

**ESCOLA POLITECNICA DA USP**

**CARLOS ALBERTO DE OLIVEIRA CARVALHO**

**EDUARDO MARCELLO CASADO**

**MARCO ANTÔNIO SANTOS DA ROCHA**

**A INFLUÊNCIA DO SER HUMANO NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS  
AUTOMATIZADOS**

Área de concentração:

Engenharia

Orientador:

Prof. Dr. Jorge Rady de Almeida Júnior

São Paulo

2004

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Jorge Rady de Almeida Júnior, pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

Ao engenheiro Wilmar Frattini pelo apoio e orientação.

Ao engenheiro Milton Gioia Júnior pela oportunidade que nos foi concedida.

À mestre em psicologia social Cecília Elena Fuentes Guedes pela colaboração na elaboração deste trabalho.

Ao engenheiro Jorge Martins Secall por sua colaboração e apoio.

Aos operadores e supervisores do CCO por sua cooperação, a quem este trabalho é dedicado.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

## RESUMO

A proposta deste trabalho é estudar a influência do ser humano na operação de sistemas automatizados tendo em vista os seguintes aspectos: papel do operador, facilidade de operação do sistema, grau de interação do operador, existência de situações críticas, capacitação e treinamento

Estes aspectos permitem que se tenha conhecimento dos motivos que levam ao operador interferir no automatismo, conhecer as dificuldades enfrentadas pelo operador em situações críticas e avaliar se o conteúdo do treinamento de formação do operador de console está adequado.

A abrangência e a aplicabilidade dos resultados devem nortear os projetistas de sistemas automatizados no desenvolvimento de novos sistemas.

O operador de console do CCO foi escolhido com o objetivo de aumentar os conhecimentos do trabalho do operador do Centro de Controle Operacional, do Metrô de São Paulo, em sua rotina diária na operação de um sistema automatizado.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to study the influences of human beings in automatic system operation, having in mind the following aspects: operator role, system operation facility, interaction rate, existence of critical conditions and capability and training.

These aspects allow to know the reasons the reasons that lead the operator to interfere in system automatism, to learn about difficulties faced by the operator during critical conditions and evaluate if the training contents are sufficient.

The inclusion and applicability of the results must guide the designers of automated systems in the design of new systems.

The Operational Control Center operator was chosen to increase the knowledge of the work of the control desk operator, from São Paulo subway, in his daily routine operating an automatic system.

## SUMÁRIO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>1</b>  |
| 1.1. OBJETIVO .....                                          | 1         |
| 1.2. JUSTIFICATIVAS .....                                    | 2         |
| 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....                             | 2         |
| <b>2. O SER HUMANO NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS CRÍTICOS.....</b> | <b>3</b>  |
| 2.1. A RELAÇÃO ENTRE O HOMEM E A MÁQUINA .....               | 4         |
| <i>Sinergia Homem-Máquina.....</i>                           | 4         |
| 2.2. A NATUREZA DO ERRO HUMANO .....                         | 7         |
| 2.3. O PROCESSO DA INFORMAÇÃO E DECISÃO .....                | 9         |
| <i>O processo da informação.....</i>                         | 9         |
| <i>O processo de decisão.....</i>                            | 11        |
| <i>Compreensão do processo de decisão .....</i>              | 11        |
| <i>Compreensão da Ação.....</i>                              | 12        |
| 2.4. A QUESTÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA .....                | 12        |
| 2.5. APLICAÇÕES DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS .....              | 13        |
| <i>Usina Nuclear.....</i>                                    | 13        |
| <i>Aviação.....</i>                                          | 14        |
| <b>3. CONTEXTO OPERACIONAL NO METRÔ DE SÃO PAULO.....</b>    | <b>15</b> |
| 3.1. ASPECTOS GERAIS .....                                   | 15        |
| <i>Ambiente de trabalho .....</i>                            | 15        |
| <i>Arquitetura do sistema .....</i>                          | 16        |
| <i>Filosofia de redundância.....</i>                         | 20        |
| <i>Requisitos de desempenho.....</i>                         | 20        |
| <i>Rotinas automatizadas.....</i>                            | 21        |
| 3.2. TAREFAS DESEMPENHADAS NA OPERAÇÃO.....                  | 22        |
| <b>4. COLETA E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES.....</b>               | <b>24</b> |
| 4.1. LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS .....             | 24        |
| 4.2. A VISÃO DOS OPERADORES .....                            | 29        |
| <i>O papel do operador .....</i>                             | 30        |
| <i>Facilidade de operação.....</i>                           | 30        |
| <i>Grau de interação .....</i>                               | 32        |
| <i>Situações críticas .....</i>                              | 33        |
| <i>Capacitação dos empregados .....</i>                      | 34        |
| 4.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROBLEMAS LEVANTADOS .....       | 34        |
| <i>O papel do operador .....</i>                             | 35        |
| <i>Facilidade de operação.....</i>                           | 36        |
| <i>Grau de interação.....</i>                                | 37        |
| <i>Situações críticas .....</i>                              | 37        |
| <i>Capacitação dos empregados .....</i>                      | 38        |
| <b>5. RECOMENDAÇÕES E DIRETRIZES .....</b>                   | <b>40</b> |
| <i>Papel do Operador.....</i>                                | 40        |
| <i>Facilidade de operação.....</i>                           | 41        |
| <i>Grau de interação.....</i>                                | 43        |
| <i>Situações críticas .....</i>                              | 44        |
| <i>Capacitação e treinamento.....</i>                        | 45        |
| <b>6. CONCLUSÕES .....</b>                                   | <b>46</b> |
| 6.1. PRINCIPAIS RESULTADOS .....                             | 46        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                      | <b>48</b> |

**ANEXO A ..... I**

**PESQUISA APLICADA AOS OPERADORES DE CONSOLE DO CCO E SEU RESULTADO ..... I**

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>FIGURA 2.1 – CICLO DO PROCESSO DE DECISÃO.....</b>             | <b>10</b> |
| <b>FIGURA 2.2 – O PROCESSO DE DECISÃO.....</b>                    | <b>11</b> |
| <b>FIGURA 3.1 - VISÃO GERAL DO CCO.....</b>                       | <b>16</b> |
| <b>FIGURA 3.2 – ARQUITETURA DO SSCC.....</b>                      | <b>18</b> |
| <b>FIGURA 3.3 - CONSOLE DE TRENS E FLUXO DE PASSAGEIROS .....</b> | <b>19</b> |
| <b>FIGURA 3.4 - CONSOLE DO SUPERVISOR DO CCO.....</b>             | <b>20</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMV – Aparelho de Mudança de Via

CCO - Centro de Controle Operacional

CEA – Console de Controle de Eletrificação e Equipamentos Auxiliares

CTP – Console de Controle de Trens e Fluxo de Passageiros

COC – Operador de Console do CCO da Linha 5

FAA – “Federal Aviation Administration” (Administração Federal de Aviação)

IHM - Interface Homem-Máquina

IRSE – The Institute of Railway Signal Engineers (Instituto de Engenheiros de Sinalização de Ferrovias)

OE – Operador de Estação

OP-CC - Operador de Console do CCO

OT – Operador de Trens

PEN - Planta de Energia Nuclear

SC - Supervisor do CCO

SSCC - Sistema de Sinalização e Controle Centralizado

TCP/IP - "Transport Control Protocol - Internet Protocol"

UTR - Unidade Terminal Remota

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo estudar a interferência do ser humano na operação de sistemas automatizados, em situações consideradas críticas.

Existem diversas carreiras que executam trabalhos utilizando sistemas automatizados. Considerando o Metrô de São Paulo, dentre tais carreiras pode-se citar o operador de estação, o operador de trens, o operador de console do CCO e o operador de console do CCO da Linha 5. Inicialmente, tinha-se em mente a realização deste estudo para todos os cargos aqui citados, com respeito à sua influência em sistemas automatizados, uma vez que todos lidam com equipamentos que possuem rotinas automatizadas. Entretanto, percebeu-se que seria muito complexo, até porque alguns destes sistemas interagem entre si, como é o caso do trem, da alimentação elétrica, ou inclusive o sistema de ventilação principal, com o CCO.

Diante desta constatação, direcionou-se este estudo para o cargo de operador de console do CCO (OP-CC), cujos empregados operam um sistema em fase de substituição por outro mais moderno, baseado em computadores do tipo estação de trabalho, com maior grau de automação. Outros motivos que contribuíram para direcionar este estudo para o cargo de OP-CC deve-se ao fato do CCO interagir com todos os demais sistemas e devido ao fato de todos os operadores trabalharem em um mesmo local. Este local era de fácil acesso aos elaboradores deste estudo, o que facilitaria o desenvolvimento deste trabalho. Porém, logo após o início do estudo, dois participantes do grupo foram transferidos para outra gerência e, por conseguinte, para outro prédio, mais distante, dificultando a elaboração deste trabalho. Além disto, uma das hipóteses levantadas na elaboração deste estudo concerne à possibilidade de substituição de um sistema tão complexo, como o do CCO, em plena operação.

Outra consideração importante a ser feita é que o operador em questão, como qualquer ser humano, não consegue separar o homem do profissional. Este

trabalho não tem a pretensão de estudar os fatores socio-econômicos que podem influenciar negativamente um empregado, levando-o a cometer uma ação não prevista.

### 1.2. Justificativas

Como existe uma tendência de automatização cada vez maior dos sistemas, surge a necessidade de conhecer, com maior propriedade, como ocorre a interação do ser humano com os sistemas automatizados.

Novos sistemas automatizados têm a capacidade de disponibilizar, para o operador, uma grande quantidade de informações que pode variar desde a forma de apresentação, passando por sua complexidade e descrição (forma como é descrita, etc.), chegando até sua utilização.

O aumento da complexidade dos sistemas instalados exige uma redução no tempo para a tomada de decisão e um constante aperfeiçoamento da operação, surgindo a necessidade de rever os conceitos de capacitação dos empregados.

Existe a necessidade de um estudo aprofundado, no Metrô de São Paulo, com intuito de ampliar o conhecimento das origens das interações dos operadores de sistemas automatizados, em situações críticas, bem como nos tempos de resposta em situações de parada do sistema.

Uma vez conhecidas as necessidades destas interações, pode-se propor estudos para sua adequação, envolvendo desde a capacitação do empregado e o papel desempenhado por ele, chegando até a recomendação de alteração de um projeto de sistemas automatizados, junto ao fornecedor, durante sua elaboração.

### 1.3. Estrutura do trabalho

No capítulo 2, descreve-se a integração das ações do ser humano com as rotinas automatizadas destacando-se a importância da interação entre o Homem e a Máquina, bem como do treinamento dos operadores. Relacionam-se também os pontos fortes, tanto do homem, quanto da máquina. Neste capítulo

também é analisada a natureza do erro humano, considerando suas limitações e habilidades que, em conjunto com o processo de informação e decisão, contribuem para a confiabilidade Humana. Finalizando, o capítulo contém exemplos de aplicação de sistemas automatizados.

No terceiro capítulo, procura-se inserir o leitor no contexto do trabalho do operador de CCO, mostrando suas dificuldades.

