tabelas com um número demasiado grande de dados. Deve-se restringir ao mínimo necessário, de forma a dar mais espaço para sua apresentação na tela.

5.5.3.4 Apresentar dados agrupados

É recomendado, salvo se houver necessidade do contrário, o agrupamento de variáveis afins, e que a seqüência de apresentação esteja de acordo com o comportamento operacional do processo; por exemplo: uma maior injeção de combustível no forno aumenta a sua temperatura, que aumenta a pressão no tubo de aquecimento, que aumenta a força sobre a válvula de controle; então sugere-se que estes dados sejam agrupados na mesma seqüência do comportamento físico do sistema.

5.5.3.5 Contraste de forma adequada os dados na tabela

Procurar usar cores e intensidades adequadas para a boa leitura do que está escrito na tabela, de forma a não tornar as informações contidas na tela incômodas à visão. Afinal é comum o operador do sistema supervisório necessitar passar até horas observando uma tela de supervisório, espera-se portanto que esta tela tenha a melhor adequação ergonômica possível.

5.5.4 Gráficos

5.5.4.1 Destacar e diferenciar adequadamente cada variável

Como é comum o uso de gráficos com a apresentação de várias variáveis, é recomendado o adequado destaque e diferenciação de cada variável traçada. O uso de cores distintas para cada uma das variáveis e, se necessário for, de traços distintos são meios que podem garantir a segura distinção das mesmas.

5.5.4.2 Usar no máximo 8 cores

Deve-se limitar o número de cores usadas na constituição do gráfico em 8 cores, não apenas no que diz respeito às cores usadas para diferenciar as variáveis traçadas, mas também em relação aos demais elementos da tela.

5.5.4.3 Oferecer meio de obter o valor das abscissas para dado valor das ordenadas

Diante da necessidade em potencial de se medir precisamente o valor das variáveis apresentadas no gráfico em relação a um valor no eixo das ordenadas, torna-se necessária a oferta de uma ferramenta que permita tal feito com facilidade. É recomendada uma barra vertical deslizante no eixo das ordenadas que tenha o valor de sua interceptação com cada linha do gráfico apresentada ao lado do gráfico, mostrando assim o valor de cada variável sobre aquele eixo móvel, como apresentado na figura 5.1.

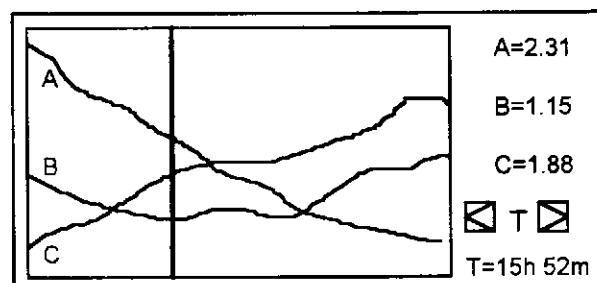


Figura 5.1: *Esboço da diretriz 5.5.4.3*

5.5.4.4 Apresentar grade de referência

Mesmo diante do fornecimento do recurso apresentado no item anterior, é recomendada a apresentação de grade de referência, para orientar a leitura do gráfico em ocasiões que seja dispensada uma maior precisão na obtenção dos valores das variáveis, como pode ser visto na figura 5.2.

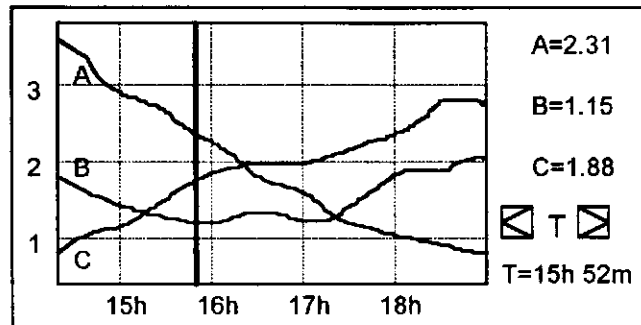


Figura 5.2: *Esboço da diretriz 5.5.4.4*

5.5.4.5 Apresentar dados referentes ao gráfico

Cada gráfico apresentado deve conter informações básicas referentes ao gráfico, como título, horário de obtenção dos dados apresentados, intervalo de amostragem apresentada, variáveis envolvidas, etc.

5.5.4.6 Relacionar claramente as variáveis às cores empregadas

Na apresentação das variáveis representadas no gráfico, deve ficar bem clara a relação existente entre cada uma das variáveis e seus respectivos traços. Recomenda-se que o nome da variável seja apresentado com a mesma cor do traço correspondente e/ou surgindo na altura do eixo das abscissas onde o respectivo traço surge. Um exemplo desta diretriz pode ser visto na figura A7 (Apêndice A), onde as linhas referentes a cada variável do gráfico têm cores a estas relacionadas.

5.5.4.7 Permitir um fácil controle dos parâmetros de análise

A interface deve permitir a fácil manipulação dos parâmetros envolvidos no gráfico: mudanças no intervalo de amostragem ou na escala de amplitude da análise, recurso *zoom*, fácil inserção e deleção de variáveis, mudança de cor dos traços, etc.

5.5.4.8 Usar fundo com pouco brilho

É recomendado o uso de fundo pouco brilho pois isto dá maior destaque às informações gráficas e proporciona um maior conforto à visão do operador da interface. Esta característica colabora com a segurança do trabalho em dois aspectos: dá maior segurança na leitura de valores na tela, e evita cansaço da vista do operador do supervisor.

5.5.4.9 Permitir a manipulação das cores usadas nos gráficos

As janelas de gráficos devem permitir ao operador a escolha de cores usadas no traçado dos gráficos. Para que esta facilidade não seja usada inadequadamente, com o uso de cores de matiz semelhante, basta que as cores disponíveis sejam todas de matizes diferentes entre si.

5.5.5 Listas

5.5.5.1 Oferecer ferramentas para fácil manipulação das listas

Deve-se fornecer meios para que o usuário manipule facilmente os elementos contidos na lista, como: barra de rolagem (horizontal e vertical) para ser possível navegar pela lista com facilidade; fácil inserção e deleção de dados da lista; e seleção de sequência de itens de lista de alarme por prioridade, ordem alfabética ou horário de entrada de dados, o que permite que o operador do sinótico organize os dados da lista de diferentes formas.

5.5.5.2 Apresentar cabeçalho completo

Todas as informações referentes à lista devem estar constantemente apresentadas na tela, independente de onde se está dentro da lista.

5.5.5.3 Diferenciar área de apresentação de dados

A área de apresentação de dados deve ser destacada do cabeçalho, de forma que seja facilmente identificada.

5.5.6 Multimídia

5.5.6.1 Identificar adequadamente a informação multimídia

A janela com informação multimídia deve ser devidamente identificada para evitar possíveis confusões com outras janelas que porventura também façam parte da interface do supervisor.

5.5.6.2 Oferecer meios para localização da origem da informação multimídia

É interessante que sejam oferecidos meios para a localização da origem da informação multimídia dentro da croqui da planta monitorada para efeito de melhor treinamento de novatos na operação do supervisor.

5.5.6.3 Sobrepor informações em imagens com moderação

No caso do uso de superposição de informações em imagem usada na supervisão, moderar este uso, de forma a não prejudicar a informação multimídia.

5.6 Critérios de segurança de acesso

5.6.1 Criar níveis de hierarquia no acesso às funções do supervisor

Com a operação de supervisão podendo ser feita por diferentes operadores de uma mesma turma, com diferentes níveis de responsabilidade, capacitação e hierarquia, deve ser fornecida uma ferramenta de diferenciação no acesso às funções do supervisor, principalmente no que concerne a entrada de dados e comandos.

5.6.2 Forçar confirmação de comandos críticos

Comandos com conseqüências de maior importância para o funcionamento e segurança da planta devem ser aceitos apenas após apresentação de janela com pedido de confirmação de comando e até mesmo de senha, dependendo do seu grau de importância para a segurança do trabalho.

5.6.3 Restringir acesso a dados relativos a produtividade e segurança

É importante o cuidado que se deve ter com instrumentos que o supervisor use na auditoria de produção e/ou operação, para que estes instrumentos não possam ser acessados por qualquer funcionário senão aquele autorizado para tal.

5.7 Uso do mosaico

5.7.1 Facilidade na criação do mosaico

O sistema deve oferecer facilidade na mudança do uso de janela única para uso de mosaico, de forma a não tomar muito tempo nesta operação.

5.7.2 Permitir o máximo de quatro janelas abertas

É recomendada a limitação do número de janelas que possam ser abertas pelo operador a quatro janelas, já que para a atividade de supervisão a abertura de um número

maior de janelas torna ínfimo o espaço a elas destinado, impossibilitando a representação inteligível das informações.

5.7.3 Criar critérios para abertura de janelas

O sistema deve administrar a abertura de janelas a partir de certos critérios, como o espaço que o operador destina a cada janela, que deve ser o mínimo suficiente para permitir a operação do supervisor.

5.7.4 Oferecer toda a flexibilidade encontrada em mosaicos

Toda a flexibilidade de forma, tamanho e deslocamento oferecido pelo mosaico do Windows deve ser oferecido ao mosaico do sistema, com a restrição citada no item anterior.

5.7.5 Oferecer fácil navegação entre as diferentes janelas abertas no mosaico

Deve ser providenciada fácil navegação entre diferentes janelas montadas no mosaico, inclusive com o uso de teclas (macros), para que o operador não perca tempo nem concentração para mudar de janela.

5.7.6 Destacar adequadamente a janela em uso

A janela em uso deve ser adequadamente destacada das demais que não estão ativas, de modo a não causar equívocos na operação.

5.7.7 Oferecer meios de fácil expansão de uma janela

Do mesmo modo que deve ser oferecido fácil mecanismo de criação do mosaico, deve ser fornecido meio de fácil reversão do mesmo, com a ampliação de qualquer uma das janelas do mosaico para a ocupação de toda a tela.

5.7.8 Hora e data devem ter posição de destaque

Mesmo que uma tela seja dividida em janelas diferentes, a hora e data devem ter posição de destaque na tela, de forma a não fazer com que o operador necessite de maiores esforços para checar esta informação, usada como referência em qualquer registro *off-line* de eventos durante a operação.

5.7.10 Características da área de trabalho devem ser ajustáveis pelo operador

Características, como a velocidade de movimentação e de duplo posicionamento do *mouse* ou *tracker-ball*, e a taxa de intermitência do cursor (frequência em que o cursor pisca na tela), devem ser ajustáveis pelo operador, de forma a proporcionar maior conforto e agilidade na operação do sistema.

5.8 Tratamento de alarmes

5.8.1 Definir uma janela referencial

Uma janela referencial para onde se possa facilmente deslocar em caso de alarme, e de onde se possa facilmente deslocar para qualquer outra janela, pode ser um bom instrumento para navegação em caso de emergência. Esta janela pode ser o sinótico da planta monitorada, que poderia ser acessado através de uma macro de qualquer outra janela da interface. A forma de navegação para esta janela referencial deve ser simples e padronizada, como o uso da tecla F12, por exemplo.

5.8.2 Padronizar um meio de apreensão da atenção do operador para o alarme

Na ocorrência de um alarme, o operador deve ser avisado imediatamente, onde quer que esteja, de forma padronizada; algumas características recomendadas para apreensão da atenção do operador são apresentadas abaixo:

- apresentação de janela de aviso de alarme padrão, contendo as características peculiares de uma janela de alarme e as informações a respeito do mesmo;

- uso de bip não insistente, que terá a sua frequência de sinal e de repetição dependendo do tipo e nível de ruído sonoro no ambiente de supervisão estudado;

- uso da variação da intensidade luminosa da janela, pode ser um bom meio de apreensão da atenção do usuário, desde que usado com bom senso e moderação.

5.8.3 Apresentar lista de alarmes com diferencial de prioridade

A lista de alarmes pode ser provida de um diferencial de prioridade de alarme, para dar ao operador condições de, no surgimento de muitos comunicados de alarmes simultaneamente, selecionar visualmente as ocorrências que forem de maior importância para a operação da planta.

5.8.4 Permitir ao usuário um versátil reconhecimento de alarmes

É interessante que o reconhecimento de ocorrência de eventos de alarmes possa ser efetuado de forma individual ou em grupos de eventos, de forma que o operador possa escolher tratar de cada caso do alarme em particular ou de um conjunto de casos de alarme.

5.9 Tratamento de erros

5.9.1 Fornecer mensagem referente ao erro de forma adequada

Ao cometer um erro, qualquer que seja sua natureza, o operador deve ser avisado do erro que cometeu. A mensagem deve ser apresentada de forma séria, precisa e concisa, numa linguagem direcionada ao usuário, com uma formatação visual consistente e padronizada.

5.9.2 Mostrar as conseqüências do erro cometido

Para erros com conseqüências relevantes para a produtividade e segurança do trabalho, recomenda-se o complemento da mensagem de erro com aviso a respeito das conseqüências de tal erro.

5.9.3 Fornecer meio para fácil reconhecimento de mensagens de erro

O operador deve ter à sua disposição um instrumento para fácil reconhecimento das mensagens de erro que porventura apareçam na tela, de forma que estas mensagens não se tornem um impedimento para a reversão do erro.

5.9.4 Fornecer meios para fácil reversão das ações

O fornecimento de meios para fácil e rápida reversão de erros é imprescindível para a segurança do trabalho. Os procedimentos devem ser, na medida do possível, padronizados.

5.10 Uso de mensagens

5.10.1 Reduzir o número de mensagens

Quanto menor for a necessidade de mensagens, melhor para o desempenho da operação da supervisão.

5.10.2 Elaboração de mensagens consistentes

Tal como mensagens de erro, as mensagens de natureza genérica têm que ser apresentadas de forma séria, precisa e concisa, com linguagem direcionada ao usuário.

5.10.3 Padronização na formatação visual da mensagem

A padronização da formatação visual da mensagem deve ser objetivada, podendo apresentar variâncias de acordo com a importância da mensagem.

5.10.4 Oferecer fácil reconhecimento à mensagem

O fácil reconhecimento de mensagens deve ser oferecido, principalmente em sistemas que apresentam mensagens de natureza rotineira.

5.10.5 Padronização da área de apresentação de mensagens

As janelas de mensagem devem ser apresentadas num local padronizado da tela, de preferência numa área reservada para este tipo de informação em todos os tipos de tela.

5.11 Entrada de dados

5.11.1 Consistência nas ações de entrada de dados

Manter seqüências similares de ações em todas as situações semelhantes de entrada de dados;

Manter a coerência no tocante à indicação/aceitação da forma como os dados devem ser passados para o sistema, i. e., sugerir sempre o emprego de delimitadores, abreviações e formatação similares nos processos de entrada de dados.

5.11.2 Otimização do processo de entrada de dados

Minimizar o número de telas associadas a cada tarefa de entrada de dados pelo sistema.

Reduzir o número de ações de entrada de dados pelo usuário, visando minimizar a ocorrência de erros.

Evitar, sempre que possível, processos de digitação de extensas cadeias de dados.

5.12.3 Controle das ações pelo usuário

Permitir atalhos do tipo "digitação adiantada" (*type-ahead*) e "salto adiantado" (*jump-ahead*).

Criar estratégias de saltos para menus anteriores e de retorno direto para o menu principal.

5.12.4 Familiaridade, consistência e distinção da terminologia

Selecionar cuidadosamente a terminologia com base no linguajar rotineiro da comunidade de usuários do sistema.

Registrar a lista de termos empregados na definição da linguagem de itens, a fim de facilitar o seu emprego de forma consistente.

Assegurar a individualidade dos itens, i. e., garantir a distinção clara entre um item e os demais existentes.

5.12.5 Completude e consisão

Manter um estilo de linguagem uniforme e objetivo, no entanto, claro e completo.

5.12.6 Destaque adequado de letras associadas a mneumônicos

Destacar adequadamente letras associadas a mnemônicos, preferindo o uso da letra inicial. Quando não for possível, empregar uma das letras subseqüentes da palavra, destacando-a com o sinal de sublinha (*underscore*) ou mudando sua cor. Evitar destacar a letra tornando-a maiúscula.

5.13 Uso de abreviações

5.13.1 Evitar o uso de abreviações

Em ambiente industrial o uso de abreviações não é indicado senão quando estritamente indispensável.

5.13.2 Uso de abreviações padrões de outros contextos

Usar como abreviação de expressões familiares ao usuário do sistema, como os truncamentos de palavra QUANT para QUANTIDADE, MOV para MOVIMENTO ou RET para RETORNO, por exemplo.

5.13.3 Consistência fonética das abreviações

Focalizar a atenção para o som associada às abreviações dos comandos, aquelas onde o número de consoantes se equilibra com o de vogais soam mais familiares para usuários latinos.

5.13.4 Emprego do truncamento de palavras

Truncamento simples: empregar a primeira, segunda e terceira letra de cada comando, diferenciando-os pela cadeia de caracteres iniciais. Considerar abreviações com o mesmo número de caracteres ou não.

Truncamento simples com retirada de vogais: eliminar as vogais dos comandos e considerar algumas das consoantes restantes. Conservar ou não o primeiro caractere do comando caso seja vogal (H, Y e W podem ou não ser consideradas como vogais);

Ter em mente que, embora seja fácil de usar, o truncamento normalmente produz um grande número de colisões de abreviações.

5.13.5 Preferência por abreviações de tamanho fixo

Preferir abreviações de tamanho fixo às de tamanho variável.

5.13.6 Eliminar terminações

Evitar abreviações que incorporem o uso de terminações (e. g., ADO, MENTO, AGEM).

5.14 Documentação *on-line* e *off-line*

5.14.1 Compilação convencional das características do sistema

Elaborar documento (Manual do Usuário) contendo o máximo de informações sobre o sistema, tais como funções oferecidas, descrição detalhada dos comandos, navegação entre telas, sumário de sintaxes, pontos de compatibilidade com outros sistemas, procedimentos para tratamento de alarmes, procedimentos para correção de erros, etc.

5.14.2 Redação de documentação eletrônica para o sistema

Converter algumas partes do manual impresso em manual *on-line*, facilmente acessível ao usuário durante a operação do sistema, e acrescido de facilidades gráficas e de animação que a tela de um terminal proporciona.

A documentação *on-line* deve ser concisa, objetiva e tratar de matérias que ajudem o operador a resolver problemas de rotina na operação do sistema, dispensando o uso da documentação impressa, que por sua vez, por ter o objetivo de ser a mais abrangente e completa possível, dificulta o acesso a informações básicas e de uso mais frequente. A elaboração das informações contidas na documentação *on-line* deve contemplar os usuários novatos, como forma de complementar o seu treinamento, comum na operação de supervisórios.

Projetar estratégias de aprendizagem em tela que contenham simulações de operação do sistema, exemplos de aplicações e de recuperação de erros, lançando mão dos recursos gráficos (cor, tipo de caractere, ícones, etc.), de seqüências de animação e de facilidades de mudança de telas proporcionadas por sistemas computacionais.

5.14.3 Modelagem semântica versus estruturação sintática

Preferir sempre a apresentação preliminar das tarefas às quais o sistema se destina sob o prisma semântico, para só então introduzir os conceitos computacionais e detalhes sintáticos correlatos, ou seja, ajudar primeiro o usuário a compreender a importância e o sentido de cada tarefa, para, em seguida, mostrar-lhe a estruturação sintática correspondente a realização da tarefa.

5.14.4 Apresentação de diagramas de transição completos

Conceber um tipo de mapa de orientação das transições entre atividades possíveis, onde símbolos indiquem as ações dos usuários e as respostas correspondentes do sistema.

5.14.5 Preparação das facilidades eletrônicas informativas

Apresentar glossários com termos e conceitos que os usuários possam desconhecer.

Introduzir a informação de modo que ela seja facilmente acessível e claramente visível ao usuário principiante.

Apresentação de informações que esclareçam ao usuário as limitações de todas as aplicações disponíveis no seu ambiente computacional de trabalho, principalmente aquelas relativas ao uso e à funcionalidade, as quais não seriam descobertas.

Criar mecanismos de consulta *on-line* que permitam aos usuários do sistema um acesso mais imediato à informação de interesse sem ter que consultar a documentação em papel, muitas vezes extensa e de difícil manuseio em ambiente de trabalho pouco adequado para tal tarefa.

5.14.6 Organização da documentação e estilo de escrita

Expor os conceitos de interesse numa seqüência lógica, aprofundando o grau de dificuldade passo-a-passo, a partir de novas seções escritas num estilo coerente e permeado de exemplos suficientes e apresentação de sessões completas de trabalho.

Procurar apresentar os conceitos a partir de motivações preliminares. Em seguida, descrevê-los ao nível semântico e, só então, oferecer ao leitor a estruturação de cada conceito.

Evitar o uso exagerado de jargões e terminologia técnica não familiar ao universo de leitores da documentação.

Facilitar a consulta das informações, através de inclusão de índices alfabéticos e listas de assuntos e da estruturação consistente de capítulos, dos tópicos abordados e dos parágrafos feitos.

Facilitar a compreensão das informações, escrevendo-as num estilo fluente e simples, com idéias concretas e uma evolução natural.

Evitar conceitos e definições desnecessárias, incluir todos os pontos necessários à compreensão de cada idéia transmitida e assegurar-se sempre de que as informações contidas ao longo de todo o texto são corretas e isentas de ambigüidades.

Com o uso destas diretrizes foi feito um experimento para sua validação. Este experimento e seus resultados estão descritos no próximo capítulo.

Capítulo 6

VALIDAÇÃO DAS DIRETRIZES PROPOSTAS

Este capítulo disserta sobre o trabalho de teste e validação das diretrizes propostas no capítulo anterior, apresentando o método e os materiais utilizados, bem como a discussão sobre os resultados obtidos.

6.1 Métodos de avaliação de interfaces homem-máquina

O objetivo desta etapa do trabalho é validar as diretrizes de projeto. Como se trata de diretrizes para projetos de IHM, a avaliação das próprias interfaces passa a ser instrumento de validação das diretrizes. A seguir estão alguns dos métodos utilizados na avaliação de interfaces. Considerando a diversidade destes métodos, devido a pequenas variações, decidimos agrupá-los em classes de acordo com suas características.

6.1.1 Avaliação pela observação do usuário

O usuário é posto em seu ambiente de trabalho ou em um laboratório de avaliação de interfaces, e tem sua conduta em relação ao uso da interface observada. A observação pode ser feita com o conhecimento do usuário ou não; além do mais, alguns equipamentos como: câmera de vídeo, gravadores de áudio, espelhos falsos, são usados em laboratórios de avaliação de interfaces como parte de estratégias de coleta de dados.

Após a sessão de uso da interface, as ações e reações esboçadas pelo usuário são compiladas e a avaliação da interface é feita baseada nos dados desta compilação.

6.1.2 Avaliação pela coleta de dados *on line* sobre a IHM

Esta avaliação conta com um programa de coleta dinâmica de dados relativos à interação. O usuário testa a IHM e, todas as suas atitudes durante a sessão são coletadas e processadas por um programa específico. Dados como: tempo de reação a estímulos oriundos da IHM, estratégias e tempos para correção de erros, tempo de duração das tarefas, frequência na solicitação de ajuda *on line*, são algumas das variáveis colhidas durante a interação e que servirão de subsídios para este tipo de avaliação.

6.1.3 Avaliação com base na opinião do usuário

Este método de avaliação conta com a impressão do usuário sobre a interface testada. A interface é submetida ao usuário e a sua impressão em relação à mesma é levantada através de uso de questionários e/ou entrevistas, feitas durante ou posteriormente à interação.

6.1.4 Avaliação heurística

Este tipo de avaliação é feito a partir da opinião do avaliador da interface sobre seus pontos fortes e fracos. A condução de uma avaliação heurística deve ser feita de acordo com certas regras, geralmente listadas num conjunto de diretrizes para projetos de interfaces, e com base na intuição e no bom senso do avaliador. Um dos fatores que torna a avaliação heurística diferente dos outros tipos de avaliação é justamente o tipo de avaliador usado no teste. Nos outros métodos o usuário final da interface é o componente avaliador, enquanto que na avaliação heurística são escolhidos para tal tarefa um pequeno conjunto de avaliadores que são profissionais com capacitação técnica para levantar problemas de IHM durante a avaliação, mesmo que não tenham necessariamente domínio sobre a interface específica que avaliarão [NILSEN93].

Na avaliação heurística, cada um dos avaliadores testa a interface individualmente, não podendo ter contato com os outros avaliadores durante o processo de avaliação, o que garante a independência das opiniões de cada avaliador em relação aos demais [NILSEN93]. Os registros sobre a avaliação pode ser feito através de relatórios ou gravados pelo observador, indivíduo que organiza a avaliação.

A presença do observador nas sessões de avaliação heurística tem outros objetivos: interpretar as ações dos avaliadores e sua influência no resultado do experimento, tirar qualquer dúvida do avaliador a respeito da interface em teste, dar dicas sobre o uso da interface, e até mesmo conduzir o uso da interface avaliada, já que o avaliador não necessita ter domínio sobre a interface testada. O suporte de ajuda ao avaliador na sessão de teste de uma interface faz com que a avaliação heurística se diferencie bastante dos outros métodos de avaliação, que relutam bastante em dar ajuda ao avaliador, deixando que o mesmo encontre as respostas às suas dúvidas no próprio sistema em teste [NILSEN93]. Esta característica torna este método mais apropriado para avaliação de interfaces com o uso de avaliadores que não têm conhecimento sobre o domínio de aplicação da interface.

A princípio apenas um avaliador pode ser suficiente para fazer uma avaliação heurística, porém a experiência deste tipo de avaliação mostra que um avaliador deixará de observar muitos dos problemas de IHM. Entretanto, desde que diferentes avaliadores levantam problemas de IHM diferentes, na medida em que são utilizados mais avaliadores, um percentual maior dos problemas de IHM existentes são observados, melhorando a performance da avaliação da interface.

A figura 6.1 mostra o percentual médio de problemas de IHM encontrados em seis diferentes estudos feitos por Nilsen [NILSEN93], em função do número de avaliadores participantes da avaliação. É razoável, portanto, o uso de três a cinco avaliadores neste método de avaliação [NILSEN93]. O número exato de

avaliadores a participarem do experimento de avaliação dependerá portanto da análise custo-benefício desta escolha.

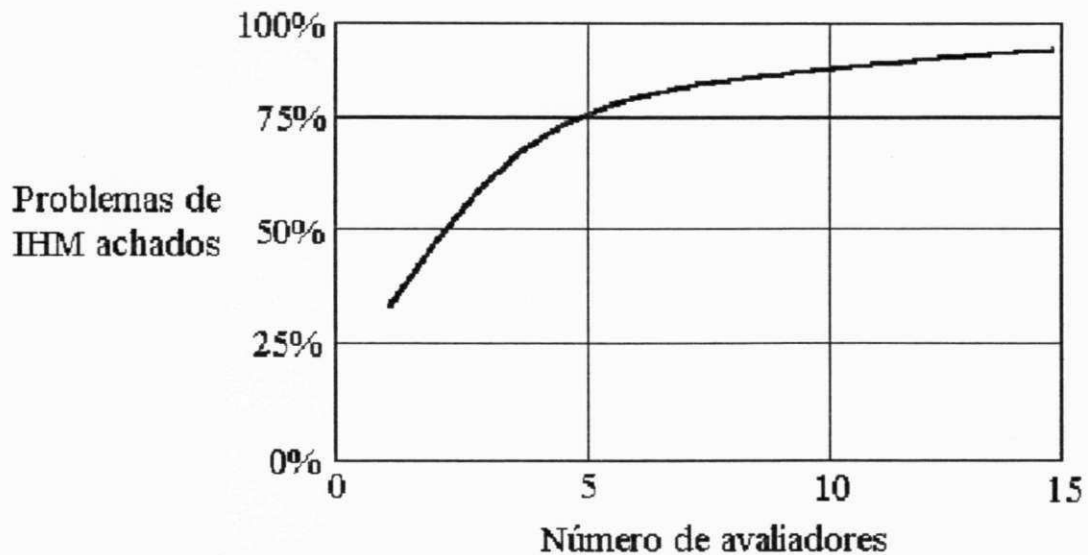


Figura 6.1: *Número de problemas de IHM encontrados em avaliação heurística de acordo com o número de avaliadores participantes do experimento.*

Dentre os métodos de avaliação aqui apresentados, o que pesa na escolha do método é a realidade quanto ao acesso ao ambiente e à disponibilidade dos usuários finais relacionados com a interface a ser avaliada. Vale a pena salientar que, dependendo da profundidade em que se deseje avaliar uma interface, o uso de mais de uma das técnicas citadas torna-se conveniente.

6.2 Avaliação heurística na validação das diretrizes propostas

A técnica de validação de diretrizes mais adequada para o conjunto de diretrizes proposto é o teste do projeto de interface homem-máquina (IHM) no seu ambiente de uso, uma vez que as diretrizes visam ajudar na otimização de projetos desta natureza. Porém o ambiente mais apropriado para ser utilizado na validação: a indústria,

não esteve disponível para tal, tanto em termos do acesso ao ambiente quanto ao pessoal que utiliza sistemas supervisórios nos seus processos. Dificuldade, aliás, que já tinha sido encontrada na fase de visita às instalações industriais automatizadas, no início desta pesquisa, porém que se mostrou intransponível na fase de validação devido às características do trabalho de validação que ocasionam: interferência, embora que mínima, na operação industrial.

Para contornar esta dificuldade e validar as diretrizes foi utilizado o método de avaliação heurística [MAYHEW92] [NIELSEN93]. Este método consiste em avaliar a interface homem-máquina dos programas supervisórios demonstrativos, observando a opinião de um conjunto de avaliadores a respeito das interfaces. Tal técnica foi adaptada para possibilitar o dimensionamento do impacto das diretrizes propostas na otimização de projetos de interfaces homem-máquina industriais, com o uso da observação de interfaces já elaboradas.