O quarto capítulo está reservado para o estudo da operação de um sistema automatizado, no caso os consoles do CCO do Metrô de São Paulo, através da visão dos próprios operadores.

No capítulo 5 apresentam-se algumas soluções e diretrizes que devem ser seguidas para a elaboração de um projeto de sistema automatizado para o CCO do Metrô de São Paulo, levando em conta as considerações descritas nos capítulos anteriores.

Finalmente, no capítulo 6 apresentam-se as conclusões finais deste trabalho.

## 2. O SER HUMANO NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS CRÍTICOS

Em um sistema automatizado é fundamental que haja uma completa integração das ações do ser humano com as rotinas automatizadas. Quando se faz a opção por um sistema automatizado visa-se: a padronização das rotinas, o aumento da capacidade e a eficiência de um sistema, a diminuição dos erros, o aumento da confiabilidade e segurança do sistema. Para que se possa entender a interferência do ser humano em sistemas automatizados, deve-se conhecer os fatores humanos que interferem na tomada de decisão e que podem contribuir para o erro humano.

É reconhecido que a interação homem-computador desempenha um dos papéis mais importantes na segurança da operação. Sua importância será cada vez maior quanto mais intenso for o tráfego, maior for o grau de automação e com o aumento de fontes externas, tais como: interferências provocadas por usuários do sistema metroviário, falhas em equipamentos do campo e

problemas ocorridos em outros sistemas automatizados que interagem com o CCO [1].

## 2.1. A Relação Entre o Homem e a Máquina

A interação entre o Homem e a Máquina é de grande importância para a segurança na operação de um sistema metro-ferroviário. Esta importância torna-se ainda maior quanto maior for o tráfego, o grau de automação e as interferências externas ao sistema. Esta interação é composta pelo comportamento humano, por regras e pela interface homem-máquina.

O treinamento e a educação dos operadores guiam e influenciam o comportamento humano. As regras são baseadas principalmente em aspectos legais e procedimentos operacionais. Seu impacto no comportamento humano também deve ser considerado.

Um aumento da automação faz aumentar a possibilidade de uma decisão errada do operador, podendo levar a um estado indesejado. A utilização de sistemas inteligentes, tolerantes a falhas e redundantes, parece ser a melhor solução para o aumento da disponibilidade. Porém, torna-se difícil a elaboração de requisitos apropriados, seguindo os conceitos de falha segura (“fail safe”), baseados no histórico do fluxo de trens.

As interferências externas dependem da ação de usuários, que devem ser controlados, do trabalho do pessoal de campo, que deve estar bem treinado para atuar em quaisquer situações, inclusive as críticas, e do pessoal de manutenção, cuja atuação visa acelerar o processo de restabelecimento do sistema.

### **Sinergia Homem-Máquina**

Um sistema baseado em computador aumenta a capacidade e a eficiência da operação, aumentando a confiança, a segurança e a qualidade da mesma, além de permitir alcançar maior regularidade e distribuição equalitária da carga de trabalho entre os operadores. O computador cuida de um número maior de

tarefas de forma mais rápida do que o homem. Exemplos no controle de movimentação de trens são o desempenho na movimentação dos trens, a aplicação de energia elétrica, o cálculo de dados, o processamento e armazenagem de programas e a apresentação de informações correntes, quase sem atraso.

Porém, o homem possui seus cinco sentidos e pode usá-los simultaneamente. O homem adapta-se melhor às situações inesperadas e é mais flexível, além de poder pedir ajuda externa quando necessário. Pode reconhecer e corrigir erros; pode pensar e tomar decisões; e, o mais importante, pode se tornar o senhor de uma nova situação, registrar os fatos, estimar as ações e superar o desconhecido.

As principais características do operador humano, segundo o IRSE [1], são:

- capacidade de compreender rapidamente as conexões lógicas em uma grande e complexa quantidade de dados e filtrar os dados de menor importância;
- habilidade para combinar uma larga variedade de impressões para formar opiniões e visualizar soluções;
- habilidade maior para reconhecer enganos quando dados são mostrados graficamente;
- flexibilidade quase inesgotável em relacionar-se com eventos inesperados;
- poder de rápida percepção junto com uma capacidade de pensar analiticamente;
- habilidade em tomar decisões rápidas (porém nem sempre corretas);
- auto-disciplina e senso de responsabilidade;
- habilidade para lidar com estresse físico e mental;
- habilidade em adaptar e improvisar;
- habilidade para entender sistemas de grande complexidade.

Os pontos fortes das máquinas, conforme o IRSE [1], são:

- executam tarefas mais rapidamente que o homem;
- trabalham consistentemente e da forma que era esperada com a quantidade de tarefas destinadas a elas;
- desempenham perfeitamente um grande número de funções simples;
- são projetadas para suportar situações especiais de forma que possam continuar operando apesar de um ou diversos componentes falharem (falha operacional).

“O uso de computadores não é a panacéia para todos os problemas” [1]. Existem diversas consequências negativas a serem consideradas na fase de projeto:

- reduzem a habilidade dos humanos em assumir o comando das funções quando há um problema;
- tendência do ser humano em dividir, com a máquina, a responsabilidade pelo desempenho de todo o sistema, independentemente da maioria das tarefas serem executadas pela máquina. Essa responsabilidade é do homem e, quanto maior for a confiança e regularidade do sistema automatizado, maior é essa tendência;
- quando há excesso de confiança no sistema automatizado, os operadores estão menos atentos, normalmente sem perceber, e têm a falsa impressão de segurança;
- em sistemas de monitoração podem ocorrer vários alarmes falsos, que normalmente podem ser ignorados. Reações a alarmes verdadeiros nem sempre são tão rápidas e diretas quanto deveriam ser;
- podem fornecer informações em excesso, tornando difícil a descoberta de anomalias reais, de forma mais rápida. Os sistemas mais modernos selecionam certas informações e transmitem-nas apenas quando requisitadas ou automaticamente se uma irregularidade aparece;

- torna-se difícil ao operador gerenciar, em um processo rotineiro, todas as etapas de análise, planejamento, decisão, programação e confirmação, execução, monitoração, correção, nova análise, etc. se ele permanece inativo por longos períodos desempenhando apenas funções passivas. Se o operador estiver envolvido e integrado dentro de uma cadeia lógica de trabalho, ele é melhor motivado, tem menos problemas de atenção e comete cada vez menos erros.

A distribuição das tarefas deve, então, ser repartida entre o homem e o computador, combinando os pontos fortes de ambos. Assim, haverá cooperação, resultando em um melhor desempenho, quando considerada que apenas a soma de seus esforços individuais.

## 2.2. A Natureza do Erro Humano

“Se aceitarmos que os seres humanos não são perfeitos, devemos planejar nossos sistemas de forma a lidar com suas imperfeições”[1].

Um sistema automatizado deve ser projetado de forma a respeitar as habilidades dos seres humanos em executar tarefas sob certas condições em intervalos de tempo definidos com determinado nível de aceitação.

A prevenção de acidentes e a limitação de suas conseqüências, somente é possível quando suas causas são conhecidas.

Normalmente, os erros humanos são atribuídos a um problema de comportamento ou a uma negligência do operador que cometeu uma ação errada ou não executou uma ação adequada.

A investigação das causas dos acidentes busca conclusões em diversos fatores relacionados entre si.

Conforme o The Institution of Railway Signal Engineers [1], existem os seguintes tipos de erro humano:

- Deslize ou lapso: ação insegura, onde a ação que foi executada não era a desejada;
- Engano: ação insegura executada intencionalmente, onde a intenção é errônea (erro de planejamento);
- Violação: tipo adicional de ação insegura intencional;
- Logro: é definido como ação insegura tomada deliberadamente, porém sem malícia na quebra dos regulamentos de segurança, normalmente executada por uma razão justificada em princípios de operação.

A natureza da interação homem-computador é responsável pela natureza dos erros humanos cometidos na operação de sistemas automatizados: nestas interfaces, os erros mais críticos tendem a ser do tipo equívocos, provocados pela complexidade cognitiva da interface, ao invés de deslizes e lapsos no nível sintático da interface [2].

O conhecimento embutido no software faz o papel de um agente cujo comportamento pode ser desconhecido do usuário. Neste caso, os erros humanos vão estar associados com previsões erradas feitas a respeito do comportamento automático do sistema. Um segundo tipo de erro decorre da navegação através do espaço virtual, visando encontrar uma informação necessária para se concluir uma tarefa. Dada a disponibilidade crescente de informação, há um grande consumo de atenção do usuário em localizar o que se deseja, e nem sempre o processo de separar o que interessa ocorre com sucesso. Um terceiro tipo de erro está associado à automação das tarefas humanas, que substitui o trabalho manual e contínuo por trabalho intelectual e intermitente. Este erro se manifesta das seguintes formas [2]:

- Erro na percepção de eventos importantes, que deveriam disparar as ações humanas; em geral, a falta de atenção deve-se ao tédio de longos períodos de supervisão sem nenhuma ação física;
- Perda da habilidade de ação rápida, pela falta de prática.

Com relação, ainda, ao comportamento humano, há quatro elementos básicos (a percepção, o processamento da informação, a tomada de decisão e a ação, propriamente dita), que fazem parte do processo de informação, que podem contribuir para a origem de incidente e acidentes.

### 2.3. O Processo da Informação e Decisão

A automação de sistemas provoca o reposicionamento do ser humano em novos níveis de complexidade, com um maior nível de controle e supervisão, refletindo, desta forma, maiores níveis de tomada de decisões. Neste sentido aumenta-se o nível de centralização, tornando a base de decisão extremamente complexa [3].

#### **O processo da informação**

“O processo da informação pode ser considerado como cíclico, começando com a percepção e terminando com uma certa ação, como indicado na figura 2.1. O ciclo é concluído pela percepção dos resultados da ação”[1].

A figura 2.1 mostra este ciclo do processo de decisão, onde inicia-se com a percepção da informação, segue-se seu processamento que gera uma determinada decisão recaindo sobre uma ação a ser executada. O ciclo se completa quando se percebe o resultado da ação.