6.3 Materiais utilizados na validação das diretrizes

O experimento de validação das diretrizes propostas utilizou a estrutura de *hardware*, descrita a seguir, encontrada na supervisão de processos, com base no uso de programas supervisórios:

- Micro-computador PC-AT 486 DX 2 (66 MHz)
- 8 MB de RAM
- 40 MB de espaço em Winchester
- Entrada serial para *mouse*
- Monitor colorido

A configuração apresentada acima foi baseada na coletânea de dados sobre configurações requeridas por diversos programas supervisórios estudados durante este trabalho [ELIPSE95] [OPTO95] [RELIANCE95] [SIEM95] [SMAR95] [UNITEC95] [USDATA95]. Ela traduz o *hardware* considerado como recomendado

para a otimização da utilização da maioria dos citados programas, muito embora algumas versões destes sejam satisfatoriamente executadas em plataformas mais lentas e com menos espaço em disco rígido.

Como ferramentas de software, foram utilizados demonstrativos de programas supervisórios fornecidos pelos seus respectivos desenvolvedores e/ou distribuidores. Dentre os demonstrativos de programas supervisórios levantados nesta pesquisa foram selecionados quatro para serem utilizados no experimento, justamente os que apresentam aspectos de IHM relacionados com as diretrizes propostas:

- ELIPSE 21 demo, versão 3.1, desenvolvido pela Elipse Software;
- ELIPSE 21 demo, versão 4.1, desenvolvido pela Elipse Software;
- UNITEC System 5 demo, versão 1.0, desenvolvido pela Unitec Tecnologia;
- AIMAX-WIN demo, versão 2.0, distribuído pela Smar Automação.

Estas versões demonstrativas dos programas supervisórios foram obtidas mediante doação das empresas mencionadas acima, ou durante a 17ª Feira Internacional da Indústria Eletro-Eletrônica, ou ainda através de contatos posteriores à tal feira. Deve-se destacar que este trabalho contou com a autorização das empresas para a utilização destes programas para fins acadêmicos.

Vale a pena salientar que o objeto do experimento não foi avaliar os programas supervisórios, mas sim a interface homem-máquina gerada a partir deles. Em nenhuma hipótese este trabalho objetiva fazer qualquer comparação entre produtos existentes no mercado, o que foi claramente exposto às empresas que cederam os programas demonstrativos cientes do propósito da pesquisa.

6.4 Métodos utilizados na validação das diretrizes

Como já foi mencionado, a metodologia empregada na validação das diretrizes propostas neste trabalho utilizou a técnica de avaliação heurística de interfaces homem-máquina [MAYHEW92] [NIELSEN93]. Com a inviabilidade de testar o

impacto das diretrizes sobre o projeto da IHM em um ambiente industrial, a avaliação heurística permitiu o dimensionamento deste impacto com o uso de IHM industriais já elaboradas. Isto ocorreu com a submissão das IHM à crítica de avaliadores com perfil semelhante àquele do projetistas de IHM industriais, antes e depois destes avaliadores terem tido acesso às diretrizes propostas.

Os avaliadores participantes do experimento foram seis; número que, segundo a bibliografia [NIELSEN93], possibilita a identificação de aproximadamente 80% dos problemas e/ou observações de usabilidade. O perfil do grupo de avaliadores foi selecionado de modo a se aproximar do perfil do profissional de projetos de IHM industriais; como está descrito abaixo:

- formação em Engenharia Elétrica ou Ciência da Computação;
- pós-graduados ou em processo de pós-graduação em Engenharia Elétrica;
- inexistência de experiência profissional em IHM de natureza industrial;
- metade dos avaliadores tem algum tipo de experiência em IHM, seja a partir de curso em interfaces ou a partir do desenvolvimento de projetos na área;
- a outra metade não tem qualquer experiência em Interfaces Homem-Máquina.

O fato de três dos seis avaliadores terem algum tipo de formação em IHM e os outros não, foi uma forma que se encontrou para avaliar, dentro do mesmo experimento, a diferença de impacto que as diretrizes propostas poderiam ter sobre os dois tipos de profissionais. Ao mesmo tempo a composição do grupo, como um todo, tenta refletir o perfil dos profissionais do mercado que lidam com a configuração de sistemas de automação: alguns deles tem algum tipo de formação em Interface Homem-Máquina e outros não.

A montagem do experimento foi feita de modo a obter a melhor padronização possível no procedimento de avaliação feita com cada participante do mesmo, como pode ser observado na descrição dos passos a seguir:

- a) O observador, proponente do experimento, apresenta os programas supervisórios demonstrativos (cujas telas são apresentadas no apêndice A) a cada avaliador separadamente. Os avaliadores são identificados por Avaliador 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Cada avaliador, individualmente, testa a interface homem-máquina dos quatro programas em sessão única, sem limite de tempo, com disponibilidade de ajuda do observador.

É sugerido que a avaliação seja feita sob a ótica da qualidade, produtividade e segurança do trabalho de supervisão de processos industriais.

- b) As observações relativas à Interface Homem-Máquina feitas pelos avaliadores são então registradas pelo observador com o uso de um gravador.

Estes registros são transcritos e compilados em termos de número de observações sobre a Interface Homem-Máquina feitas por cada um avaliador no experimento, cujo resultado é apresentado no apêndice B.

Os resultados da primeira sessão dos avaliadores sem qualquer formação em Interface Homem-Máquina são identificados por As1, As2 e As3; enquanto os resultados da primeira sessão dos avaliadores com formação em Interface Homem-Máquina são identificados por As4, As5 e As6.

- c) As diretrizes são apresentadas aos avaliadores, em forma de documento (ver capítulo 5), para que os mesmos possam lê-las e tirar qualquer dúvida a seu respeito com o observador do experimento.

Não há prazo definido para esta etapa, ficando a cargo do avaliador a definição do início da segunda sessão do experimento.

- d) As IHM descritas na etapa "a" são novamente submetidas, em segunda sessão, à crítica de cada um dos avaliadores participantes do experimento nos mesmos moldes da primeira sessão.

Os avaliadores recebem no ato da segunda sessão do experimento a listagem das observações feitas por estes na primeira sessão, com o objetivo de não haver repetição de observações sobre a interface homem-máquina em ambas as sessões.

Tal como na primeira sessão os registros são transcritos e compilados em termos de número de observações sobre Interface Homem-Máquina feitas por cada um dos avaliadores no experimento, os resultados são apresentados no apêndice B.

Os resultados da segunda sessão dos avaliadores sem qualquer formação em Interface Homem-Máquina são identificados por Ad1, Ad2 e Ad3; enquanto os resultados da segunda sessão dos avaliadores com formação em Interface Homem-Máquina são identificados por Ad4, Ad5 e Ad6.

- e) As observações sobre a IHM mencionadas pelos avaliadores na segunda sessão também são registrados pelo observador.
- f) Os resultados das avaliações das duas sessões de cada avaliador, registrados pelo observador, são compilados para a determinação da influência que o conhecimento a respeito das diretrizes tem sobre o desempenho do grupo de avaliadores, no que diz respeito à sua capacidade crítica sobre as IHM industriais e, conseqüentemente, sobre seu desempenho na otimização de projetos de IHM industriais.

A compilação dos resultados obtidos é feita do seguinte modo:

Determina-se a relação entre o número de observações feitas em ambas as sessões do experimento e o número de observações feitas apenas na primeira sessão; para cada um dos avaliadores em separado. Dimensiona-se assim a melhora no

desempenho crítico de cada avaliador em relação a IHM industriais. Abaixo está a relação descrita na terminologia apresentada nos itens "b" e "d":

$$r(A_j) = (As_j + Ad_j) / As_j \quad (6.1)$$

$$R'_j = \sum_{i=1}^3 r(A_j) / 3 \quad (6.2)$$

$$R''_j = \sum_{i=4}^6 r(A_j) / 3 \quad (6.3)$$

$$R_j = \sum_{i=1}^6 r(A_j) / 6 \quad (6.4)$$

onde:

$r(A_j)$ é a relação entre observações feitas em ambas as sessões e na primeira sessão do i -ésimo avaliador;

R'_j é a média das relações $r(A_j)$, referente aos avaliadores que não têm formação e Interface Homem-Máquina;

R''_j é a média das relações $r(A_j)$, referente aos avaliadores que têm formação e Interface Homem-Máquina;

R_j é a média das relações $r(A_j)$, referente a todos os avaliadores;

Computa-se a média dos resultados obtidos para cada um dos avaliadores, chegando-se a um número que reflete a melhora do desempenho crítico em relação a IHM industriais do grupo como um todo. Faz-se o mesmo para cada sub-grupo em separado: os avaliadores que têm e os que não têm formação em Interface Homem-Máquina.

- g) Os resultados finais são apresentados na sessão seguinte na forma numérica e gráfica, para a melhor apreciação dos mesmos.

A compilação dos resultados encontrados é apresentada a seguir.

6.5 Resultados encontrados

A tabela 6.1 mostra os resultados obtidos da compilação dos dados levantados no experimento, apresentados na tabela do apêndice B e calculados de acordo com o procedimento do experimento descrito no item anterior.

Dados levantados	Avaliadores s/ IHM			Avaliadores c/ IHM		
	Av. 1	Av. 2	Av. 3	Av. 4	Av. 5	Av. 6
Duração da 1ª sessão do experimento (h:mm)	1:30	2:50	1:30	1:15	1:50	1:25
Duração da 2ª sessão do experimento (h:mm)	1:10	1:45	1:05	1:05	1:40	1:20
Número de observações da 1ª sessão (As_j)	30	24	23	31	63	47
Observações adicionais da 2ª sessão (Ad_j)	75	28	32	55	27	43
Número total de observações feitas ($As_j + Ad_j$)	105	52	55	86	90	90
Relação $r(A_j) = (As_j + Ad_j) / (As_j)$	3,5	2,2	2,4	2,8	1,4	1,9
$r(A_j)$ média dos avaliadores sem IHM (R'_j)	2,7			-		
$r(A_j)$ média dos avaliadores com IHM (R''_j)	-			2,0		
$r(A_j)$ média de todos os avaliadores (R_j)	2,4					

Tabela 6.1: Resultados numéricos levantados no experimento de validação das diretrizes propostas

Para se ter uma melhor visão dos resultados são mostrados abaixo gráficos referentes aos dados obtidos no experimento de validação das diretrizes propostas.

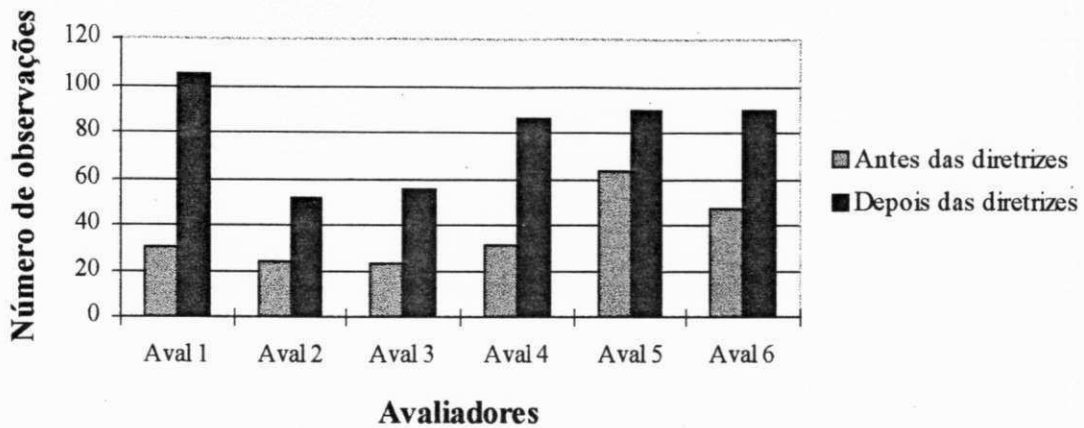


Gráfico 6.2: *Número de observações feitas pelos avaliadores sobre as interfaces homem-máquina testadas.*

Vale salientar que o número de observações classificadas como sendo "depois das diretrizes" é o somatório das observações feitas nas duas sessões, haja visto que todos os avaliadores, depois de lerem as diretrizes propostas, ratificaram as observações feitas antes de ter acesso às diretrizes. Sendo assim o cálculo da relação do número de observações feitas nas duas sessões envolve o número de observações total e o número de observações feitas apenas na primeira sessão.

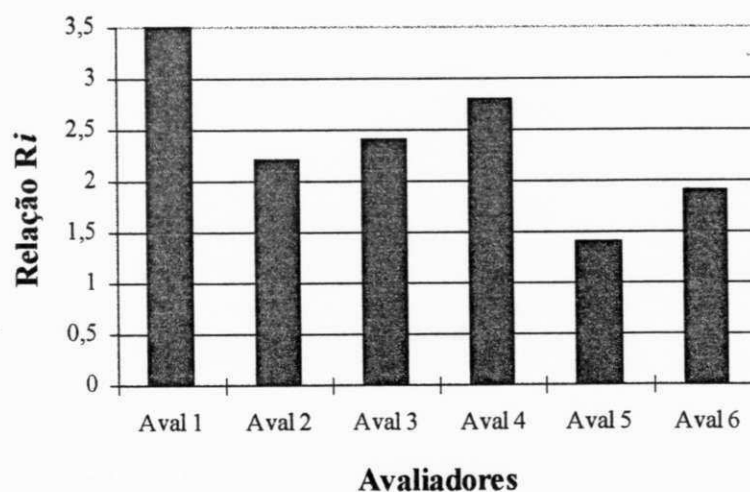


Gráfico 6.3: *Relação entre o número de observações feitas pelos avaliadores depois e antes de terem acesso às diretrizes propostas.*

Assim, como pode ser visto no gráfico 6.3, o avaliador 1, por exemplo, fez 3,5 vezes mais observações na segunda sessão do que na primeira (105/30), afinal as 30 observações feitas na primeira sessão foram totalmente ratificadas e incorporadas no resultado de 105 observações da segunda sessão.