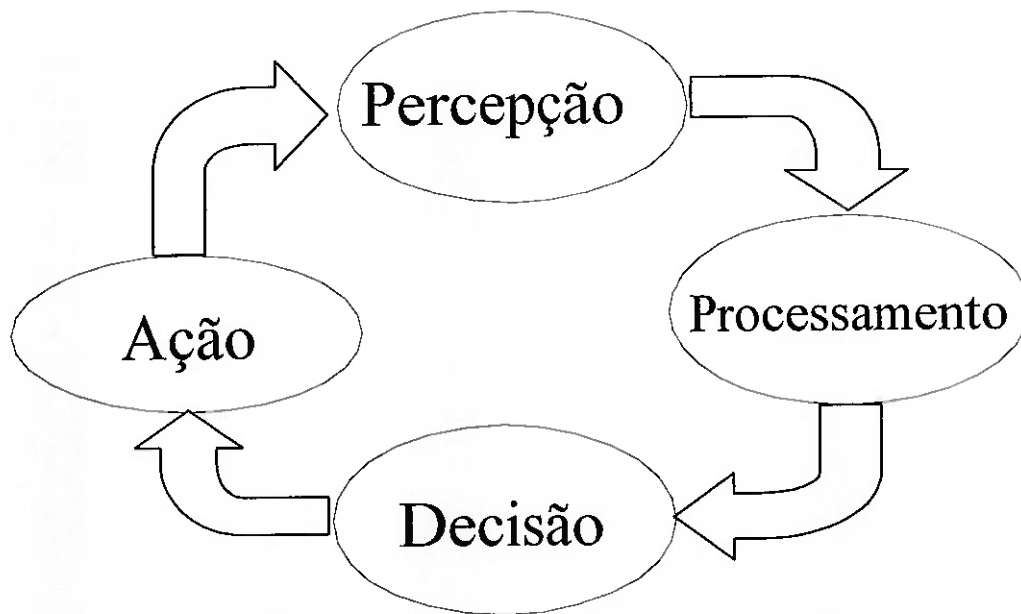


Figura 2.1 – Ciclo do Processo de decisão

Os sentidos da visão e audição são as vias normais de aquisição da informação. Estas entradas de sinais devem ser selecionadas, avaliadas e interpretadas. Os dados são arquivados na memória e comparados com informações já existentes, baseadas em treinamento, teórico e prático, e na experiência do operador.

A informação, uma vez percebida, é então processada de forma a ser tomada uma decisão qualquer. Desta decisão, transcorre uma ação.

Em um sistema automatizado, tanto o homem como o computador, tomam suas decisões e executam ações através de comandos ao campo. Estas decisões podem, nem sempre, ser as mais acertadas, gerando resultados indesejados.

Um sistema automatizado pode reduzir o número de ações atribuídas ao ser humano, porém existe o risco de se tornar extremamente complexo, sendo impossível sua operação por uma única pessoa. Isto também pode implicar na falta do sentimento de responsabilidade pelo sistema.

Em situações críticas, quando decisões drásticas precisam ser tomadas, o pré-condicionamento, bem como o histórico individual e o meio-ambiente, devem ser considerados como uma importante causa de erros.

## O processo de decisão

O processo de decisão depende diretamente da forma como a informação foi percebida e compreendida, ao próprio processo de decisão e à compreensão das conseqüências das ações tomadas.

Conforme o The Institution of Railway Signal Engineers [1], um modelo simples para a tomada de decisão é mostrado na figura 2.2:

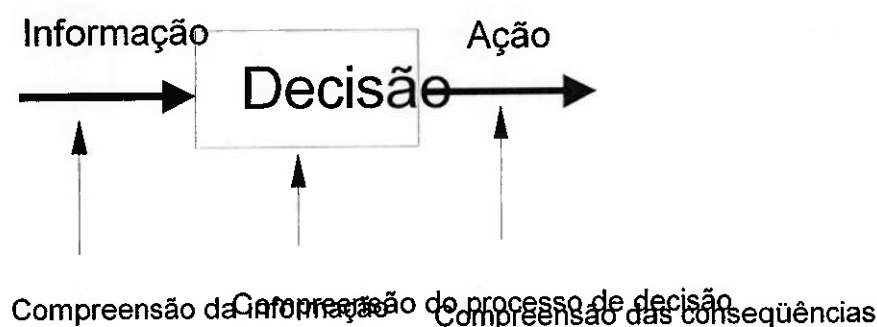


Figura 2.2 – O Processo de Decisão

A transformação de uma informação recebida em ação envolve crescentes níveis de complexidade da compreensão conforme progredimos desde a consideração da entrada de dados, passando pela tomada de decisão, até a execução de um plano de ação.

A compreensão do processo de decisão está descrita a seguir.

### Compreensão do processo de decisão

O nível de compreensão do processo decisório depende, principalmente, da relação entre o protótipo do sistema e a realidade prática. Os modelos são definidos através de conjuntos de regras, porém a boa compreensão depende das realidades práticas que são adquiridas com experiência e análise de eventos e falhas.

### **Compreensão da Ação**

Significa o reconhecimento das conseqüências das ações tomadas e das opções disponíveis para alterar as ações, de forma a alcançar um resultado esperado.

#### **2.4. A Questão da Confiabilidade Humana**

Conforme Filgueiras [2], um grande número de incidentes tem por responsabilidade o erro humano, podendo-se tomar como exemplo as áreas industrial e aeronáutica [4]. Segundo pesquisas, 60% destes incidentes, em média, são devidos ao ser humano, podendo chegar, em alguns casos, a 90% [5]. Em contrapartida, nota-se que, em diversas oportunidades a ação do homem vai no sentido de evitar ou diminuir as conseqüências de um acidente, fazendo com que, nesses casos, sistemas de alto risco sejam por demais dependentes do ser humano.

Quando a análise de um acidente leva à conclusão de que a causa foi um erro humano, normalmente há a tendência de substituição do homem por equipamentos extremamente confiáveis, aumentando-se o grau de automação, visando reduzir a probabilidade de novos problemas. O alto investimento com a confiabilidade de “hardware” e “software” visa garantir que, nas mais diversas condições de operação de um sistema, estes equipamentos deverão atuar corretamente. Mesmo assim, o homem ainda se insere no processo para compensar as eventuais falhas de projeto – agindo com sua criatividade e sua capacidade de solução de problemas quando a automação não tiver sido suficiente, ou quando houver falhas no sistema.

O resultado desta política, que ficou evidente nos estudos da FAA sobre fatores humanos[6], é de que, embora os sistemas automatizados cumpram funções programadas, os erros humanos continuam acontecendo, desta vez associados ao desconhecimentos da situação real do processo e à incompatibilidade entre os comandos humanos e o estado do sistema automatizado.

A questão que se coloca como de vital importância no projeto de sistemas críticos é como integrar a ação humana com os sistemas automatizados,

desenvolvendo uma interface homem computador que possa aumentar a confiabilidade humana. A resposta, acredita-se, está em um método de desenvolvimento de interfaces que considere as características do erro humano e mantenha estas considerações em foco durante o processo de desenvolvimento pela aplicação de técnicas de Análise da Confiabilidade Humana [2].

Uma interface homem-computador visando a confiabilidade humana deve ter as seguintes características [2]:

- Apresentar informações adequadas, qualquer que seja a tarefa executada pelo usuário; deve ainda garantir que o processo cognitivo do usuário seja disparado quando necessário e que o modelo mental do usuário seja adequadamente alimentado;
- Apresentar recursos de manipulação adequados, de forma que o usuário não seja induzido a erros na ação sobre os objetos da interface;
- Ser capaz de rejeitar ou pelo menos indicar um erro humano, se ele acontecer.

## 2.5. Aplicações de Sistemas Automatizados

Sistemas automatizados têm sido aplicados para aumentar a segurança do sistema, diminuindo a probabilidade do ser humano agir de forma incorreta. Esses sistemas também são aplicados em rotinas que são muito extensas, que requerem muitos comandos para sua execução e que necessitem de alta consistência e alta precisão.

Usinas nucleares e indústria de aviação são exemplos típicos de aplicação de sistemas automatizados, conforme detalhado a seguir.

### **Usina Nuclear**

A usina nuclear é um tipo de aplicação onde qualquer falha, seja do ser humano ou do sistema automatizado, pode causar resultados catastróficos.

Portanto, deve haver equilíbrio das características do ser humano, na operação de uma Planta de Energia Nuclear (PEN).

Os projetos devem levar em consideração métodos de tomada de decisão, que compreendam as capacidades e limitações dos componentes envolvidos, de forma a aumentar o nível de segurança.

“A automação é vista como necessária para sistemas de proteção do reator e da planta, controle automático de ciclos, gravação de dados, análise e arquivamento. Como estas tarefas nunca devem ter intervenção humana, quando há falha no sistema automático é essencial ter detalhes suficientes da tarefa no estágio inicial do projeto para prevenir contra circunstâncias anormais e parada de operação” [1].

### **Aviação**

A indústria da aviação deve se preocupar com as três funções básicas de um avião: voar, voar com a maior segurança possível e possuir um alto grau de confiabilidade aliada a uma longa vida útil [1].

As aeronaves modernas são por demais complexas para apenas um ser humano conseguir operá-la, sendo, portanto, necessária a aplicação de automação.

A grande dificuldade desta, e de outras aplicações está no uso de sistemas de computadores que não são capazes, como o homem, em distinguir padrões intrincados não previamente programados, utilizando apenas fragmentos de informações.

Por isso, os projetos mais modernos tendem a distribuir as tarefas entre o homem e a máquina, aproveitando-se das melhores características de ambos. Isto requer que todos trabalhem como uma equipe, desde o projeto de um avião, até a sua operação, onde o comandante da aeronave distribui as tarefas entre os membros da tripulação, não deixando nada à própria sorte e evitando, assim, riscos à segurança dos passageiros.

### 3. CONTEXTO OPERACIONAL NO METRÔ DE SÃO PAULO

“Renovar um sistema inteiro ou trocar partes pode ser necessário para expandir o sistema além dos requisitos originais de projeto ou como consequência do decréscimo de sua disponibilidade ou obsolescência.

A troca será necessária quando um sistema não pode ser mais reparado, o que significa não disponibilidade de partes ou ausência de pessoal treinado e experiente em tecnologia obsoleta. Normalmente também se justifica quando um aprimoramento resulta desta troca, especialmente pela revisão da IHM “ [1].

#### 3.1. Aspectos gerais

##### **Ambiente de trabalho**

A sala onde se encontra o Centro de Controle Operacional (CCO), está localizada no primeiro andar do prédio do Metrô situado à Rua Vergueiro, 1200. É uma ampla sala com piso elevado, paredes em alvenaria, onde se destacam os consoles de operação e os painéis retroprojetados. Junto a uma das paredes localiza-se, em um patamar mais elevado, o console do supervisor do CCO.

A iluminação é apenas artificial e a sala possui dois sistemas de ar condicionado, um geral do prédio que funciona apenas no horário comercial, e outro, do tipo “self-contained”, que opera nos demais horários ou nos casos de falha do primeiro. A figura 3.1 apresenta uma visão geral do CCO.



Figura 3.1 - Visão Geral do CCO

### Arquitetura do sistema

O CCO possuía, antes de sua reformulação, uma arquitetura diferenciada para cada linha em operação:

- para a linha 1, baseava-se em dois computadores operando em "hot stand-by", acrescido de mais um computador para desenvolvimento e simulação;
- já a linha 2, como estava em configuração provisória, possuía apenas um computador igual aos equipamentos do campo para as funções de tráfego;
- a linha 3 possuía uma arquitetura com três computadores, porém eram dois pré-processadores operando em "hot stand-by" e o terceiro operando como processador principal, para cálculos mais avançados.

Cada uma das três linhas operava na seguinte condição:

- um console de operação de tráfego;

- um console de operação de equipamentos de eletrificação;
- um console de operação de equipamentos de fluxo de passageiros e auxiliares.

Devido à necessidade de modernização do CCO, incluindo a obsolescência de alguns equipamentos, foi efetuada uma substituição de todos os equipamentos do CCO, por um Sistema de Sinalização e Controle Centralizado.