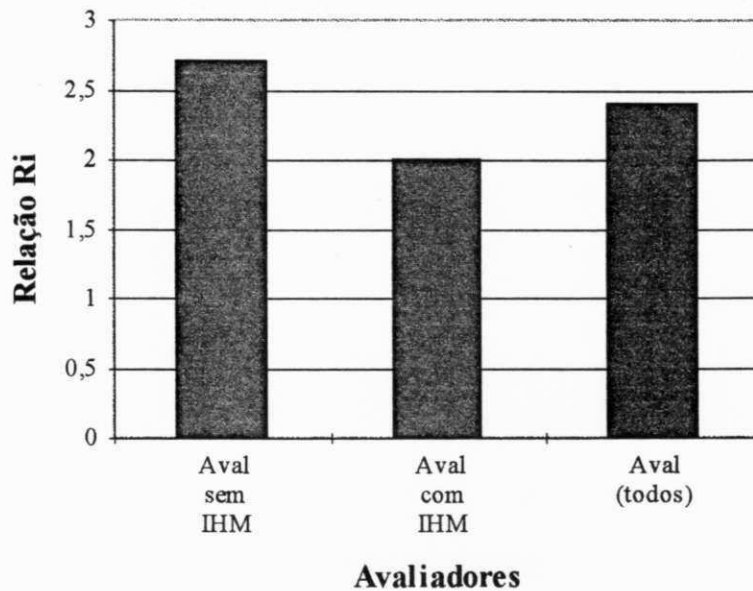


Gráfico 6.4: *Relação entre o número de observações feitas pelos avaliadores, sem e com formação em IHM, depois e antes de terem acesso às diretrizes propostas.*

O gráfico 6.4 demonstra que, em média, os avaliadores com formação em IHM fizeram duas vezes mais observações na segunda sessão do que na primeira sessão, enquanto os avaliadores que não têm qualquer formação em IHM obtiveram um índice bem superior, igual a 2,7. Considerando todos os avaliadores, em média, a relação do número de observações feitas depois/antes dos avaliadores lerem as diretrizes foi 2,4.

6.6 Análise dos resultados encontrados

Fazendo uma análise criteriosa das IHM utilizadas no experimento, algumas das observações feitas pelos avaliadores que se apresentam com mais frequência

ou com maior importância são listadas abaixo, dando uma idéia dos principais problemas de IHM encontrados nos produtos utilizados no experimento:

- a apreensão da atenção do usuário para eventos de alarmes é deficiente, com o uso de dispositivos de alarme muito discretos;
- existência de gráficos sem maiores informações a respeito dos seus parâmetros, como unidades das variáveis, escalas, ausência de grade, etc;
- o uso de ícones com inconsistência de simbologia entre telas diferentes;
- a falta de meios para que o usuário se localize dentro da estrutura de telas da interface;
- o uso inadequado de cores, seja por exagero no número de cores, seja por escolha de cores e contrastes inadequados para uso na interface;
- o uso de fundo de tela com matiz e brilho que levam à fadiga visual;
- existência de telas sobrecarregadas de informação, com letreiro ilegível;
- existência de funções com macros implementadas, mas sem a indicação na tela da existência de tais macros, nem a orientação sobre o método ativação destas macros.

No que diz respeito aos resultados obtidos, como podemos observar gráfica e numericamente na seção anterior, os resultados obtidos no experimento mostram um desempenho crítico em média 2,4 vezes maior de todos os avaliadores em relação às interfaces de usuário industriais após terem tido acesso ao conjunto de diretrizes proposto.

O gráfico 6.3 demonstra a influência das diretrizes propostas na capacidade dos avaliadores de criticar as IHM industriais. O incremento da sensibilidade crítica foi, em média, 1,4 vezes, o que demonstra que o efeito das diretrizes propostas na visão de interfaces da natureza tratada neste trabalho.

A partir do gráfico 6.4 podemos concluir que a melhora do desempenho crítico sobre IHM industriais foi mais sensível no sub-grupo de avaliadores que não tinham formação prévia em Interface Homem-Máquina do que no sub-grupo, composto por avaliadores que tinham esta formação. Esta constatação é de grande importância já que parte dos profissionais que trabalham com configuração de sistemas supervisórios não tem qualquer formação em IHM. Espera-se então que a contribuição deste trabalho para profissionais sem experiência em IHM seja maior que a contribuição para profissionais com experiência em IHM.

Baseado nesta avaliação heurística, conclui-se portanto que se o desempenho crítico dos avaliadores em relação a IHM industriais melhorou sensivelmente com o aprendizado dos conceitos apresentados nas diretrizes. Uma vez que o perfil dos avaliadores é semelhante ao dos projetistas de IHM industriais, conclui-se que o aumento da capacidade crítica dos avaliadores indica uma potencial capacidade de otimização dos projetos de IHM industriais com o uso das diretrizes propostas.

A última coluna do gráfico 6.4 é o que demonstra o resultado mais importante do experimento, demonstra a melhora do desempenho crítico em relação às IHM industriais, dos avaliadores em geral. O incremento ocorreu na razão de 2,4, número que aponta, sem dúvida, a influência das diretrizes propostas na capacidade crítica dos avaliadores e, conseqüentemente, na capacidade de otimização de projetos de IHM industriais.

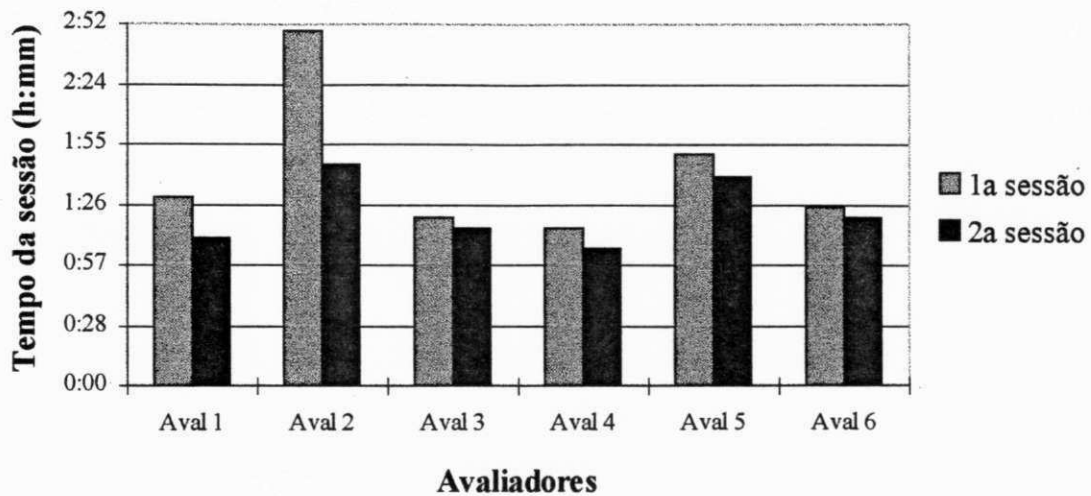


Gráfico 6.5: *Tempo consumido nas duas sessões do experimento de cada avaliador.*

O gráfico 6.5 mostra o comportamento dos avaliadores no que diz respeito ao tempo gasto por cada um nas sessões de testes das IHM usadas no experimento, é observado que todos os avaliadores precisaram de menos tempo para realizar a segunda sessão; o que era de se esperar, já que estes tinham então o conhecimento das IHM desde a primeira sessão.

Capítulo 7

CONCLUSÃO

O processo de globalização da economia mundial demanda cada vez mais mudanças no setor produtivo das empresas em geral, o que ficou notadamente claro durante o desenvolvimento desta pesquisa. As transformações que ocorrem atualmente no setor produtivo na busca da qualidade e produtividade, especificamente as que fazem uso de novas iniciativas tecnológicas, requerem suporte técnico-científico para permitir a adequada aplicação destas iniciativas neste processo de transformação tecnológica e metodológica.

Constatou-se que, no caso de sistemas supervisórios de processos da natureza tratada neste trabalho, está havendo uma gradativa difusão das interfaces gráficas no ambiente de chão-de-fábrica. Por sua vez, estas interfaces permitem uma maior versatilidade na manipulação de equipamentos e plantas industriais, resultando em maior qualidade, produtividade e segurança do trabalho. Constatou-se também que há problemas na adaptação deste tipo de interface homem-máquina ao ambiente industrial, tornando-se evidente o potencial de contribuição que trabalhos nesta área tem a dar a este processo de evolução tecnológica.

Os resultados obtidos no trabalho de validação das diretrizes propostas confirmam o que outros trabalhos da mesma natureza deste já haviam concluído: projetos que envolvam um número substancialmente grande de variáveis a serem consideradas têm nas diretrizes de apoio a decisão em projetos uma ferramenta poderosa para a sua otimização e padronização [BEZERRA92] [QUEIROZ94].

A relação média entre o número de observações nas duas sessões e na primeira sessão do experimento ($R_j = 2,4$), feitas pelos avaliadores participantes desta pesquisa, indicam o quanto pode se melhorar o desempenho crítico de um avaliador em relação às interfaces homem-máquina industriais. Além disso, demonstram o impacto que as diretrizes provocam neste desempenho, o que se constitui em uma das principais contribuições deste trabalho.

É importante lembrar que a ênfase na elaboração deste conjunto de diretrizes é otimizar o projeto de interfaces homem-máquina no que diz respeito à produtividade e à segurança da operação do programa supervisorio, usando conceitos de interfaces homem-máquina e de engenharia de segurança do trabalho.

Desta forma espera-se que um projetista de aplicação de um software supervisorio otimize o trabalho de configuração da interface homem-máquina da aplicação industrial, uma vez orientado pelas diretrizes propostas. Evita-se assim equívocos de projeto básicos, em termos de interface homem-máquina e de segurança do trabalho, como pôde ser observado por esta equipe de estudos em algumas interfaces homem-máquina em funcionamento em plantas de grandes indústrias.

Vale salientar que a proposição das citadas diretrizes não objetiva torná-las regras de projetos, e sim sugestões para projetos, calcadas em estudos científicos, que, acompanhadas do uso do bom senso, sirvam como instrumento importante para otimização de projetos desta natureza. Afinal, por mais abrangentes que as diretrizes possam ser, em termos de projetos de interfaces homem-máquina, cada caso é um caso particular.

Com este trabalho, espera-se que seja despertado o interesse em estudos de Interface Homem-Máquina dedicados a aplicações de chão-de-fábrica, afinal pelo que foi observado no decorrer dos estudos para a elaboração das citadas diretrizes, conclui-

se que estamos diante de um processo de sofisticação da interface homem-máquina para este tipo de ambiente. Fatores como os citados a seguir levam a crer que a tendência é de mudanças substanciais nos métodos de relacionamento entre o homem e a máquina industrial, com o uso, cada vez mais abrangente, de interfaces gráficas no ambiente de chão-de-fábrica:

- a constante redução do custo de equipamentos de informática de aplicação industrial, como terminais coloridos de computador de campo;
- a necessidade de aumento da produtividade industrial via uso de sistemas autômatos e de manufatura flexível;
- a busca de soluções que otimizem o melhor aproveitamento da mão-de-obra industrial, facilitando o seu treinamento e flexibilizando sua qualificação;

Isto ocasionará melhoras semelhantes às ocorridas com o uso de interfaces gráficas em ambientes de escritório na década de 80, daí a necessidade de estudos que dêem suporte a esta realidade eminente.

Como sugestões para trabalhos futuros que utilizem este trabalho como inspiração, pode-se mencionar os seguintes pontos:

- A elaboração de um hipertexto de ajuda *on-line*, referente às diretrizes propostas neste trabalho, para ser utilizado junto com os programas configuradores dos sistemas supervisórios, dando um apoio mais versátil ao projetista da interface homem-máquina do sistema no momento do projeto. A exemplo de hipertextos semelhantes, existentes para dar suporte à projetos de IHM de natureza genérica, o trabalho sugerido envolve a criação de um banco de dados multimídia para melhor suprir de informações o projetista de IHM industriais;

- Desenvolver uma extensão deste conjunto de diretrizes incluindo interfaces a caractere; já que o processo de difusão das interfaces gráficas está longe de se tornar absoluto, estando grande parte do mercado abastecido de sistemas que ainda utilizam interfaces homem-máquina com características bastante simplificadas;
- Promover a atualização deste conjunto de diretrizes, haja visto que trabalhos desta natureza jamais podem ser considerados concluídos, uma vez que há um dinamismo muito grande no que diz respeito aos conceitos de Interfaces Homem-Máquina.
- Testar o efeito das diretrizes em campo, no desenvolvimento de uma aplicação real e com o usuário final, uma vez que as diretrizes foram testadas em laboratório e com avaliadores.

Conclui-se então que os objetivos propostos para esta pesquisa foram alcançados. A IHM de sistemas supervisórios foi modelada, de forma a proporcionar um melhor entendimento a respeito da estrutura típica deste tipo de interface. Um total de 105 diretrizes para projetos desta natureza foram elaboradas (78 diretrizes) ou compiladas (27 diretrizes) de outros documentos, reunindo neste trabalho informações que servem como referência para projetista de IHM industriais. A impossibilidade de se testar as diretrizes em projeto prático no ambiente industrial não trouxe maiores consequências para a validação das diretrizes, já que a avaliação heurística é considerada um método eficaz para este tipo de validação [NILSEN93]. Espera-se então que os resultados deste trabalho venham a contribuir para o aprimoramento desta área do conhecimento humano.

BIBLIOGRAFIA

- [BAILEY93] Bailey, Gregg, "Iterative Methodology and Designer Training in Humam-Computer Interface Design", INTERCHI'93 Conference, 1993. Proceedings. Amsterdan, 1993, pp.198-205.
- [BEZERRA92] Bezerra, J., "Avaliação Qualitativa de Interfaces Bancárias, com Propostas de Diretrizes de Projeto", Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciências da Computação da UFPB, 1992.
- [CAMPOS89] Campos, Vicente Falcone, "Gerência da Qualidade Total", Fundação Christiano Ottoni, 1989.
- [CRUZ94] Cruz, F. W., "Uma Abordagem sobre a Gerência de Produção com o Uso de Redes Industriais", Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciências da Computação da UFPB, 1994.
- [DAIGLE88] Daigle, J. N. et al, "Communications for Manufacturing: An Overview", IEEE Network, Vol 2, No 3, pp 6 a 13, 1988.
- [ELIPSE95] Elipse Software, "Elipse 21", Catálogo Técnico, 1995.
- [GALITZ85] Galitz, W. O., "Handbook of Screen Design", QED Information Sciences. North-Holland, 1985.
- [HEIZER91] Jay Heizer and Barry Render, "Productions and Operations Management", Allyn and Bacon, Second Edition, 852 pág, 1991.
- [JONNAI93] II Jornada Norte-Nordeste de Atualização em Informática, "Automação Industrial Integrada", IBM, Campina Grande/PB 1993.

- [KUSIAK88]** Andrew Kusiak, "Computer Integrated Manufacturing: A Structural Perspective", IEE Network, Vol. 2, No 3, Pag 14 a 22, 1988.
- [MAYHEW92]** Mayhew, Deborah J., "Software User Interface Design", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992.
- [NIELSEN93]** Nielsen, J., "Usability Engineering", AP Professional, 358 pág, 1993.
- [OPTO95]** OPTO Automation, "OPTO 22", Catálogo Técnico, 1995.
- [QUEIROZ94]** Queiroz, J. E. R., "Validação de uma Metodologia de Projeto de Interfaces Usuário Computador", Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFPB, 1994.
- [RELIANCE95]** Reliance Electric, "Sigma", Catálogo Técnico, 1995.
- [SHNEIDERMAN79]** Shneiderman, B., "Designing the User Interface Strategies for Effective Human-Computer Interaction", Addison-Wesley Publishing Company-Reading, 440 pág, 1987.
- [SHNEIDERMAN82]** Shneiderman, Ben, System Message Design: Guidelines and Experimental Results, Badre and Shneiderman (Eds.), "Directions in Human-Computer Interface", Norwood, 1982, pp 55-78.
- [SIEM89]** Natale, F., "Automação Industrial", Siemens S.A., Nobel, 1989.
- [SIEM95]** Siemens, "Coros LS-B", Catálogo Técnico, 1995.
- [SILVA94]** Silva, Edlange L. "Expansão do Sistema Ágile para Ambiente UNIX", Relatório do PIBIC, CNPq, Agosto/1994, 76 pág.
- [SMAR95]** Smar, "Aimax - Win", Catálogo Técnico, 1995.
- [TANENBAUM93]** Tanenbaum, A., "Redes de Computadores", Editora Campus, São Paulo, 1993.

- [TETZLAFF91]** Tetzlaff, L. & Schwartz, D. R., "The use of Guidelines for Interface Design", CHI'91 Conference, 1991. Proceedings. New Orleans, 1991, pp. 386-401.
- [UNITEC95]** Unitec, "System 5 & Unisoft", Catálogo Técnico, 1995.
- [USDATA95]** USDATA, "FactoryLink IV", Catálogo Técnico, 1995.
- [WAKIL90]** Wakil, D. El Sherif, "Processes and Design for Manufacturing", Prentice Hall, 1990.

APÊNDICE A

Neste apêndice são apresentadas as telas dos programas demonstrativos usados no experimento de validação das diretrizes propostas^{A1}. Os títulos aqui apresentados são os mesmos usados na tabela de resultados do apêndice B.

A1 - Elipse 21 demo, versão 3.1

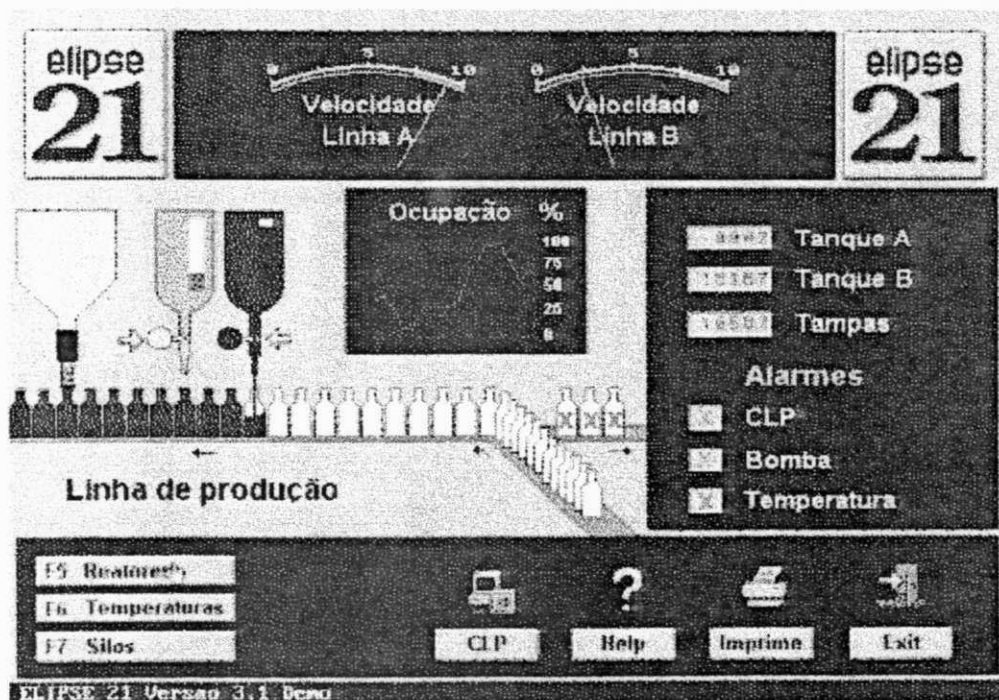


Figura A1: Tela Fábrica

^{A1} Todas as telas fazem parte de versões demonstrativas de programas supervisórios, cujos desenvolvedores e/ou distribuidores autorizaram seu uso neste trabalho.