Este Sistema de Sinalização e Controle Centralizado (SSCC) foi concebido para atender às três linhas em operação (Linha 1-Azul, Linha 2-Verde e Linha 3-Vermelha), sendo possível sua expansão para mais duas linhas a serem implantadas futuramente.

Sua arquitetura é baseada em conceitos de sistemas distribuídos, utilizando estações de trabalho (“workstations”) e processadores executando funções específicas e se comunicando através de redes de dados digitais. A implementação do Centro de Controle Operacional (CCO) do Metrô de São Paulo é baseada em padrões definidos para sistemas abertos, desde o nível de rede de comunicações até o sistema operacional utilizado.

Adotou-se uma arquitetura cliente-servidor para todo o ambiente do SSCC, sendo que suas características permitem a inclusão de estações de trabalho e servidores adicionais minimizando o impacto de reconfigurações.

As características de conectividade obedecem o padrão “ethernet” com protocolo TCP/IP.

### Configuração física

O diagrama de blocos da figura 3.2 mostra a arquitetura do SSCC:

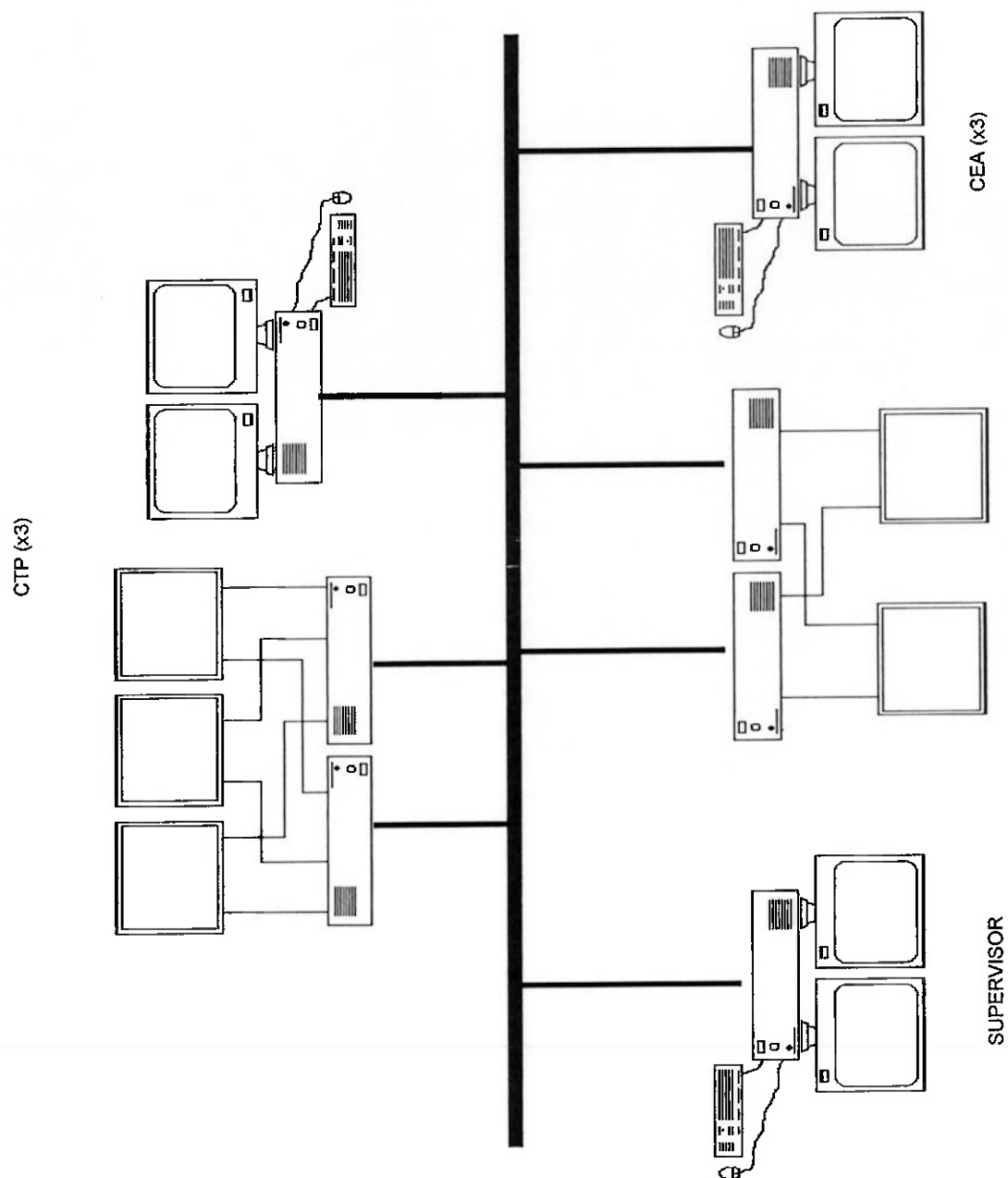


Figura 3.2 – Arquitetura do SSCC

Para cada linha existe uma rede local com dois postos de trabalho cada, para controle dos equipamentos de sinalização e fluxo de passageiros (CTP), que interliga-se a uma única rede de controle de energia e auxiliares (CEA), que possui três postos de operação. Ainda conectado à rede, existe um único posto (SUPERVISOR), destinado à monitoração por parte do supervisor do CCO. Uma unidade terminal remota (UTR), instalada no CCO, realiza a comunicação entre as UTR das estações e os equipamentos do CCO, através de módulos de interface de comunicação. As figuras 3.3 e 3.4 apresentam o console de trens e fluxo de passageiros e o console do supervisor do CCO, respectivamente.



Figura 3.3 - Console de Trens e Fluxo de Passageiros



Figura 3.4 - Console do Supervisor do CCO

### **Filosofia de redundância**

O SSCC foi projetado para garantir uma grande disponibilidade, princípios de operação flexíveis e seguros e manutenção de fácil diagnóstico e rápida correção. A arquitetura foi elaborada de modo a manter operacionais as funções de supervisão e controle, inclusive a base de dados em tempo real e aquisição de dados do processo, em qualquer ocorrência de falha singela. A ocorrência de uma falha é detectada pelo sistema de auto-diagnóstico que promove o chaveamento do hardware defeituoso para o seu dual, reportando o fato ao operador em forma de mensagem de alarme.

### **Requisitos de desempenho**

A taxa de erro admissível na comunicação entre equipamentos de campo deve ser de no máximo  $10^{-12}$ . Os recursos de armazenamento devem ser capazes de registrar, na sua totalidade, as indicações, os comandos, os alarmes e as ações dos operadores ocorridas em 60 dias de operação.

### **Rotinas automatizadas**

Com a implantação dos novos postos, baseados em estações de trabalho, várias rotinas foram automatizadas buscando facilitar a atividade do operador e aumentar o desempenho do sistema. Dentre as rotinas, destacam-se as seguintes:

#### **a) equipamentos de fluxo de passageiros**

- emissão de avisos sonoros digitalizados pré-gravados;
- quantidade de deficientes em determinado trem;
- existência de telas representando os níveis das estações, com seus equipamentos e acessos;
- telas com os mapas dos arredores das estações;
- localização dos registros de recalque, facilitando a informação para o Corpo de Bombeiros, no caso de uma eventualidade;

#### **b) equipamentos auxiliares**

- representação de todo o sistema de ventilação de todas as estações;
- envio de alarme de incêndio ao console de fluxo de passageiros;

#### **c) equipamentos de energização**

- energização e desenergização de vias;
- transferências automáticas de sistemas de alimentação;
- isolamento de sistemas de energização automaticamente, devido a manutenções programadas;
- envio de informação de terceiro trilho desenergizado ao console de controle de trens;
- emissão de aviso ao operador quando este tenta executar uma operação ilegal, informando a causa da não execução do comando;

d) equipamentos de controle de trens

- regulação do sistema;
- despachos automáticos;
- regulação dos intervalos entre trens;
- inserção de um trem no sistema automaticamente;
- retirada de trens automaticamente do sistema;
- rastreamento dos trens constantemente;
- monitoração constante de estados e desvios dos equipamentos e informação ao operador através de alarmes e textos;
- alinhamentos de rotas automaticamente conforme o destino de cada;
- energização e desenergização através do console de trens, quando delegado pelo console de eletrificação;
- emissão de sinal de alerta ao console de auxiliares, com três estações de antecedência, do desembarque de deficientes em estações do sistema.

3.2. Tarefas desempenhadas na operação

Os operadores do CCO trabalham 24 horas por dia, em turnos de seis horas, divididos em seis escalas diferentes.

Estes operadores desempenham papéis diversificados, conforme o console em que estão operando.

Para o supervisor do CCO, espera-se que o operador do console de energia monitore continuamente todo o sistema de alimentação elétrica, prepare os equipamentos para a manutenção e, durante a anormalidade, garanta, com segurança, a isolação de equipamentos e monitore os alarmes.

O papel desempenhado pelo operador do console de fluxo de passageiros é atender às necessidades dos usuários e empregados, mantendo-os informados, encaminhar e registrar no sistema o controle de deficientes, usuários perdidos e

encaminhamentos (hospitais, SOS criança, Delegacia de Polícia do Metrô, etc.).

Já o operador do console de controle de tráfego deve manter a regularidade da oferta de trens. O Metrô de São Paulo adota uma política de ofertar à população, trens em intervalos médios de três minutos. Podem ocorrer pequenos ou grandes desvios nestes intervalos de oferta. Cabe a este operador isolar o problema do restante do sistema, resolvendo-o adotando as estratégias necessárias para tal, intervindo diretamente nestes desvios. Não havendo nenhuma situação de desvio, o operador deve apenas monitorar o sistema e não interferir com este, porém sempre atentando para a ocorrência de possíveis desvios.

#### 4. COLETA E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES

##### 4.1. Levantamento dos principais problemas

Para efetuar o levantamento dos principais problemas existentes na operação dos novos consoles do CCO, foi elaborada e aplicada uma pesquisa entre alguns operadores, durante o mês de setembro de 2003. Esta pesquisa teve caráter puramente exploratório. Foram entrevistados dezoito operadores, sendo três de cada escala de trabalho, de um universo de sessenta e seis operadores.

Deve-se considerar que esta pesquisa foi aplicada durante uma situação de troca dos equipamentos do CCO, incluindo uma nova forma de operação, onde haviam pendências de projeto a serem solucionadas e parte dos operadores não estava plenamente capacitada para operar nestes novos consoles. Podem existir situações de problemas levantados pelos operadores, na época da pesquisa, que foram solucionados no transcorrer da elaboração deste trabalho.

A pesquisa contou com vinte perguntas elaboradas em conjunto com a especialista em pesquisas da Gerência de Operações do Metrô. As primeiras 12 questões foram do tipo múltipla escolha, pois o objetivo da pergunta era claro e existia a necessidade de quantificar as respostas. Foram explorados vários aspectos com objetivos distintos. A seguir descreve-se cada uma das perguntas e seus respectivos objetivos:

##### **1. Nesse novo console, como você vê o papel do operador.**

- ( ) Como um parceiro do equipamento, isto é, que conversam e interagem**
- ( ) Como um supervisor, isto é, que só observa e não interage com o equipamento**
- ( ) Como um “back up”, que só atua quando o sistema falha ou requisita o operador**

Objetivo: determinar como o operador se sente na execução de suas tarefas diárias e qual a melhor forma de operar o console.