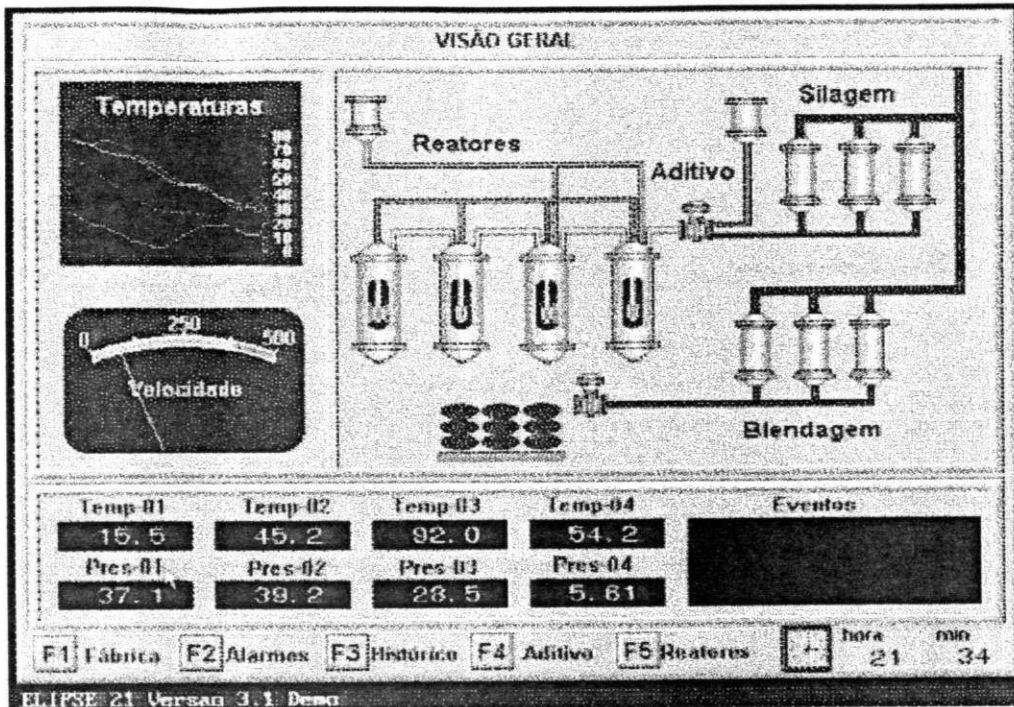


Figura A2: Tela Reator

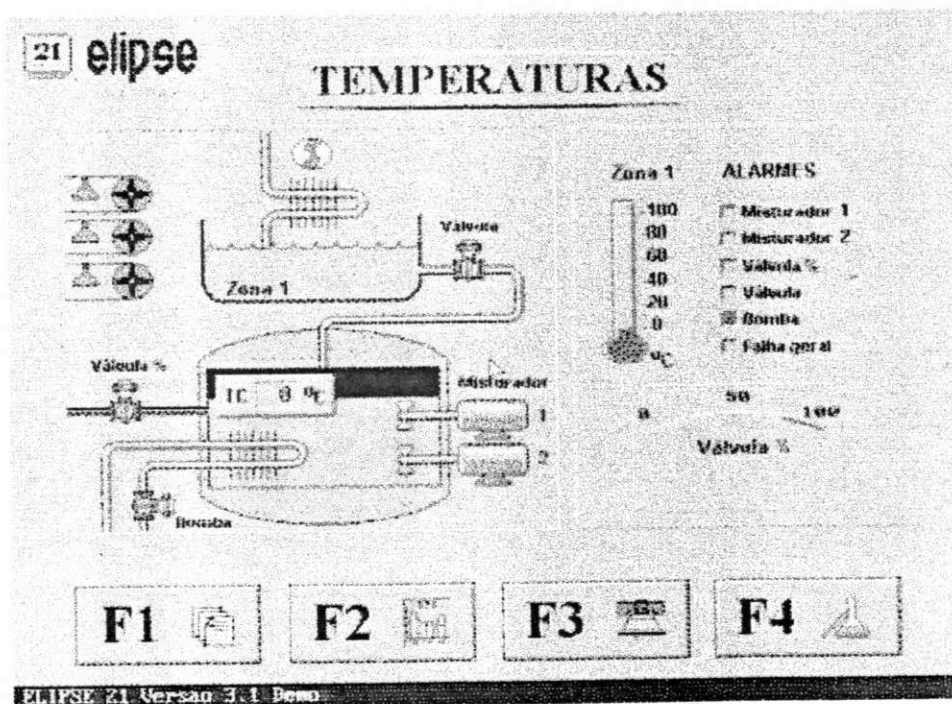


Figura A3: Tela Temperaturas

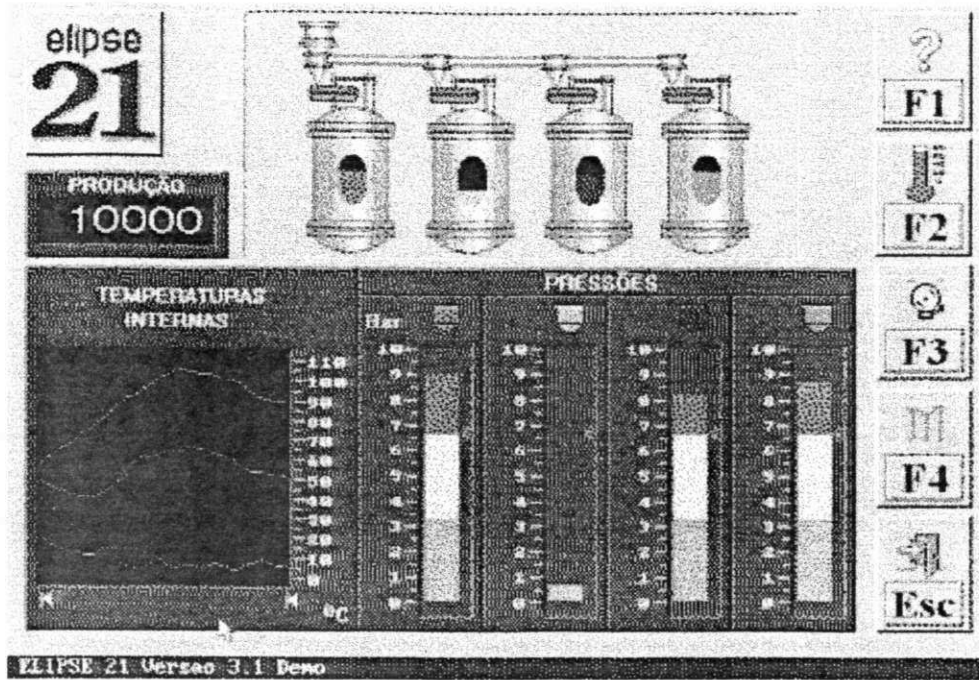


Figura A4: Tela Silos

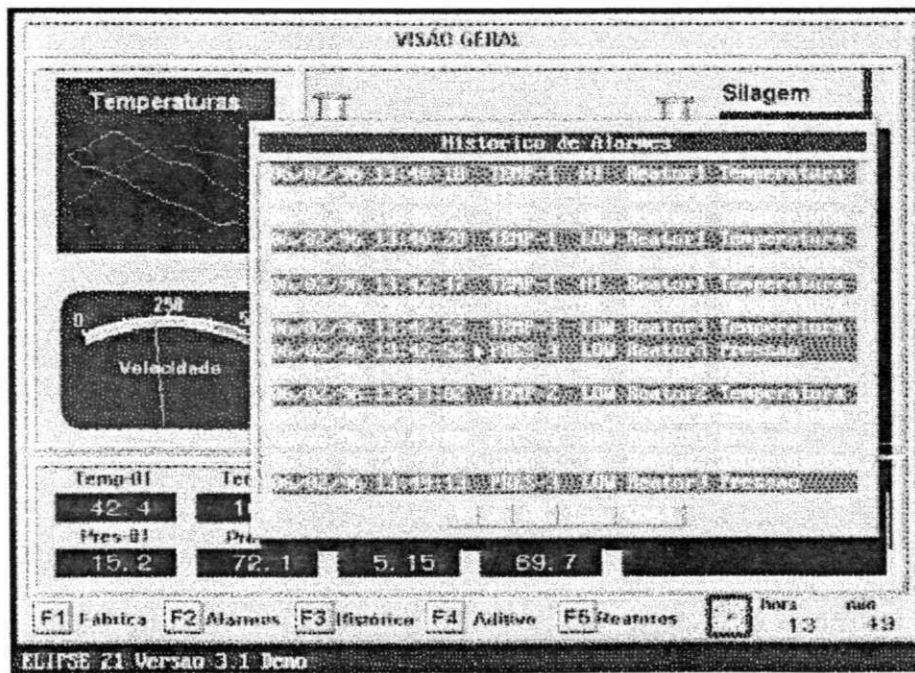


Figura A5: Janela com lista de alarmes sobre tela Silos

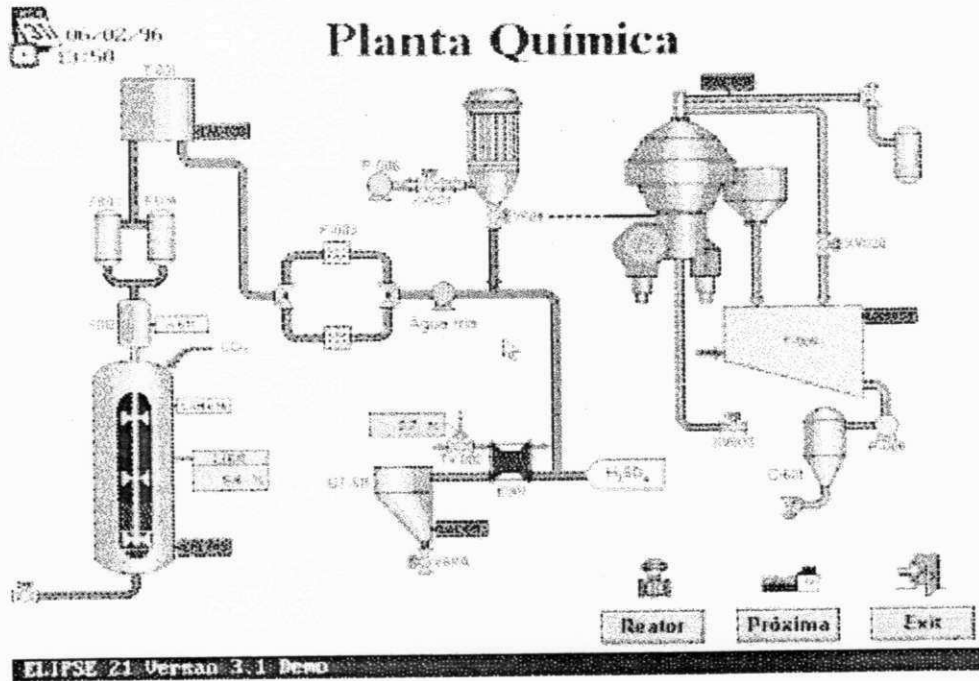


Figura A6: Tela Planta Química

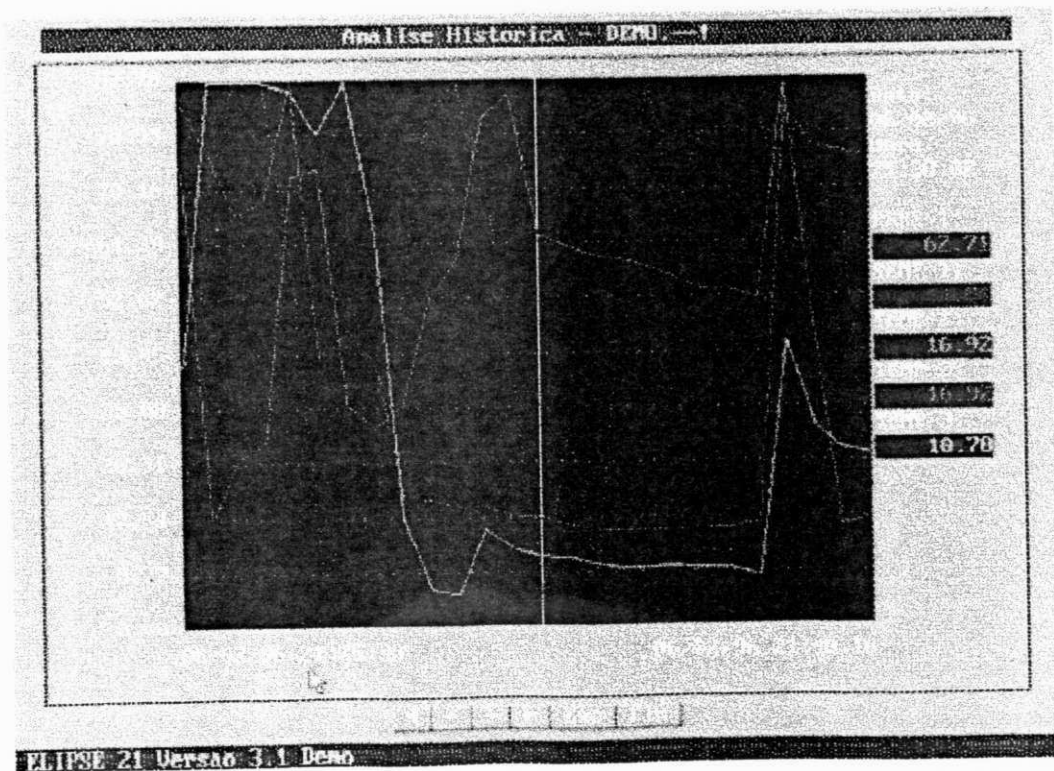


Figura A7: Tela com gráfico de histórico

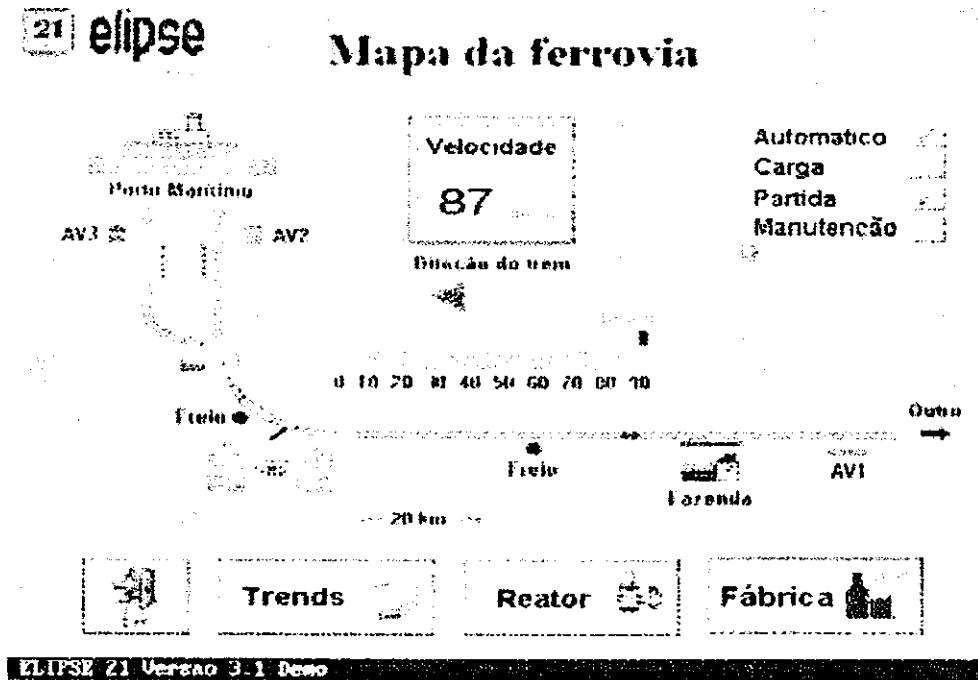


Figura A8: Tela Mapa da Ferrovia

A2 - Elipse 21 demo, versão 4.1

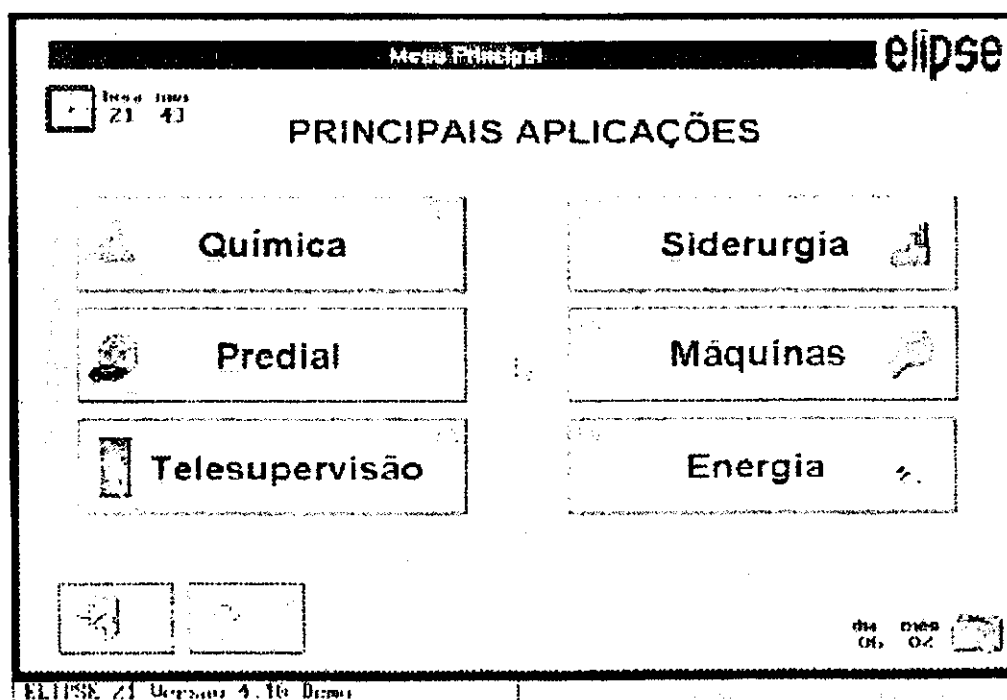


Figura A9: Tela Memu Principal

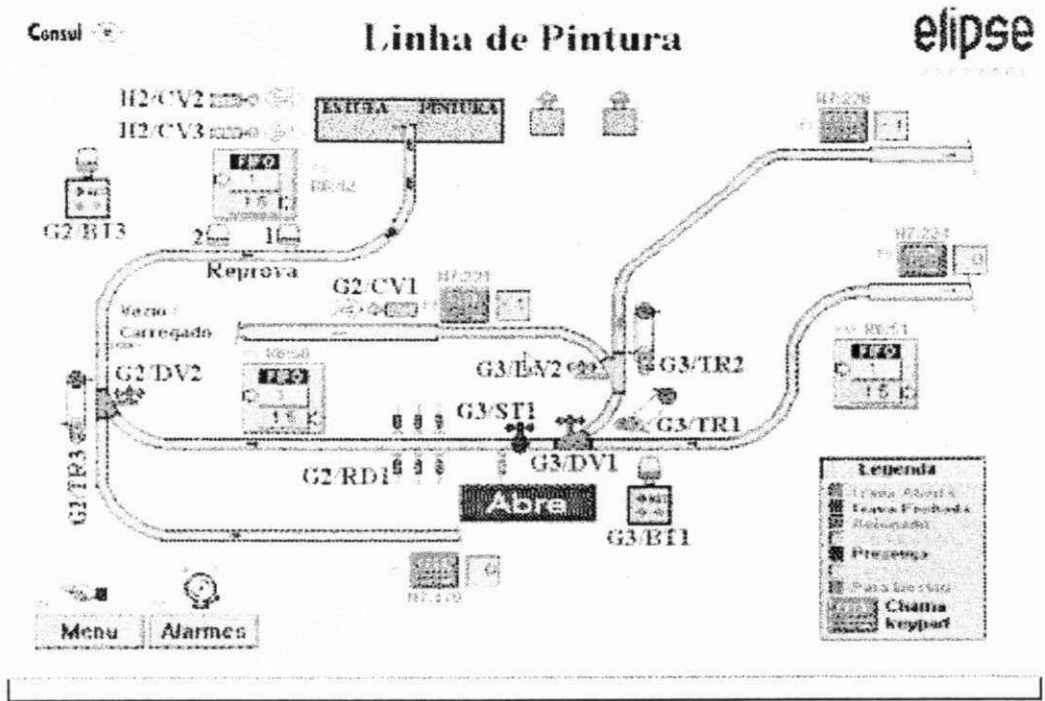


Figura A10: Tela Química

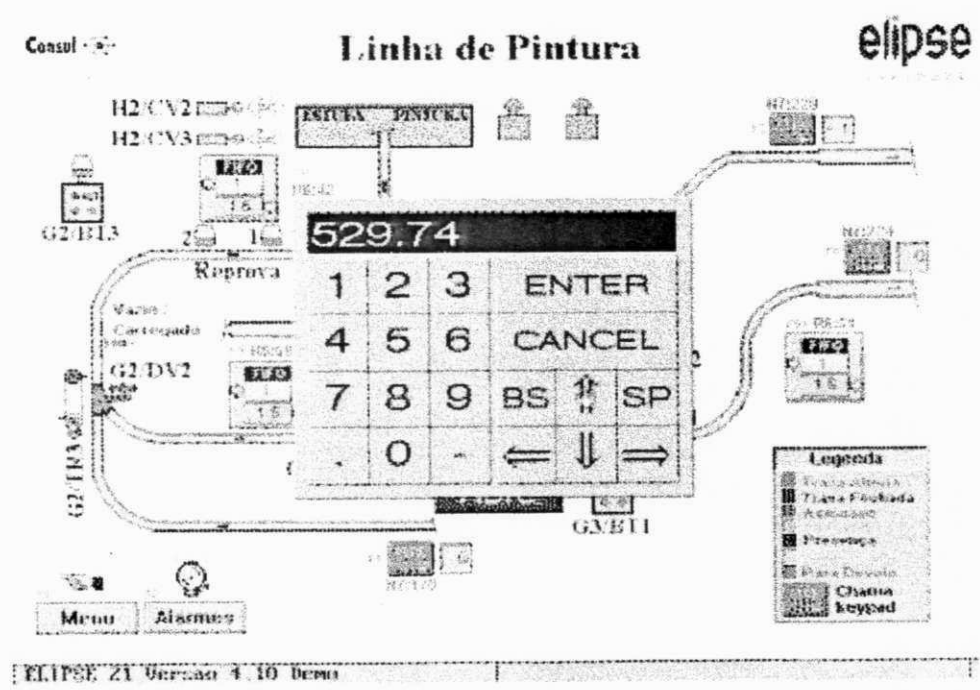


Figura A11: Tela Química com janela tipo "pop-up" para emulação de controlador de equipamento remoto no processo.