**2. Comparando o novo console com o antigo, em termos da relação entre operador e equipamento.**

- ☐ Houve mudança, agora exige muito mais participação do operador.
- ☐ Praticamente não se alterou, está a mesma coisa.
- ☐ Houve mudança na relação, agora exige muito menos participação do operador.

Objetivo: comparar se o novo console trouxe ganhos, melhorias e facilidades na operação do console pelo OP-CC.

**3. O novo console.**

- ☐ Facilitou suas atividades.
- ☐ Não alterou suas atividades.
- ☐ Dificultou suas atividades.

Objetivo: determinar sob quais aspectos seu trabalho foi facilitado na utilização do novo console.

**4. Qual sua opinião/ sua avaliação sobre a aparência das telas dos monitores dos micros.**

- ☐ Encontra-se tudo com facilidade/ com clareza.
- ☐ A visualização é regular, para algumas coisas é fácil e para outras é difícil.
- ☐ As telas tem muita informação, estão muito poluídas.

Objetivo: determinar se o desenho das telas é de fácil compreensão, não estão poluídas e encontra-se tudo aquilo que se quer com facilidade.

**5. Na sua opinião, as informações recebidas do campo são.**

- ☐ **Sempre confiáveis.**
- ☐ **Confiáveis às vezes.**
- ☐ **Raramente confiáveis.**

Objetivo: determinar se as informações que chegam ao operador são condizentes com a situação dos equipamentos em campo em todos os casos.

**6. Sobre a qualidade dos alarmes.**

- ☐ **Os textos dos alarmes são facilmente compreendidos.**
- ☐ **A compreensão/clareza dos textos é regular.**
- ☐ **Os textos dos alarmes são incompreensíveis.**

Objetivo: determinar se o texto dos alarmes é de fácil compreensão.

**7. Sobre a quantidade dos alarmes.**

- ☐ **A quantidade é excessiva e desnecessária.**
- ☐ **A quantidade é adequada.**
- ☐ **A quantidade é insuficiente.**

Objetivo: determinar se a quantidade de alarmes recebidos é compatível com a necessidade de trabalho.

**8. Sobre a execução de comandos.**

- ☐ **A execução de comandos, de forma geral, é muito complexa.**
- ☐ **A execução de comandos, de forma geral, é simples e direta.**

Objetivo: determinar se as formas de execução de comandos são simples

**9. A confirmação de comandos é.**

- ☐ **Excessiva.**
- ☐ **Adequada.**
- ☐ **Insuficiente.**

Objetivo: verificar, junto ao grupo, se as confirmações de comando solicitadas por este novo console são muito freqüentes.

**10. A quantidade de intervenções nas rotinas automatizadas é.**

- ☐ **Muito freqüente.**
- ☐ **Adequada.**
- ☐ **Pouco freqüente/rara.**

Objetivo: determinar se existe necessidade de intervenções do operador nas rotinas operacionais automatizadas e se a quantidade de intervenções no sistema é adequada.

**11. A navegação através das telas é.**

- ☐ **Boa (fácil e direta).**
- ☐ **Regular.**
- ☐ **Ruim (difícil e “emperrada”).**

Objetivo: determinar se o modo de se passar de uma tela para outra é simples.

**12. Após a sinalização de uma situação complexa do campo, seu tempo de reação para executar um comando é.**

- ☐ **Muito rápido.**
- ☐ **Adequado/razoável.**
- ☐ **Um pouco lento.**

Objetivo: determinar se o tempo de atuação do operador em situações críticas condiz com as necessidades do sistema metroviário.

**13. De uma forma geral, da sua experiência nesse trabalho, o que significa uma influência positiva ou negativa na relação entre operador e equipamento?**

Objetivo: determinar quais atuações do operador podem influenciar, positiva ou negativamente, durante a operação do sistema, principalmente diante de uma situação crítica.

**14. Quais são as situações que você considera críticas/complexas/“encrencadas” na operação do seu console?**

Objetivo: verificar quais são as situações consideradas críticas pelo grupo.

**15. Pensando na sua experiência de trabalho, no caso de situações críticas onde há pressão e quando não se conta com o sistema automatizado, como você percebe as diferentes reações das pessoas, como elas costumam reagir?**

Objetivo: verificar as diferentes formas de reação de cada operador frente a situações críticas.

**16. E agora, pensando em você nessas mesmas condições de pressão, como você costuma reagir, o que acontece com você? Como você se sente?**

Objetivo: verificar como o operador se comporta diante de situações críticas.

**17. Nesse tipo de situação/condição de pressão, como você percebe/sente o seu tempo de reação diante de uma decisão que você deve tomar/diante de um problema que você tem de solucionar?**

Objetivo: verificar se o operador se sente seguro ao operar o console.

**18. Na sua opinião, o quadro dos operadores conta com a capacitação e os recursos necessários para atuar com segurança no console?**

Objetivo: verificar se os operadores consideram que os treinamentos de capacitação ministrados pelas áreas técnicas foram adequados para exercer suas funções no console.

**19. Quais tipos de treinamento de capacitação você considera necessários e importantes para o exercício de sua função?**

Objetivo: relacionar quais são os treinamentos de formação que o grupo considera prioritário para o desempenho de suas funções.

**20. Que tipos de reciclagem podem dar a compreensão de sua função/do seu papel no funcionamento do sistema metroviário?**

Objetivo: relacionar quais são as reciclagens que o grupo considera necessária para mantê-los aquecidos no desempenho de suas funções.

#### 4.2. A visão dos operadores

A visão dos operadores ocorreu em um contexto de substituição do sistema, no qual havia diversas pendências de projeto, onde os operadores não conheciam todos os recursos e alguns desses recursos não estavam disponíveis, além do que os operadores estavam operando o sistema sem uma formação adequada.

Para facilitar o estudo da interferência do ser humano em sistemas automatizados, dividimos os aspectos explorados na pesquisa em cinco diferentes itens, a saber:

(Os números entre parênteses correspondem às questões onde os aspectos foram explorados na pesquisa)

- papel do operador (1);
- facilidade de operação (2, 3, 4, 6, 7, 8 e 11);
- grau de interação (5, 9, 10 e 13);
- situações críticas (12, 14, 15, 16 e 17); e
- capacitação dos empregados (18, 19 e 20).

A partir das respostas obtidas, agrupou-se a visão que o operador tem com relação à sua interação com o sistema, levando em consideração os aspectos aqui descritos.

### **O papel do operador**

“A automação de sistemas provoca o reposicionamento do ser humano em novos níveis de complexidade, com um maior nível de controle e supervisão, refletindo, desta forma, maiores níveis de tomada de decisões. Neste sentido, aumenta-se o nível de centralização, tornando a base de decisão extremamente mais complexa.”[3]. “Nessa relação do operador com os sistemas computacionais o ser humano pode assumir basicamente três papéis: monitor, ‘back-up’ ou parceiro” [3].

Os operadores foram praticamente unânimes em afirmar que se vêem como parceiros, principalmente nos postos de controle de trens e passageiros e nos momentos de anormalidade. No posto de controle de eletrificação e nos momentos de normalidade eles se enquadram mais no papel de monitor.

### **Facilidade de operação**

A avaliação deste item está baseada na comparação entre o novo console com o anterior. Como facilidade de operação levou-se em consideração as mudanças ocorridas, a aparência das telas, a facilidade de navegação, clareza e facilidade dos comandos e a qualidade e a quantidade dos alarmes.

O novo console tem muito mais rotinas automatizadas, exigindo menor participação e intervenção do operador ou ainda tornando a operação mais ágil. A qualidade dos recursos melhorou, tornando a relação homem-máquina mais amigável e as ações mais rápidas, facilitando a operação.

A visualização das telas é regular, pois existem informações desnecessárias. Devido à quantidade de informações, por vezes é difícil encontrar o que se procura. Uma das melhorias é o fato de informações importantes aparecerem de forma piscante na tela, chamando a atenção do operador para o fato.

A opinião ficou dividida. Metade pensa que os textos são facilmente compreendidos. Os demais não estão totalmente familiarizados com os textos dos alarmes, dificultando seu trabalho. Somente após o treinamento foi possível a compreensão dos alarmes.

Existem alarmes que não exigem nenhuma ação do operador. Os excessos de alarmes dificultam a localização de alarmes que requerem interação. O código de cores é insuficiente para diferenciá-los; alarmes graves poderiam ter diferenciação através de alarme sonoro. Fica praticamente impossível ler todos os alarmes devido à grande quantidade de informações existentes na tela.

De modo geral, a execução dos comandos é simples e direta, considerada adequada. Esse é um ponto forte deste novo console, houve ganho em relação ao anterior. A inclusão de resposta do sistema face à execução dos comandos diminuiu a possibilidade de erros. Porém, existem alguns problemas, tais como janelas que abrem sobre objetos, dificultando a visualização e operação do console, sendo necessário arrastar esta janela.

Apesar da navegação ser considerada boa e fácil, há problemas de atualização da tela, não permite velocidade de ação e há sobreposição de janelas, atrapalhando a operação do sistema.

### **Grau de interação**

Neste tópico, procurou-se avaliar a confiabilidade da informação, a confirmação de comandos, a quantidade de intervenções feitas pelo operador e como estas ações influenciam na operação do sistema.

De um modo geral as informações recebidas do campo são consideradas pelos operadores como sempre confiáveis, apesar de situações de anormalidade, tais como atrasos de informação e congelamento de telas, que levam alguns operadores a desconfiar do sistema, passando a verificar a veracidade e a consistência do informação.

Os operadores foram unânimes em considerar como adequada a quantidade de confirmações de comandos por eles requeridos ao sistema.

A opinião dos operadores ficou dividida em relação às intervenções nas rotinas automatizadas. Um grupo de entrevistados julga muito freqüente e outro adequada. O console de trens foi considerado, por alguns operadores, o que mais necessita de intervenção nas rotinas automatizadas, como por exemplo: recolhimento de trem de atividade programada, trem com falha, necessidade de manobras intermediárias e principalmente, no horário de pico, quando ocorre mais de uma interferência na mesma via, sendo isto suficiente para que toda a regulação imposta pelo automatismo seja perdida.

Como influência positiva, os operadores destacam as ações preventivas que permitem as correções de desvios, visando o restabelecimento da regulação do sistema. Foram citadas alterações de alguns parâmetros, tais como, correção do nível de desempenho do trem, correção do tempo de paradas dos trens nas plataformas, como exemplo destas ações.

Por outro lado, as ações que influenciam negativamente a operação do sistema são aquelas que decorrem das conseqüências do baixo conhecimento do operador, em relação ao novo equipamento, pouca prática no novo console e falta de treinamento adequado. Além disto, a falta de atenção e o excesso de

atuações desnecessárias no automatismo também foram citadas como influências negativas à operação.

### **Situações críticas**

Inicialmente, deve-se elaborar o conceito de SITUAÇÃO CRÍTICA. Entende-se por SITUAÇÃO CRÍTICA aquela situação que implica na segurança dos usuários, empregados e equipamentos, além de situações que resultam na paralisação ou degradação do serviço prestado.

Em uma situação crítica, os aspectos importantes a serem considerados são a percepção do operador de que ocorreu um desvio da normalidade e seu grau de severidade, o tempo de reação do operador, sua reação e seu comportamento frente a esta realidade.

Os operadores consideram que, na ocorrência de uma situação crítica, seu tempo de reação normalmente é muito rápido ou adequado à situação.

Os operadores concordam com o conceito de situação crítica, definido em parágrafo anterior. Algumas situações apontadas como críticas são as seguintes: reboque de trens, descarrilamento de trens, atropelamento de aparelho de mudança de via, equipamento de sinalização gerando sentido de tráfego oposto, colisão de trens, incêndio, arriamento do 3º trilho, falta de comunicação com o campo, atropelamento de usuário, ocorrência de óbito, aparelho de mudança de via sem correspondência, trem sem tração em nenhuma modalidade no pico, falta de operador no campo quando da necessidade de comando local, falsa ocupação, degradação do sistema elétrico e conflito entre torcedores dentro do sistema.

Na ocorrência de uma situação crítica, o comportamento dos operadores se altera, ficando tensos, nervosos ou ansiosos, dificultando a tomada de decisões. Isto os leva a tomar atitudes precipitadas. Observa-se, em muitos casos, alteração da voz e do humor dos operadores interferindo no relacionamento interpessoal da equipe.

Em contrapartida, existem operadores que procuram manter seu equilíbrio emocional de forma a se sentirem seguros e com total domínio da situação.

### **Capacitação dos empregados**

“O IRSE reconhece que o treinamento elementar não é suficiente: por exemplo, um técnico pode ser treinado para lidar com tarefas específicas de manutenção, mas para que possa cumprir estas tarefas sem supervisão próxima, o técnico também deve ter conhecimento e experiência no ambiente de trabalho e nas relações com outras pessoas em termos de função e geografia” [1].

A grande maioria dos operadores considerou que o quadro não conta com a capacitação adequada para a operação do novo sistema, apesar de não comprometer a segurança.

Na opinião dos operadores eles consideram como necessário os seguintes treinamentos para o exercício de suas funções: capacitação nos consoles de controle da elétrica, de passageiros e de trens, micro informática, conhecimento dos equipamentos de campo (primária, retificadora, auxiliares, salas técnicas, rotinas de estações, trens e ventilação), conhecimento de gestão de recursos humanos (trabalho em equipe, relaxamento e de relacionamento interpessoal) e simulação de anormalidades (existem operadores que nunca passaram por determinadas situações como atropelamento ou reboque).

Segundo eles, deve haver reciclagens periódicas em todos os itens de formação, anteriormente citados, complementado com estudo de casos de incidentes notáveis<sup>1</sup>, com intuito de mantê-los sempre atualizados.

#### **4.3. Considerações sobre os problemas levantados**

Durante a modernização de um sistema, existem diversas dificuldades a serem suplantadas, tais como, treinamento, envolvimento dos operadores no

---

<sup>1</sup> Incidente notável é toda ocorrência que paralise a circulação de trens por mais que três vezes o intervalo entre trens praticado.

desenvolvimento e adequação do operador aos novos recursos (equipamento e filosofia de operação) e vice-versa.

A pesquisa foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Conforme o resultado da pesquisa (Anexo A), apontou-se, para cada uma das perguntas, os dados coletados das dezoito entrevistas realizadas com os operadores de console. A partir das entrevistas, obteve-se uma visão elaborada pelos operadores de console. Segue-se a análise desta visão, segundo a mesma classificação adotada no item anterior.

### **O papel do operador**

Conforme Camargo [3], o ser humano possui fraco desempenho no papel de monitor pois fica extremamente dependente das informações disponibilizadas pelo sistema, que podem ser muitas e de forma não adequada à compreensão. Neste caso, implica em baixa vigilância por parte do operador, “podendo conduzi-lo a atitudes de superconfiança ou complacência em relação ao sistema automatizado”.

No papel de “back-up”, o operador pode ter pouco tempo para tomar uma decisão e ter dificuldades em tomar esta decisão por ter ficado inativo por longos períodos de tempo.

Quando o operador desempenha o papel de parceiro, algumas tarefas serão atribuídas a ele, intencionalmente ou porque não puderam ser automatizadas. Com isso, o operador age com criatividade, utilizando seus conhecimentos, e se sente integrado ao sistema.

Sempre que se fala em sistemas automatizados, a primeira imagem que vem é a substituição do ser humano pela máquina. Acredita-se que em muitos sistemas isso possa ser possível, entretanto em um sistema complexo como o implantado no CCO, esta solução não pode ser aplicada.

O papel de parceiro é o que melhor se enquadra para o caso do operador de console do CCO, para que haja o melhor desempenho do serviço prestado,

porém não há clareza absoluta na definição do papel que o operador deve desempenhar e, para o sucesso do processo desta parceria, é fundamental que o operador tenha consciência do seu papel na interação com a máquina.

### **Facilidade de operação**

A facilidade de operação está diretamente relacionada com a familiarização com os comandos e as telas. Outros fatores que influenciam na operação são a aceitação e a adaptação às mudanças.

Com relação a aceitação à mudança, percebe-se a preferência de alguns operadores em utilizar o teclado ao invés do mouse. Isto parece ser um típico exemplo de falta de familiarização com o equipamento e com os recursos disponíveis. Esse problema pode ser minimizado com treinamento.

O console que tem apresentado maior dificuldade de adaptação, em relação aos alarmes, é o de elétrica. Apesar de existirem recursos de codificação, através de cores diferentes, para classificar os alarmes conforme a sua gravidade, o que facilita o trabalho, existem alarmes que são classificados como graves, porém não exigem nenhuma ação do operador.

Observa-se que é praticamente impossível ler todos os textos de alarme, devido a grande quantidade de informações na tela. O recurso “RECONHECER TELA”, existente nos consoles, faz com que todos os alarmes apresentados se apaguem, perdendo-se informações que eventualmente poderiam ser úteis.

Quando se fala de facilidade de operação é inevitável a comparação com o antigo painel, onde tudo era grande e facilitava a visualização, além do fato de já estarem familiarizados com ele. Há um sentimento de perda quando se foca no painel de elétrica que permitia a visualização, simultaneamente, de todos os detalhes com clareza, em função do tamanho do painel. Nos monitores atuais para que possa ter a mesma visão a tela fica muito poluída, dificultando os comandos e a percepção de desvios.

### **Grau de interação**

Percebe-se que a rotina que exige mais intervenções do operador é a de regulação da circulação dos trens. Essas intervenções podem ser justificadas em função de haver muitas variáveis que interferem diretamente nesta rotina e os parâmetros analisados pelo automatismo são limitados, pois a quantidade de interferências externas, principalmente devido à ação dos usuários, é grande e diversificada, sendo impossível criar parâmetros para previsão destas ocorrências. Neste tipo de ocorrência, a influência do operador no sistema automatizado é considerada positiva, para um melhor desempenho da regulação.

No sistema novo do CCO, algumas informações estão sendo processadas com certos atrasos. Por vezes, ocorre até o congelamento da tela. Esses problemas afetam a confiabilidade do operador na informação disponível, podendo levá-lo a cometer ações incorretas.

O desempenho do automatismo influi diretamente na confiança do operador no sistema, pois se não houver essa confiança, há uma tendência em interferir na regulação da circulação dos trens, alterando tempo de parada e o ponto de manobra dos trens, entre outros. O operador vê como positiva estas interferências.

A quantidade de confirmação de comandos é outro ponto de equilíbrio que o projeto tem que buscar, pois a quantidade de confirmação tem que ser adequada para evitar ações inseguras e suficientes para haver uma boa parceria.

### **Situações críticas**

Existe muita tensão quando da ocorrência de uma situação crítica. O operador sobrepuja o sistema automatizado, executando diversos comandos com o objetivo de contornar o problema. Nestes casos, a relação entre homem e máquina passa a ser de mestre e escravo, onde o operador envia comandos e o computador se limita a executá-los, sem fornecer nenhuma informação das

possíveis conseqüências destes comandos, exceto em casos que impliquem em segurança.

Em situações sob pressão, o tempo de reação tende a aumentar, pois sugestões vindas de outras pessoas podem interromper a sua linha de raciocínio. Este tempo de reação pode ser maior ou menor dependendo do nível de conhecimento da situação.

O controle emocional dos envolvidos no problema ajuda na sua solução, pois não haverá disputas para execução de comandos e privilegiará a sinergia entre a equipe.

### **Capacitação dos empregados**

As pesquisas demonstraram a grande importância dos treinamentos para a operação do sistema metroviário. Estes treinamentos fornecem os subsídios necessários para o processo de tomada de decisão e auxiliam na definição de estratégias a serem adotadas, quando da ocorrência de situações críticas ou inusitadas.

Na opinião dos operadores o treinamento deve abranger completamente todos os equipamentos envolvidos com seu posto de operação. Porém, devido às características de seu trabalho, o operador do CCO deve ter uma visão mais ampla do sistema metroviário e, por conseguinte, estes treinamentos devem refletir apenas as responsabilidades do operador, não devendo ter a mesma profundidade do treinamento do empregado de campo.

A operação do novo sistema iniciou-se sem a aplicação adequada dos treinamentos necessários, em função das premissas de implantação. Portanto, os operadores executavam suas tarefas utilizando o conhecimento adquirido no console antigo, somado a informações básicas sobre a forma de operação, ministradas pelo fornecedor do novo sistema.

Dentre os diversos perfis dos operadores, destacam-se dois grupos de operadores. Aqueles que possuem grande conhecimento de operação, porém

com pouca habilidade em manusear a nova tecnologia e um segundo grupo que tem melhor domínio sobre o uso de computadores, porém não possui muita experiência na operação. Ambos os grupos têm seus pontos fortes, seja para os períodos de normalidade, como durante as situações críticas.

O perfil ideal do operador mistura os pontos fortes de ambos os grupos: a habilidade em manusear os novos recursos, que pode ser adquirida através de treinamento específico, e a experiência na operação durante as situações críticas. Esta última pode ser adquirida através de estudo das causas de incidentes notáveis já ocorridos, conhecimento dos Procedimentos Operacionais e simulações práticas diante de situações similares.

## 5. RECOMENDAÇÕES E DIRETRIZES

Conforme o IRSE [1], o processo de projeto deve conter os seguintes passos:

- análise de missão e cenário – cobre os objetivos necessários a serem alcançados, tais como os requisitos operacionais. Leva em consideração todo ciclo de vida útil;
- análise funcional – definição de quais funções devem ser implementadas, inclusive funções de anormalidades;
- análise de distribuição de funções – estabelecimento de limites definidos entre o ser humano, a máquina e o programa;
- análise da tarefa – especificação detalhada das tarefas para todos no sistema, particularmente para o operador, resultando em processos bem definidos, baixo nível de atividade necessária para atenção, diminuindo o estresse durante as perturbações;
- predição do desempenho – verificação das suposições se estas combinam com a carga de trabalho, possibilidades de erro e erros manuais.