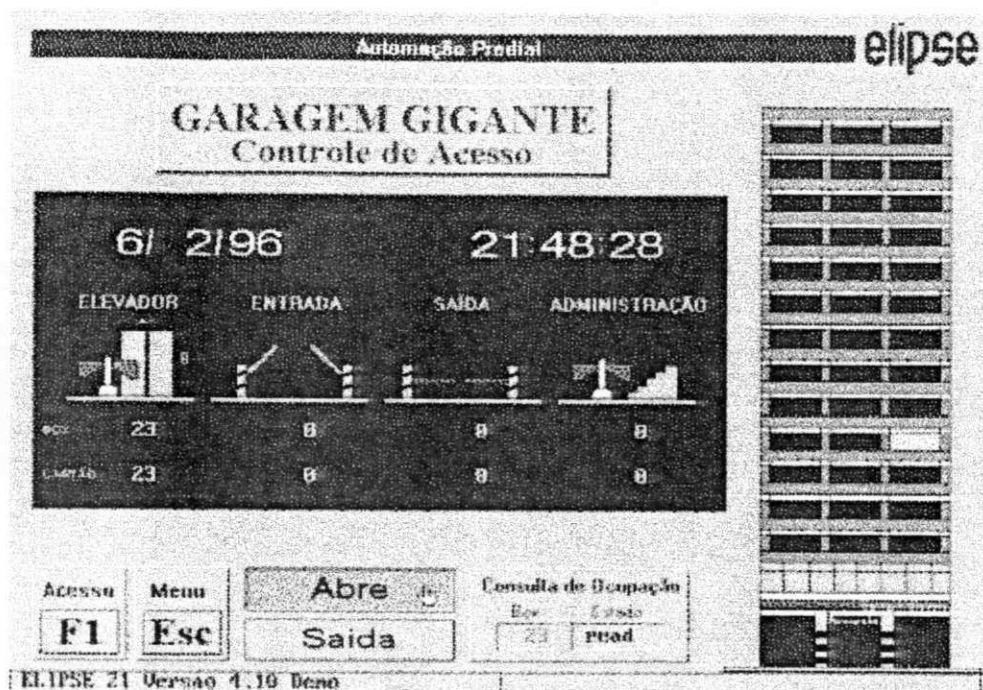


Figura A12: Tela Predial



Figura A13: Tela Telesupervisão

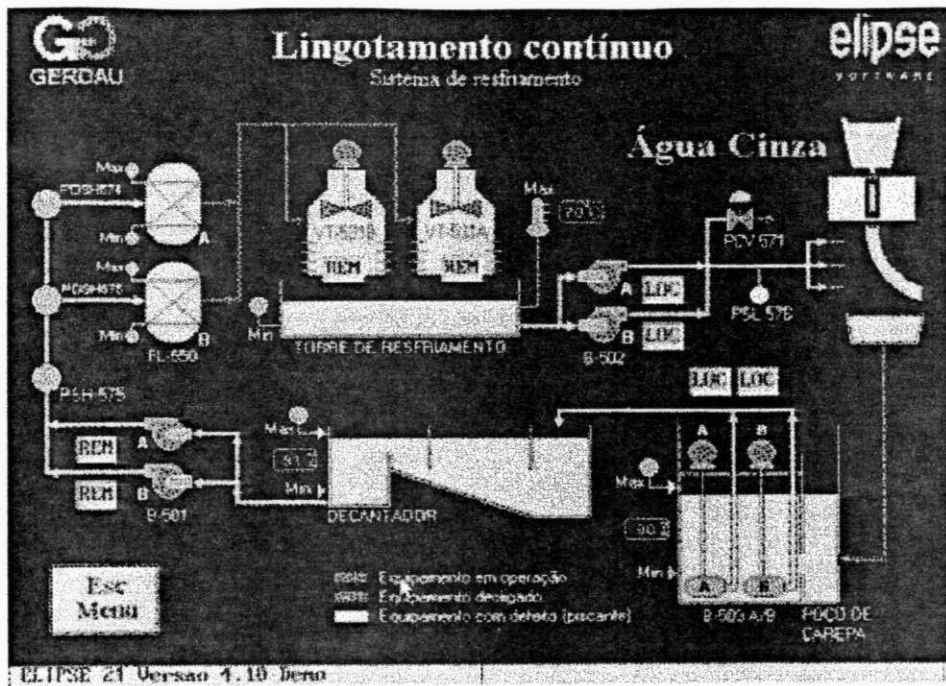


Figura A14: Tela Siderurgia

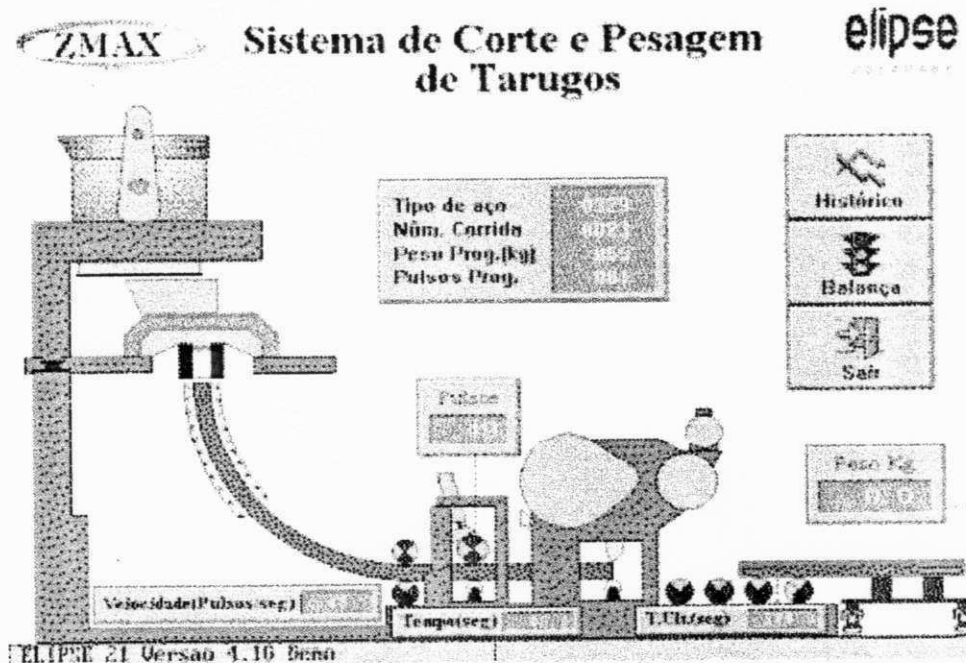


Figura A15: Tela Máquinas

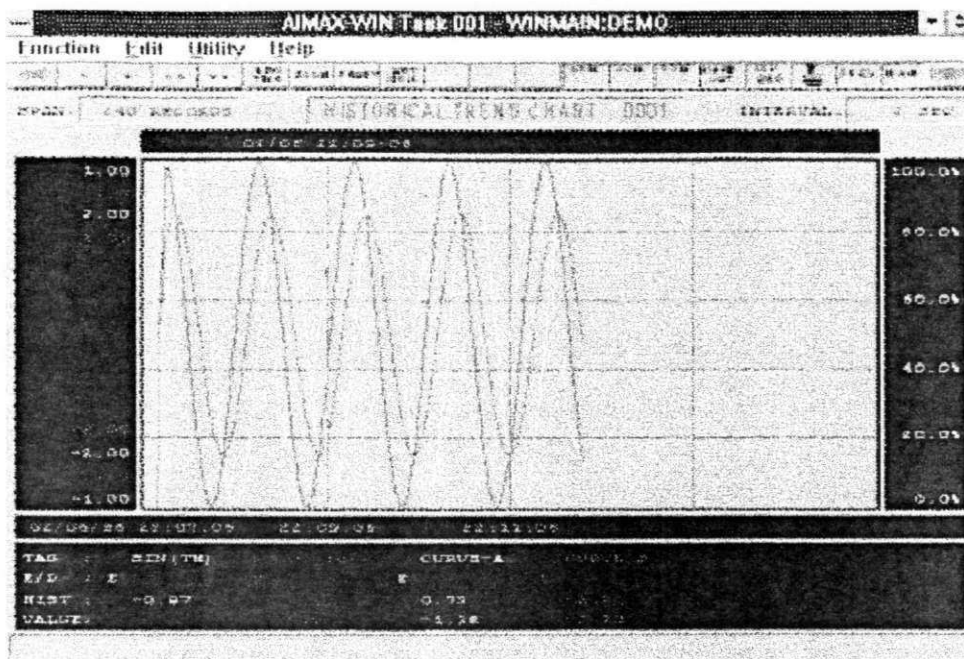


Figura A25: Tela Gráfico (gráfico de histórico do programa Aimax-Win demo)

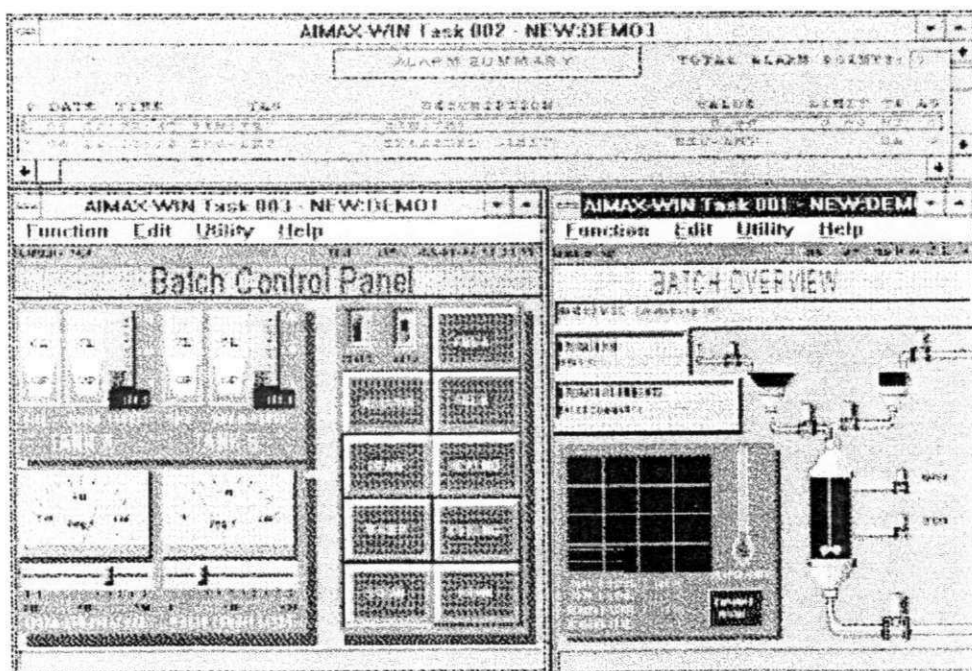


Figura A26: Tela Batch Demo

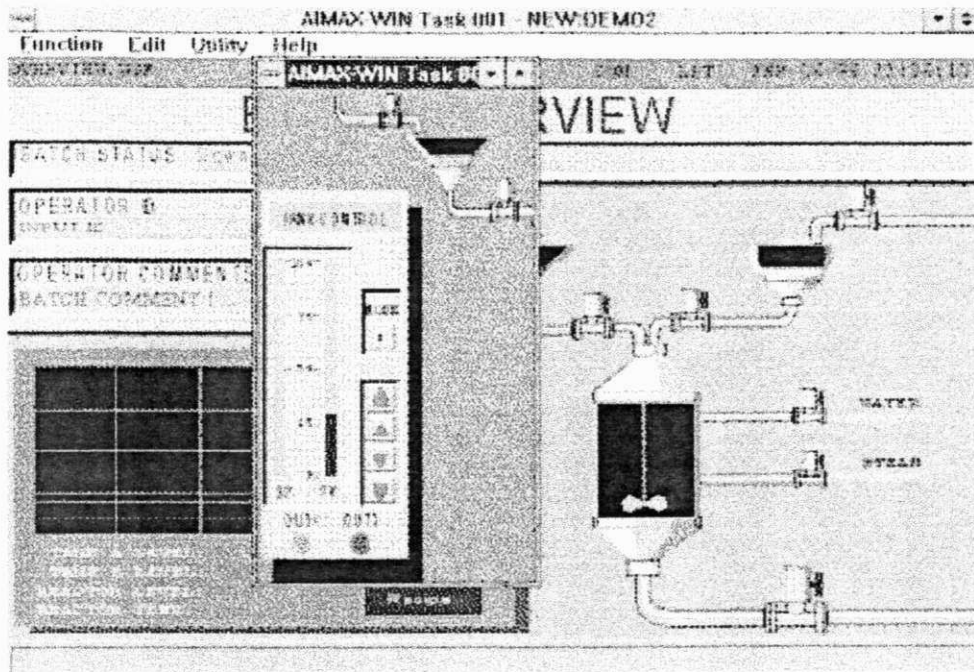


Figura A27: Tela Batch Demo com janela tipo "pop-up" para emulação de controlador de equipamento remoto no processo.

APÊNDICE B

Neste apêndice são apresentados os resultados das observações feitas pelos avaliadores sobre as interfaces do usuário industriais utilizadas no experimento (ver apêndice A). Os avaliadores 1, 2 e 3 não têm qualquer experiência em IHM, enquanto os demais têm alguma formação em IHM. Nas colunas dos avaliadores estão assinaladas as observações feitas na primeira e na segunda sessão de acordo com a seguinte convenção:

Observação feita na primeira sessão do experimento.

Observação feita na segunda sessão do experimento.

Não houve observação alguma.

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
ELIPSE 21 DEMO versão 3.1							
1	Alarme da tela Fábrica, o X piscante, não chama atenção do operador de uma forma adequada.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Símbolo de válvula que é manipulável diretamente na tela Fábrica não o é na tela Temperaturas: inconsistência.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Velocidades das linhas A e B, da tela Fábrica, não indicam de que linhas tratam o anunciado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Velocidades das linhas A e B não apresentam a unidade de velocidade utilizada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	O título "% Ocupação", da Fábrica não apresenta maiores detalhes sobre o que trata o percentual de ocupação.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Nada relaciona os números de Tanque A e Tanque B com os dois tanques apresentados na tela Fábrica.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Os números de Tanque A e Tanque B não estão acompanhados das respectivas unidades.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	As garrafas entre os tanques da tela Fábrica são mostradas cheias, o que não corresponde a realidade.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Gráficos de histórico sem recursos para fácil manipulação dos seus parâmetros, como zoom e marcação de eixos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
10	Gráfico da tela Reatores de tamanho pequeno.						
11	Gráfico da tela Reatores não apresenta informações básicas sobre sua constituição.						
12	Dados relativos a temperaturas e pressões na tela Reatores apresentados em formato numérico não recomendável.						
13	A função do botão Reatores, da tela Reatores, não é manipulável diretamente, ao contrário do botão Aditivos.						
14	Não é apresentada a relação entre as temperaturas e pressões da tela Reatores com os respectivos reatores.						
15	Listas de alarme sem possibilidade de classificação de acordo com a prioridade da ocorrência.						
16	Listas de alarme muito carregada de informações.						
17	Gráfico da tela Silos sem maiores informações sobre seus parâmetros.						
18	Gráficos da interface sem grade de referência de traçado.						
19	A interface apresenta algumas telas sem título.						
20	Navegação não reversível.						
21	Botoeira sem padronização no formato dos botões.						
22	Botoeira sem padronização no posicionamento dos botões.						
23	No alarme da tela Temperaturas, o quadrinho piscante, não chama a atenção do usuário de forma adequada.						
24	O reconhecimento de alarmes com uso da tecla ENTER que, muito requisitada, proporciona lapsos na operação.						
25	Títulos muito abreviados, desnecessariamente.						
26	Apresentação de medições de variáveis sem sua respectiva unidade.						
27	Títulos das telas sem consistência com os botões de navegação.						
28	Quadro dos parâmetros dos gráficos, com fundo cinza e letras brancas, pouco legível.						
29	Telas sem apresentação de data e hora.						
30	Combinação de cores usadas na tela Silos não é recomendável.						
31	Inconsistência no uso de ícones em diferentes telas.						
32	Ícones pouco relacionados com a realidade, como o de alarme da tela Silos, que é um sino.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
33	Fórmula química H ₂ SO ₄ sem indicação no nome do produto correspondente.						
34	Navegação complicada que proporciona um acesso vagaroso às telas da interface.						
35	Indicador de estado "Reatores Ligados", na tela Reatores, parece indicador de alarme.						
36	Telas de sinóticos com componentes sem etiqueta (tag).						
37	Tela Planta Química com variáveis sem destaque adequado.						
38	Tela Planta Química não apresenta legenda relativa às cores usadas na mesma.						
39	Ícones de data e hora apresentados de forma a confundir o operador na leitura destas informações.						
40	Interface não apresenta navegação de emergência.						
41	Botão de navegação "Próxima" na tela Planta Química sem relacionamento com a tela a que este acessa.						
42	Tanques da tela Fábrica com operação sem macros correspondentes.						
43	Não é apresentada uma relação entre o gráfico de temperatura dos reatores com os seus valores numéricos.						
44	Informação dos quadros de parâmetros dos gráficos de histórico e das listas de alarme sem destaque apropriado.						
45	Não há indicação dos símbolos, nos sinóticos, que podem ser manipulados diretamente.						
46	Inconsistência no uso da língua usada nas telas, usa-se Português e Inglês com simultaneidade desnecessária.						
47	Gráficos da tela Silos com cores muito fortes.						
48	Inconsistência na terminologia empregada numa mesma operação: usa-se Exit, Saída e Esc para sair de uma tela.						
49	Símbolo manipulável diretamente no sinótico de uma tela, não o é em outra.						
50	A interface não oferece meios para que o usuário se localize dentro de sua estrutura.						
51	Uso de abreviações indecifráveis, como "TC" na tela Temperaturas.						
52	Botões CLP, Help e Imprime ocupam um espaço muito grande na tela Fábrica.						
53	Figuras no sinótico de temperaturas sem sentido definido na tela.						
54	Informação relativa a data e hora apresentada próxima a botões de acionamento.						
55	Tela Planta Química com fundo branco.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
56	Falta de padronização na apresentação de data e hora.						
57	Tela Planta Química não apresenta claramente o fluxo do processo monitorado.						
58	Lista do histórico de alarmes não apresenta cabeçalho.						
59	Símbolo da Elipse 21 ocupando um espaço muito grande desnecessariamente na tela Fábrica.						
60	Gráficos de difícil leitura devido ao número de variáveis apresentadas e a grande variação das mesmas no gráfico.						
61	Ícone de alarme (na tela Silos) piscante dá a impressão do surgimento de algum evento.						
62	Falta uma melhor distribuição das informações nas telas da interface.						
63	Tanques A e B não apresentam escala na medição dos seus respectivos níveis.						
64	Falta de padronização no uso das teclas de função entre diferentes telas.						
65	Existência de telas não projetadas para serem exibidas em monitor monocromático.						
66	Uso da figura de botão na tela sem que a mesma tenha função de botão						
67	Algumas telas com teclas de função disponíveis mas sem indicação nas telas.						
68	Restrição no acesso ao quadro de alarmes pela dificuldade na navegação.						
69	A tela Silos tem o ícone do botão "temperaturas" com animação, dando a impressão de medição de temperatura.						
70	Apresentação dos valores dos Tanques A e B, e de Tampas, na tela Fábrica com leitura difícil.						
71	Tela Mapa da Ferrovia com contraste de cor entre as informações e o fundo não recomendável.						
72	Alarme sem efeito sonoro capaz de chamar a atenção do usuário adequadamente.						
73	Inexistência de ajuste da velocidade de movimentação do mouse.						
74	Falta de padronização no estilo das telas.						
75	Os botões "Aditivo" e "Reatores" não requerem nenhum tipo de procedimento de confirmação de ordem.						
76	Contraste das informações com o fundo da tela Temperaturas não recomendável.						
77	Inexistência de uma hierarquia definida das telas que compõem a interface.						
78	Histórico de alarmes com a coluna de títulos com mesma cor e contraste da coluna de valores.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
79	Não há um devido tratamento de erros do usuário, com o uso de mensagens para aviso e orientação ao usuário.						
80	Inexistência de livre manipulação das telas como janelas de um mosaico.						
ELIPSE 21 DEMO versão 4.1							
81	Simbologia confusa na tela Química.						
82	Terminologia usada na tela Química confusa no quadro de alarme.						
83	Tela Química composta por um número excessivo de cores.						
84	Lógica do botão ABRE/FECHA não recomendável, sujeito a lapsos na tela Química.						
85	Tela Química, indicadores das teclas de função pequenos e a cor (lilás) é inadequada para leitura no fundo branco.						
86	Sinótico carregado na tela Química.						
87	Uso de fundo com cor cansativa à visão na tela Química.						
88	Uso na tela Química de símbolo de botão no quadro legenda sem ter a função de botão, induzindo seu uso.						
89	Na tela Química, itens da legenda "Para reto" e "Para desvio" não sugerem o seu sentido.						
90	Inconsistência no uso da língua: Português e Inglês na tela Química.						
91	Inexistência de uma clara indicação do que pode ou não ser manipulado diretamente no sinótico na tela Química.						
92	Existência de pisca-pisca sem razões óbvias no sinótico na tela Química.						
93	Falta apresentação de data e hora na tela Química.						
94	Tecla direita do mouse funciona como ESC do teclado, mas não há indicação alguma a respeito na tela Química.						
95	Etiquetas com tamanhos muito variados na tela Química.						
96	Uso de cores inadequadas para leitura no letreiro da legenda na tela Química.						
97	Uso de fundo com cor cansativa à visão na tela Química.						
98	Excesso de pisca-pisca na tela Química.						
99	Letreiro muito pequeno na tela Química.						
100	Janela do quadro de alarme sobrepõe-se quase completamente à planta do processo na tela Química.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
101	Uso de cores não recomendáveis para leitura adequada na legenda na tela Química.						
102	Lembrete com fontes não recomendáveis para uma leitura adequada na tela Química.						
103	Acionamento da abertura dos portões não recomendável, pois o usuário tem que segurar o botão para a operação.						
104	Combinação de cores na constituição da tela não recomendável na tela Predial.						
105	Botão SAÍDA dá a errada conotação de saída da tela, e não a operação de abertura do portão de saída na tela Predial.						
106	Terminologia empregada é pouco intuitiva na tela Predial.						
107	Lembrete muito pequeno para adequada leitura na tela Predial.						
108	Títulos sem padronização na tela Predial.						
109	Tabela de acesso sem destaque da informação na tela Predial.						
110	Não existe hierarquia de destaque na informação na tela principal na tela Predial.						
111	Consulta de ocupação da garagem com forma de apresentação pouco intuitiva na tela Predial.						
112	Desenho sem conexão com a realidade na tela Predial.						
113	Abreviação ABAST não recomendável na tela Telesupervisão.						
114	Produtos mudam de estampa e desatualizam a interface em relação à realidade na tela Telesupervisão.						
115	F3 posicionado antes de F2, significando "Desconecta" posicionado antes de "Conecta" na tela Telesupervisão.						
116	Ícone do medidor de temperatura de cor vermelha, o que dá a idéia de alarme na tela Telesupervisão.						
117	Área das informações com mesma cor de fundo, não proporciona destaque das mesmas na tela Telesupervisão.						
118	Etiquetas das variáveis com mais destaque do que os valores das próprias variáveis na tela Telesupervisão.						
119	Alarme de cor amarela não combina com convenção do vermelho ser usado para tal evento na tela Siderurgia.						
120	Amarelo piscante indica defeito no equipamento, mas os alarmes piscam amarelo na tela Siderurgia.						
121	Cores do sinótico não recomendáveis na tela Siderurgia.						
122	Sinalização do alarme pouco chamativa na tela Siderurgia.						
123	Sinótico muito carregado de informações na tela Siderurgia.						
124	Inexistência de data e hora na tela Siderurgia.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
125	Etiquetas do sinótico excessivamente grande na tela Siderurgia.						
126	Tela não foi projetada para se exibida em monitor monocromático na tela Siderurgia.						
127	Mostrador de temperatura sem destaque compatível com a importância que tal variável na tela Siderurgia.						
128	Contraste das cores verde escuro e cinza com preto de fundo não destaca bem as informações na tela Siderurgia.						
129	Símbolo de botão usado sem a função de botão na tela Máquinas.						
130	Inconsistência de língua: uso de palavras em Inglês na tela Máquinas.						
131	Falta de legenda no gráfico na tela Máquinas.						
132	Ícone Semáforo usado na operação de pesagem do tarugo não recomendável na tela Máquinas.						
133	Distribuição dos componentes da interface na tela feita de forma não uniforme na tela Máquinas.						
134	Quadros de valores apresentando fontes diferentes para quadros diferentes na tela Máquinas.						
135	Uso desnecessário e equivocado de abreviação na tela Máquinas.						
136	Sinalização de conclusão da pesagem do tarugo sugere ocorrência de alarme na tela Máquinas.						
137	Uso de fundo branco na tela Máquinas.						
138	O botão "Sair", ao contrário das outras aplicações, opera a saída do sistema e não da aplicação na tela Máquinas.						
139	Tratamento de erro inexistente, erros do usuário não são seguidos de quadro de avisos na tela Máquinas.						
140	Não há orientação ao usuário sobre procedimentos de correção de erros de operação na tela Máquinas.						
141	Informações sem destaque adequado na tela Máquinas.						
142	Combinação de cores não recomendável na tela Energia.						
143	Gráfico sem qualquer informação sobre sua constituição na tela Energia.						
144	Cor vermelha usada na apresentação do valor da temperatura induz entendimento de alarme na tela Energia.						
145	Gráfico Trend com função ESC sem indicação na tela Energia.						
146	Gráfico Trend com combinação de cores não recomendável na tela Energia.						
147	Figura de botão sem função de botão na tela na tela Energia.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
148	Não há apresentação de valores padrões para cada variável apresentada na tela na tela Energia.						
149	Ícone no botão ESC, um símbolo de trânsito, é equivocado no relacionamento com a realidade na tela Energia.						
150	Não é explicitado a que se refere o fator de potência na tela Energia.						
151	Mostradores (0% - 100%) sem graduação na tela Energia.						
152	Inconsistência no uso da língua: Português e Inglês na tela Energia.						
153	Gráfico Trend sem maiores informações a respeito de sua constituição na tela Energia.						
154	Data de instalação do motor confunde com a data atual na tela Energia.						
155	Lista de alarmes sem cabeçalho na tela Energia.						
156	Lista de alarmes sem barra de rolagem que oriente o usuário sobre sua localização na lista na tela Energia.						
157	Ícones sem representatividade em relação à realidade na tela Energia.						
158	Cor do fundo da tela não permite um bom destaque da informação nesta contida na tela Energia.						
UNITEC System 5 versão 1.0							
159	Cores em número exagerado na tela Química.						
160	Etiquetas mal destacadas na tela Química.						
161	Informações mal destacadas na tela Química.						
162	Título equivocado na tela Química: Planta View.						
163	Tela Farmacêutica muito carregada de informações do sinótico.						
164	Tela Farmacêutica com apresentação de informações pouco legíveis.						
165	Tela Farmacêutica não apresenta convenção de cores utilizadas no sinótico.						
166	Tela Energia apresenta pisca-pisca incômodo.						
167	Tela Energia apresenta botões sem indicação de suas respectivas funções.						
168	Tela Energia tem combinação de cores não recomendável: vermelho abóbora e verde limão.						
169	Tela Energia apresenta informações pouco legíveis.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
170	Tela Energia tem destaque da informação não recomendável.						
171	Códigos Loop 1, Loop 2, Loop3, CV, CU e PV sem explicação sobre o seu significado.						
172	Tela Química não apresenta convenção de cores utilizadas no sinótico.						
173	Tela Química com abreviação supostamente em Inglês indecifrável: ACKAL (acknowledge alarm)						
174	Tela Farmacêutica com pisca-pisca incômodo.						
175	Tela Química com fundo branco.						
176	Fontes do letreiro da tela Química não recomendável.						
177	Animação na tela Química desnecessária e incômoda.						
178	Tela Energia apresenta desenho de botão sem função de botão.						
179	Sinótico da tela Química com pouca representatividade da realidade, símbolos grosseiros.						
180	Número de cores excessivo na tela Energia.						
181	Tela Farmacêutica apresenta fundo cinza que dá pouco destaque às informações nele contidas.						
182	Apresentação de abreviação desnecessariamente na tela Energia.						
AIMAX-WIN versão 1.0							
183	Tela Gráfico com contraste entre linhas e fundo não recomendável.						
184	Grade de referência da tela Gráfico com contraste com o fundo não recomendável.						
185	Contraste entre letreiro da tela Sumário de Alarme e o fundo não recomendável.						
186	Tela Sumário de Alarme sem versatilidade para classificar os registros de alarme por ordem de prioridade.						
187	Tela Laminador muito carregada de informações.						
188	Tela Laminador com fontes não recomendáveis.						
189	Tela Linha de Potência com contraste não recomendável.						
190	Janelas da tela Mosaico muito pequenas para operação adequada.						
191	Tela Mosaico muito carregada de informações.						
192	Pisca-pisca vermelho ENABLE da tela Laminador com sentido dubio.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
193	Tela Mosaico apresenta botão com posicionamento liga-desliga não intuitivo.						
194	Títulos com fundo preto e fontes azuis, contraste não recomendável.						
195	Eixo Y da tela Gráfico com apresentação de informação equivocada.						
196	Barra de ferramentas com botões pequenos.						
197	Destaque da informação contida nas telas deficiente.						
198	Tela Laminador com número excessivo de cores.						
199	Destaque do evento selecionado na lista de alarme não recomendável.						
200	Botoeira principal com contraste com fundo não recomendável.						
201	Pisca-pisca na tela Laminador desnecessário e irritante.						
202	Inconsistência no estilo de apresentação de títulos.						
203	Tela Linha de Potência com número excessivo de cores.						
204	Botoeira da parte inferior da tela Linha de Potência imprensada numa pequena área.						
205	Ponteiros dos medidores da tela Quadro de Bombas com cor não recomendável.						
206	Mostradores dos medidores da tela Quadro de Bombas sem numeração.						
207	Tela Mosaico com cores não recomendáveis.						
208	Barra vertical de varredura do gráfico da tela Gráfico de cor inadequada: branca.						
209	Botoeira inferior na tela Laminador com terminologia pouco intuitiva: IN/OUT, ON/OFF.						
210	Tela Quadro de Bombas com pisca-pisca das informações irritante à visão.						
211	Uso de cores e contrastes nas telas da interface que tornam a leitura de informações difícil.						
212	A tela Gráfico tem uso de zoom que não modifica o espaçamento entre as linhas da grade de referência.						
213	Tela Gráfico não tem versatilidade de mudar as cores das linhas.						
214	Área de acionamento da janela tipo "pop-up" pequena demais.						
215	Tela Linha de Potência sem legenda de símbolos.						

		Av.1	Av.2	Av.3	Av.4	Av.5	Av.6
216	Círculos amarelo e vermelho na tela Quadro de Bombas sem explicação do que se tratam.						
217	Inexistência de indicação da relação entre os gráficos e os mostradores da tela Quadro de Bombas.						
218	Inexistência de macro para expandir uma das janelas da tela Mosaico.						
219	Gráfico da tela Mosaico sem precisão para leitura de valores.						
220	Tela Mosaico com a janela Sumário de Alarmes escondida, dando pouco destaque à informação.						
221	Não são apresentadas a data e a hora nas telas da interface.						
222	Não há indicação como se opera para surgir as janelas tipo "pop-up" na tela Laminador.						
223	Cabeçalho do quadro Alarm, na tela Laminador, tem mesmo estilo dos dados da lista.						
224	Existência de macros sem indicação nas telas da interface.						
225	Tela Mosaico com disponibilidade de janelas tipo "pop-up" sem indicação de como acessa-las.						
226	Inexistência de etiquetas nos sinóticos apresentados na tela Mosaico.						
227	Impossibilidade de ajustar a velocidade de movimentação do mouse.						
228	Apresentação de letras de tamanho minúsculo e com fonte inadequada, que tornam a leitura difícil.						
229	Símbolo da empresa usuária do software supervisor, na tela Laminador, com pouco destaque.						
230	Quadro de alarme da tela Laminador com pouco destaque.						
231	Tela Laminador com detalhes desnecessários para a boa operação no sinótico.						
232	Janelas com fundo cinza, o que não é recomendável para o adequado destaque das informações nestes contidas.						