Além destes passos, a consulta aos operadores é fundamental para que os projetos de sistemas automatizados, que serão operados por eles, sejam elaborados de forma a melhor atender a seus anseios e tornar a operação dos equipamentos mais amigável a todos.

Seguem recomendações e diretrizes para novos sistemas automatizados, levando em conta os aspectos já estudados.

### **Papel do Operador**

Antigamente, pouco se levava em consideração o ser humano no projeto de um sistema, criando regras irrealizáveis e tratando o homem como máquina. Centrando o projeto no ser humano, é possível a elaboração de um sistema que se aproveite dos pontos fortes de todos os elementos envolvidos.

O projeto de uma interface homem-máquina deve focar as tarefas e funções dos operadores para, desta forma, obter o equilíbrio entre homem e máquina, criando uma sinergia entre eles, obtendo melhores resultados.

O operador deve ser o ponto central do projeto. O novo sistema deve colaborar com operador no sentido de prever tempo necessário e suficiente para a solução de problemas, deve ajudar a manter as regras e até proteger o operador de quebrar estas regras, tornando-o assim um parceiro do equipamento.

A especificação da tarefa deve ser considerada como início da etapa de projeto da interface homem-máquina. Deve-se estabelecer a divisão de tarefas entre ser humano e máquina. O ideal é elaborar um protótipo com intuito de receber o retorno do usuário do sistema.

É desejável que o desenvolvimento continue somente após a concordância dos operadores.

### **Facilidade de operação**

Os ícones de sinalização devem contar com símbolos simples e de rápida compreensão. Um exemplo é o uso de setas verdes indicando aspectos de prosseguimento e barras vermelhas para sua proibição. O uso das cores deve auxiliar o usuário na operação do sistema: vermelho significando proibição, verde permissão, azul perturbação, laranja informação, branco para elementos não utilizados, etc.

Os textos devem levar em conta o tamanho das palavras, devido ao tempo disponível para ler e entender as mensagens. Grupos de palavras de, no máximo, quatro letras e três números adaptam-se melhor à habilidade humana de memorização. As mensagens serão melhor entendidas se organizadas em grupos, colunas e parágrafos.

Devem-se mostrar apenas as informações (indicações de estado e alarmes) necessárias, de forma a não sobrecarregar a tela. Mensagens adicionais sobre o

gerenciamento e direcionamento através de menus devem ser mostrados somente quando estritamente necessário.

O critério de classificação dos alarmes deve considerar, além da gravidade do problema, a necessidade de ação do operador.

Devido à posição do operador, o número máximo de cinco monitores deve ser observado para que ele possa controlar bem o sistema.

O sinal sonoro é mais rapidamente percebido pelo homem que o sinal visual, porém é mais difícil perceber seu significado, mesmo com variações do tipo de som.

Portanto, os sinais sonoros devem ser usados principalmente com intuito de chamar a atenção do operador para determinadas tarefas e não para representar os diferentes tipos de ocorrências. Pode haver poucas variações de nível, frequência ou ritmo com intuito de agrupar diversas informações similares.

As informações devem ser extremamente seguras e confiáveis todas as vezes que dela depender uma ação do operador, principalmente se ocorrer alguma situação de perigo devido à não confiabilidade destas indicações. O uso de métodos de controle, tais como “cães de guarda” (“watch-dog”), ajudam a obter um alto grau de confiabilidade das informações e evita problemas do tipo, por exemplo, congelamento de tela, onde uma imagem fica congelada na tela, sem que o operador se aperceba disso.

Deve sempre haver consistência na execução de comandos, principalmente quando executados em situações de emergência, para que não haja a execução de um comando correto em um elemento errado. Pode-se citar como exemplo a desenergização da via 1, quando queria-se desenergizar a via 2.

Existe uma grande dependência entre o que é mostrado no monitor e a forma em que são executados os comandos.

Para que o processo de entrada de comandos seja bem recebido, ele deve ser similar ao pensamento e à concatenação do pensamento.

Deve haver padronização na forma de execução de comandos para facilitar a aceitação dos operadores e o treinamento.

### **Grau de interação**

Existem diversas formas de se apresentar uma informação: visual, sonora ou mecânica, fixa ou variável, única ou repetida, paralela ou seqüencial. A informação pode ser apresentada imediatamente ou pode ser guardada para uso futuro.

As informações mostram ao operador a evolução do sistema e ajudam a identificar variações, significativas ou não, que mostram as distorções na operação em campo.

O projeto de apresentação da informação deve prever as condições ambientais da sala, principalmente quanto à iluminação, ruído e nível de estresse. Deve levar em conta a severidade da situação, sua gravidade e as possíveis conseqüências, facilitando as situações de difícil decisão.

Deve ser escolhido o canal de percepção adequado à cada situação e suas causas (visual ou sonoro).

Algumas atividades existentes no sistema atual podem se tornar rotina para futuros projetos, como é o caso da retirada de trens em função de atividade programada, onde o sistema seria informado da prioridade de recolhimento e tomaria as ações necessárias, com a confirmação do operador.

O sistema deve ser projetado de forma a que haja tempo necessário ao operador localizar prováveis erros e lidar com eles. Desta forma, aproveita-se todo o potencial disponível da inteligência do ser humano.

Porém, acidentes são inevitáveis. Deve sempre haver meios de prevenção de erros que possam acontecer.

Deve ser considerado um bom projeto de ergonomia para os postos de trabalho, com intuito de evitar a ocorrência de erros devido a esforços físicos, posições

inadequadas, etc. Segundo o IRSE [1], os requisitos ergonômicos são os seguintes:

- não permitir erros resultantes de confusão;
- sistemas de aviso com estrutura lógica, facilitando o reconhecimento de enganos;
- tempo suficiente para lidar com os erros;
- indicadores de processo orientados devem prevenir sobrecarga e impedir as consequências de predições incorretas. Deve ficar claro que um certo nível de segurança deve ser alcançado e mantido e não estar comprometido com pressões operacionais.

### **Situações críticas**

Deve ser necessário prever a inconsistência humana em situações de trabalho avaliando riscos, considerando as necessidades psicológicas e a origem dos erros na fase de projeto.

Uma análise lógica do risco de avaliação, incluindo os fatores humanos e condições ambientais deve ser da seguinte forma:

- especificar a distribuição e a missão do ser humano;
- identificar a fragilidade humana e os potenciais pontos de falha;
- considerar os riscos de perturbação de caráter técnico ou humanos;
- analisar e avaliar o risco estimado;
- indicar as possíveis reações à uma perturbação e o risco que ocorram (qual a reação, quais princípios a regem, quais elementos estão incluídos, qual o atraso permitido e quais as possibilidades de falha);
- determinar o risco residual, suas características e sua prevenção.

### **Capacitação e treinamento**

“O processo de definição de como os vários cargos dentro de uma equipe de operação devem operar transmite um estudo detalhado das funções existentes e as interações entre elas. Elas devem ser tomadas como uma parte da fase de definição do sistema e, se necessário, ser um amplo estudo que deve abraçar o cargo da ferrovia conforme os interesses dos requisitos dos clientes” [1].

Para que a capacitação do operador seja a mais adequada à operação de um sistema automatizado, deve ser necessária a realização de um estudo que defina quais são os limites onde o operador do CCO deve atuar, quais são as suas responsabilidades e até onde ele deve conhecer o equipamento de campo. Isto significa também, um estudo da capacitação necessária dos empregados do campo, para que haja sintonia na operação dos equipamentos e assim evite-se a degradação dos serviços oferecidos.

Além disto, mostrou-se necessária a elaboração de treinamentos e reciclagem envolvendo os equipamentos de campo, para que o operador, a quem sempre se solicita o apoio técnico para solução de problemas, tenha pleno conhecimento destas rotinas.

Um trabalho envolvendo o controle das emoções do operador também é importante, pois nas situações críticas, onde existe uma grande pressão para solução do problema, o operador deve estar centrado na situação com objetivo de aumentar sua capacidade de raciocínio, diminuindo o tempo de atuação.

Deve ser considerado, também, que existe a necessidade de adaptação do perfil do operador para a utilização desta nova tecnologia, através de cursos de informática.

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. Principais resultados

Este trabalho teve como objetivo estudar as influências do ser humano na operação de sistemas automatizados, através da realização de pesquisa exploratória entre os operadores de console do CCO, do Metrô de São Paulo. Avaliou-se o resultado destas entrevistas, agrupando as visões levantadas em cinco diferentes aspectos: papel do operador, facilidade de operação, grau de interação, situações críticas e capacitação.

O momento de realização das entrevistas era de transição, de um sistema mais antiquado, para um mais moderno, com mais rotinas automatizadas. Devido a este fato e devido ao conhecimento apenas básico na operação do novo sistema, alguns problemas, tais como a interpretação de alguns textos de alarmes e falta de conhecimento de todos os recursos disponíveis, foram realçados.

Considerando que tornou-se inevitável a comparação entre os dois sistemas (antigo e novo), conclui-se que a mais avançada tecnologia não garante a confiabilidade total do sistema, mesmo em sistemas automatizados, onde podem ocorrer situações críticas. Concluiu-se que a presença do ser humano é essencial como parceiro do equipamento. Somente esta parceria é capaz de garantir a segurança e a eficiência da operação.

De forma geral, pode-se concluir que a operação do novo sistema é mais ágil e rápida, devido à melhor visualização dos objetos a serem comandados e utilização de “mouse”. A operação tornou-se também mais amigável devido à utilização de ícones para representação dos equipamentos a serem comandados.

Para que haja melhoria na velocidade de ação do operador, alguns pontos, que hoje ocorrem, podem ser melhorados em futuros projetos, tais como evitar a ocorrência de janelas de comando que se abrem sobre objetos a serem comandados e garantir a atualização das telas, evitando seu congelamento.

A influência positiva ou negativa do ser humano na operação de sistemas automatizados está diretamente relacionada com a conscientização que ele tem do seu papel, do conhecimento do sistema metroviário e do conhecimento dos recursos do equipamento.

Apesar do novo sistema implantado ter mais rotinas automatizadas que o sistema anterior, ainda ocorre mais interferência do operador do que desejado. Os motivos que justificam essas interferências são a quantidade de influências externas, não previstas, que dificultam a operação.

Definiu-se que situações críticas são aquelas que resultam na paralisação ou na degradação do sistema metroviário. Nestes momentos, existe muita tensão por parte dos operadores, ocasionando o aumento no tempo de reação. Conclui-se, então, que é necessário prever durante a fase de projeto, a pressão a que o operador está submetido nestas ocasiões, de forma a mantê-lo focado na solução do problema.

A expectativa de aprendizagem do operador está além da real necessidade em operar o novo sistema. Pela visão dos operadores, é importante que haja treinamentos aprofundados, inclusive nos equipamentos de campo, que não são operados por eles. Porém, verifica-se que o operador do CCO deve ter pleno domínio dos equipamentos de controle centralizado e possuir uma visão abrangente dos equipamentos de campo, conhecendo apenas os fatores que interferem na realização das tarefas no campo, tais como os recursos disponíveis, as dificuldades de acesso e de operação dos equipamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] The Institution of Railway Signal Engineers – Technical Committee Report No. 3 The Influence of Human Factors on the Performance of Railway Systems, May 1996.
- [2] Filgueiras, L.V.L. APIS: Método para Desenvolvimento de Interfaces Homem-Computador em Sistemas de Segurança Visando a Confiabilidade Humana
- [3] Camargo Jr., João Batista de, apostila de segurança e confiabilidade, curso de pós-graduação em tecnologia metro-ferroviária, 2003.
- [4] LaSala, K. P.; Filgueiras, L.V.L.; Gigley, H.; Ullman, R. Designing Systems for Reliable Human Performance, IEEE Tutorial Video, 1997.
- [5] – Lee, K. W.; Tillman, F. A.; Higgins, J. J.; A Literature Survey of the Human Reliability Component in a Man-Machine System; IEEE Transactions on Reliability, vol. R-37. No. 1, April 1988, p. 24-34.
- [6] – Evans, B. Cockpit automation: The Good, the Bad, and the Ugly; Avionics Magazine, May 1998, pg 34-38.

## ANEXO A

### Pesquisa Aplicada aos Operadores de Console do CCO e seu Resultado

Os números colocados nos parêntese das questões de múltipla escolha (1 a 12), indicam as quantidades de respostas dos operadores a estes quesitos (há casos de operadores que responderam a mais de um quesito por questão).

Para as questões 13 a 20, foram agrupadas as respostas mais parecidas e sintetizadas em uma frase. Os números entre parênteses indicam a incidência de cada resposta.

### Questionário – SETEMBRO/2003

#### INFLUÊNCIA DO SER HUMANO NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS

APRESENTAÇÃO: nós estamos desenvolvendo um estudo sobre a relação dos operadores com os novos equipamentos do CCO, num curso feito em parceria entre o Metrô e a USP. Estamos fazendo uma pesquisa para entender melhor esta nova condição de trabalho e futuramente introduzir melhorias no processo. Nosso interesse não está numa avaliação pessoal do operador, queremos entender como o grupo está se relacionando com o novo equipamento. Para nós, sua participação e colaboração são muito importantes e nos comprometemos com o sigilo das informações que você nos fornecer.

#### 1. Nesse novo console, como você vê o papel do operador:

- ( 17 ) Como um parceiro do equipamento, isto é, que conversam e interagem
- ( 2 ) Como um supervisor, isto é, que só observa e não interage com o equipamento
- ( 2 ) Como um “back up”, que só atua quando o sistema falha ou requisita o operador

**2. Comparando o novo console com o antigo, em termos da relação entre o operador e equipamento:**

- ( 2 ) Houve mudança, agora exige muito mais participação do operador.
- ( 5 ) Praticamente não se alterou, está a mesma coisa.
- ( 11 ) Houve mudança na relação, agora exige muito menos participação do operador.

**3. O novo console:**

- ( 16 ) Facilitou suas atividades.
- ( 1 ) Não alterou suas atividades.
- ( 1 ) Dificultou suas atividades.

**4. Qual sua opinião/ sua avaliação sobre a aparência das telas dos monitores dos micros:**

- ( 3 ) Encontra-se tudo com facilidade/ com clareza.
- ( 10 ) A visualização é regular, para algumas coisas é fácil e para outras é difícil.
- ( 3 ) As telas tem muita informação, estão muito poluídas.

**5. Na sua opinião, as informações recebidas do campo são:**

- ( 8 ) Sempre confiáveis.
- ( 6 ) Confiáveis às vezes.
- ( 2 ) Raramente confiáveis.

**6. Sobre a qualidade dos alarmes:**

- ( 10 ) Os textos dos alarmes são facilmente compreendidos.
- ( 9 ) A compreensão/clareza dos textos é regular.
- ( 0 ) Os textos dos alarmes são incompreensíveis.

**7. Sobre a quantidade dos alarmes:**

- ( 15 ) A quantidade é excessiva e desnecessária.
- ( 2 ) A quantidade é adequada.
- ( 0 ) A quantidade é insuficiente.

**8. Sobre a execução de comandos:**

- ( 1 ) A execução de comandos, de forma geral, é muito complexa.
- ( 12 ) A execução de comandos, de forma geral, é simples e direta.

**9. A confirmação de comandos é:**

- ( 1 ) Excessiva.
- ( 17 ) Adequada.
- ( 0 ) Insuficiente.

**10. A quantidade de intervenções nas rotinas automatizadas é:**

- ( 8 ) Muito freqüente.
- ( 8 ) Adequada.
- ( 2 ) Pouco freqüente/rara.

**11 . A navegação através das telas é:**

- ( 13 ) Boa (fácil e direta).
- ( 4 ) Regular.
- ( 1 ) Ruim (difícil e “emperrada”).

**12. Após a sinalização de uma situação complexa do campo, seu tempo de reação para executar um comando é:**

- ( 6 ) Muito rápido.
- ( 8 ) Adequado/razoável.
- ( 4 ) Um pouco lento.

**13. De uma forma geral, da sua experiência nesse trabalho, o que significa uma influência positiva ou negativa na relação entre operador e equipamento?****Influência Positiva**

permitir interação/ interage com o sistema/execução de estratégias/busca diversas informações (7)

agrega humanidade (1)

previsão de correção de desvios e falhas/correção de distorções/evita desdobramentos indesejáveis (7)

facilidade de comando/ de execução/opções de visualização (1)

automatismo facilitou (2)

**Influência negativa**

falhas provocam lentidão/degradação do equipamento (2)

pode induzir ao erro/ falta confiabilidade na informação/falta acompanhamento das informações (1)

excesso de atuações desnecessárias/muita interferência do operador é negativa/interferir sem necessidade no automatismo (5)

operador estar desatualizado e sem prática (2)

sistema engessado/não pode personalizar/não tem recursos para algumas tarefas simples ("looping", rotina de limpeza, rastreamento no início da operação comercial) (2)

S/R (2)

**14. Quais são as situações que você considera críticas/complexas/ "encrencadas" na operação do seu console?**

quando não consegue executar a função/fica lento e difícil de responder (1)

quando não tem comunicação com o campo/perda de informação do campo/operar no escuro (4)

situações de interrupção da circulação (descarrilamento, atropelamento, pessoas na via, desenergização da via, reboque, máquina de chave com problema, incêndio, trem não alinha rota, colisão de trens) (12)

problemas como conflito com torcedores/roubo dentro do trem/ferimento com tiro (2)

degradação do sistema elétrico porque não há automação suficiente (1)

quando o campo não está treinado/interferência do campo/falta de operador no campo (2)

falta de comandos diretos (1)

**15 - Pensando na sua experiência de trabalho, no caso de situações críticas onde há pressão e quando não se conta com o sistema automatizado, como você percebe as diferentes reações das pessoas, como elas costumam reagir?**

Diante da pressão aumenta a ansiedade/emocional fica alterado/perdem o autocontrole/ficam instáveis/falam alto/ficam mais agressivas (13)

aumenta a cobrança/têm excesso de palpites e opiniões/problemas de relacionamento/indefinição de papéis/alguns não aceitam palpites (4)

as pessoas pedem ajuda/tem atitude de colaboração (4)

as pessoas tomam decisões precipitadas/buscam informações de forma desesperada/falta confiança por desconhecimento /decisões ficam dificultadas pelo excesso de informação (4)

algumas pessoas mantêm controle/não se alteram. (2)

aumenta o tempo de resposta/perde tempo na reação para efetuar um comando. (3)

falta de confiança nas informações que vêm do campo. (1)

S/R (1)

**16. E agora, pensando em você nessas mesmas condições de pressão, como você costuma reagir, o que acontece com você? Como você se sente?**

aumenta poder de observação/procuro cumprir procedimentos (2)

procuro ser racional/procuro manter o controle (4)

informo os colegas/peço ajuda/procuro dividir a carga/informo o supervisor/tento conquistar a confiança dos demais (5)

fico tenso/ansioso/aumenta o estado de alerta (5)

situação desconfortável (1)

reajo com naturalidade/ fico á vontade/suporto a pressão/tenho facilidade para controlar ansiedade/ estou acostumado (2)

interferência gera conflito/procura não se envolver no nervosismo da equipe/prefere trabalhar só (2)

fica dependente do campo (1)

me sinto desamparado (1)

S/R (2)

**17. Nesse tipo de situação/condição de pressão, como você percebe/sente o seu tempo de reação diante de uma decisão que você deve tomar/diante de um problema que você tem de solucionar?**

é imediato/ é mais rápido/ reação mais rápida/tem que ser rápido (9)

reação fica mais lenta/ não consigo ser rápido (5)

mais lento pois paro e analiso (2)

aumenta a chance de erro/ menos tempo para reagir/nem sempre a decisão é a mais correta (2)

perde-se a noção do tempo (1)

pressão atrapalha/muitas pessoas palpitando atrapalha/sozinho o tempo rende mais (5)

depende da experiência do operador (1)

S/R 1

**18. Na sua opinião, o quadro dos operadores conta com a capacitação e os recursos necessários para atuar com segurança no console?**

sim (4)

sim, com ressalvas. Faltam algumas informações para atuar melhor (2)

Sim, mas melhoraria se os procedimentos estivessem disponíveis para consultas no monitor (1)

não, está inadequado/ insuficiente/ têm pendências de recursos/pessoas ficam inseguras, sem confiança (8)

não, falta conhecer equipamentos de campo (1)

não, não tive treinamento adequado. Estou capacitado pois aprendi fuçando/na marra/ aprendi perguntando/coisas que se descobrem com o uso/por osmose (3)

os manuais ajudam e deveriam estar sempre acessíveis (1)

faltam material didático/acesso ao diário operacional para acompanhar ocorrências (1)

faltam recursos de comunicação (1)

**19. Quais tipos de treinamento de capacitação você considera necessários e importantes para o exercício de sua função?**

conhecimento técnico do equipamento/ dos recursos do console/ das novas IHM/comandos (13)

conhecimento dos procedimentos/procedimentos menos utilizados (1)

noções de informática (5)

conhecer trens, estações e subestações e equipamentos de campo/ rotinas de campo (10)

relação interpessoal/ trabalho em equipe/ relacionamento (5)

simulações de situações de anormalidade/ações que habilitem o operador resolver problemas com agilidade/discussões de estratégias de anormalidade (6)

**20. Que tipos de reciclagem podem dar a compreensão de sua função/do seu papel no funcionamento do sistema metroviário?**

operador precisa de embasamento técnico/ ter conhecimento dos procedimentos e recursos do console/PO menos utilizados (5)

conhecimento das funções e localização dos equipamentos em campo (visitar estações/sala técnica/ operar equipamentos/ operar máquina de chave/ mexer no trem, "feeder", escada rolante) (11)

falha de trens, estratégias operacionais, reciclagem elétrica, sistema de ventilação/simulação/discussão de situações de emergência (5)

estar informado das atualizações de rotina, filosofia de trabalho/ sobre mudanças em equipamentos e trens (5)

reciclagens devem ser constantes e periódicas, hoje é aleatória/restrita (6)

relacionamento interpessoal (2)

ter rodízio de consoles (2)

ter material didático no console para facilitar em situações de emergência (4)